

iannis xenakis
musique
**archi-
tecture**

casterman

MUSIQUE. ARCHITECTURE.

DANS LA MÊME COLLECTION

Art et Ordinateur, par Abraham A. MOLES.

Les Arts de l'espace, par Henri VAN LIER (5^e édition, 16^e mille).

L'Intention sexuelle, par Henri VAN LIER.

Le Nouvel Âge, par Henri VAN LIER (3^e édition, 10^e mille).

Les Hommes du futur, par Jean MARABINI (2^e édition, 9^e mille).

Vous serez comme des dieux, par Heinrich SCHRIMBECK.

Construire pour survivre, par Richard NEUTRA.

Architecture active, par André WOGENSCKY.

L'Homme inachevé, par Odette THIBAUT.

Introduction à l'Industrial Design, par Gillo DORFLES.

Hegel, Marx, Nietzsche ou le royaume des ombres,

par Henri LEFEBVRE (2^e édition, 6^e mille).

La Télé-fission. Alerte à la télévision, par René BERGER.

COLLECTION « SYNTHÈSES CONTEMPORAINES »
dirigée par Michel Ragon

MUSIQUE ARCHITECTURE

par IANNIS XENAKIS

DEUXIÈME ÉDITION REVUE ET AUGMENTÉE

CASTERMAN

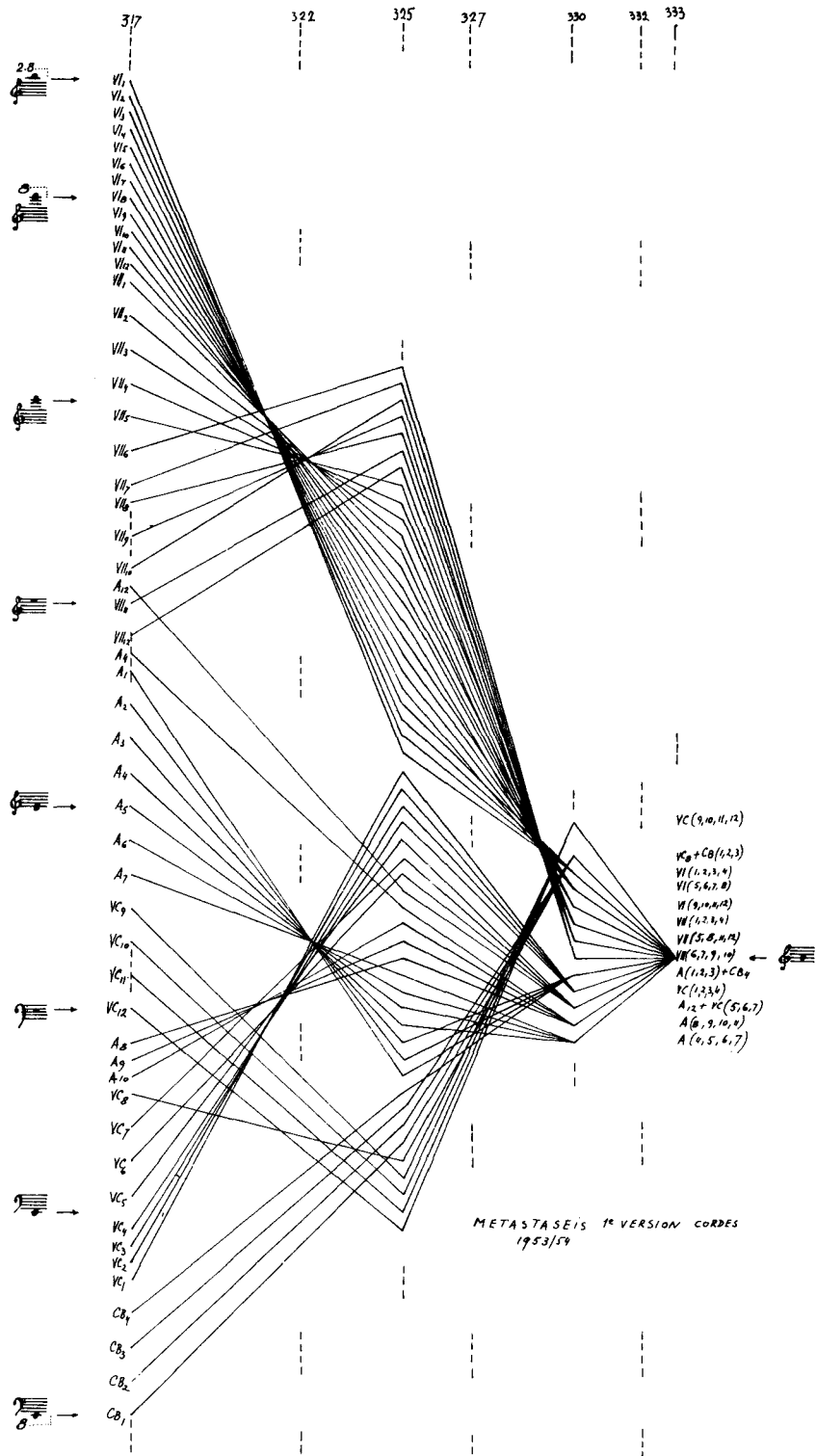
ISBN 2-203-23112-2, 2^e édition revue et augmentée.
(ISBN 2-203-20141-X, 1^{re} édition.)

© Casterman 1976

Droits de traduction et de reproduction réservés pour tous pays. Toute reproduction, même partielle, de cet ouvrage est interdite. Une copie ou reproduction par quelque procédé que ce soit, photographie, microfilm, bande magnétique, disque ou autre, constitue une contrefaçon passible des peines prévues par la loi du 11 mars 1957 sur la protection des droits d'auteur.

PREMIÈRE PARTIE

MUSIQUE



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 quatre-vingts 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 quatre-vingts ou mille 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 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 :

$$P_{\mu} = \frac{\mu^0}{\mu!} e^{-\mu}$$

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 physique 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 :

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

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

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

Nous donnons un exemple tiré de l'œuvre *Pithoprakta* écrite pour orchestre à cordes. Le graphique représente un ensemble de vitesses, de température $a = 35$. En abscisse figure le temps. Unité du temps : 5 cm $\hat{=}$ 1 δ $\hat{=}$ 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 $\triangleq 0,25$ cm. A une tierce majeure correspond 1 cm de l'ordonnée. Chaque ligne brisée est attribuée à un instrument à cordes dont le nombre total est quarante-six. Chacune des droites représente une vitesse tirée du tableau de

probabilités calculées avec la formule $f(v) = \frac{.2}{a\sqrt{\pi}} e^{-\frac{v^2}{a^2}}$.

Ont été calculées et dessinées pour ce passage, de la mesure 52 à la mesure 60 d'une durée de 18,5 sec., un total de 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* n° 6.

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

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

\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 ne pas confondre physique avec 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 son pincés se transformant d'une façon continue en un ensemble de sons arco. Ou en musique mécanisée, passer d'une matière sonore en 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 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 un processus intellectuel nouveau est créé 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 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 plastiques. 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.

Publié dans *Gravesaner Blätter*, n° 6, 1956,
par H. Scherchen, Gravesano, Suisse.

II

LES TROIS PARABOLES

Faire de la musique, composer... De quoi s'agit-il?

La musique est une matrice d'idées, d'actions énergétiques, de processus mentaux, reflets à leurs tour de la réalité physique qui nous a créés et qui nous porte et de notre psychisme clair ou obscur. Expression des visions de l'univers de ses ondes, de ses arbres, de ses hommes au même titre que les théories fondamentales de la physique théorique, de la logique abstraite, de l'algèbre moderne, etc. Philosophie, façon d'être individuelle et universelle. Lutttes et contrastes, compromis des êtres et des processus mis en présence, on est loin de la conception anthéopocentrique du XIX^e siècle. Idéologiquement, on est en plein règne des physiques, des cybernétiques et autres démons modernes.

On a dit probablement à tort que la cybernétique est le sommet de l'introspection des échanges énergétiques des univers physiques et biologiques. Pour nous, la musique est l'art qui *avant* tous les arts fait un compromis majeur entre le cerveau abstrait et sa matérialisation sensible, c'est-à-dire restreinte par les limites humaines. Là, nous retrouvons le dada antique : la musique est l'harmonie du monde mais homomorphisée par le domaine de la pensée actuelle.

C'est dire que la musique s'élève aux niveaux moteurs des mathématiques pures qui ont sondé les primates abstraits des notions et des physiques qui descendent dans l'abysse des échanges protéiformes de la matière.

Assaillis par les tempêtes des idées et des processus de la première moitié de ce siècle, il nous fallait absolument élargir les champs d'investigation et de matéria-

lisation de la musique. La sortir des serres atrophiantes de la tradition et la replacer dans la nature.

Nous allons utiliser les paraboles, antique système de logique humaine.

Parabole de l'espace.

Nous vivons entourés de surfaces planes, cylindriques, coniques, etc., faites par la main des hommes ou par les conflits de la nature (montagnes, mers, nuages). Cette catégorie de l'entendement humain est, comme chacun sait, au moins depuis Kant, fondamentale. Or la première maîtrise de l'intelligence a été de définir les surfaces élémentaires à partir de l'élément spatial de base de la ligne droite. En musique, la droite la plus sensible est celle de la variation constante et continue des hauteurs, le glissando. Construire des surfaces (ou volumes) sonores à base de glissandi, voilà une recherche passionnante et riche de promesses. Inflexions des surfaces courbes, amplifications, réductions, torsions, etc., tout ce monde nouveau est à la portée de la main qui tient la plume et qui porte à l'oreille et sur le psychisme. Les *Metastasis* en sont une première vision de surfaces réglées dans l'espace sonore (rien à voir avec les stéréophonies).

Parabole des nombres.

Les durées, les intervalles et la dynamique (les timbres aussi en dernière analyse) sont mesurables par l'oreille. L'arithmétique en est l'outil. La conception sérielle a suffisamment épuisé ce domaine en créant sa propre physionomie pointilliste.

Dans cette musique, il est question de phénomènes réversibles. Théoriquement, on doit pouvoir en dictée reproduire les rapports de toutes les composantes de son d'un passage quelconque. C'est ce qui a d'ailleurs

imposé la raréfaction sonore des musiques sérielles et leur prédilection pour des ensembles de chambre.

En pratique, il est souvent impossible de reproduire sur papier l'audition d'une œuvre sérielle. L'irréversibilité est imposée par les limites psychophysiologiques. Et la théorie de la forme vient avec son postulat jeter dans la corbeille à papier toutes les crispations arithmétisantes des acrobaties à base de nombres. D'autre part, les excitations numériques dans le domaine artistique, plastique ou sonore de tous les siècles précédents ont montré l'inefficacité de ces recherches qui tendent à démontrer la valeur d'une œuvre par les richesses de ses combinaisons géométriques ou numériques. Voir tracés régulateurs, triangles sacrés, nombre d'or, polyphonies monstrueuses, etc. D'où impasse formelle et auditive. Il serait tout de même dommage de se passer des sons brefs ou longs, rapides, etc. Que faire?

Parabole des gaz.

Dans un gaz, on reconnaît la pression et la température. La pression est fonction de la densité, nombre de molécules par unité de volume. La température est fonction de l'énergie cinétique des gaz. Au niveau de la molécule, la pression et la température n'existent pas. Au niveau macroscopique, ces deux notions ont un sens et sur l'homme un effet qualitatif. Le passage d'une échelle à une autre avec simultanément l'accroissement du nombre des molécules produisent un résultat qualitatif qui, à son tour, peut être mesuré. Passage du quantitatif au qualitatif mesurable. Regardons les volutes d'une fumée de cigarette dans une pièce calme. Nous savons que la fumée est composée de molécules et leurs mouvements désordonnés suivent statistiquement des règles qui nous sont sensibilisées comme des volumes ou des surfaces mouvantes terriblement mobiles et riches.

A nouveau nous obtenons une spatialisation à partir d'éléments ponctuels en introduisant la notion statistique. Nous retrouvons donc les mêmes résultats discutés dans la première parabole où la spatialisation est engendrée par des droites.

Identifions les sons ponctuels, par exemple : pizz., aux molécules; nous obtenons une transformation homomorphe du domaine physique au domaine sonore. Le mouvement individuel des sons ne compte plus. L'effet massal et son évolution prennent tout un sens nouveau, le seul valable, lorsque les sons ponctuels sont en nombre assez élevé. Nous saisissons toute la portée de cet enrichissement de la pensée musicale qui bouleverse toutes les façons de penser la composition (mélodique ou sérielle).

Voilà donc les trois paraboles fondamentales liées.

Pithoprakta, pour orchestre à cordes, est une synthèse de ces trois paraboles.

Ici la pensée se trouve libérée des schèmes polyphoniques classiques et des discussions de détails. Elle domine des formes et des textures. Elle est forcée de s'aligner sur les positions de la pensée scientifique en ce qui concerne les êtres à manipuler et voir plus loin dans toute sa génération les principes de la création : assemblages, transformations, oppositions, coexistences. Les moyens de contrôle et de mensuration de ces êtres et de leurs évolutions se font, d'une part, à l'aide des formules des probabilités et de la statistique et, d'autre part, à l'aide des dernières recherches de la physiologie de l'audition. Mais, en définitive, l'instinct et le choix subjectif sont les seuls garants de la valeur d'une œuvre. Il n'y a pas de tablature avec des critères scientifiques. L'éternel problème est non résolu, et ne le sera jamais.

Nutida Musik, n° 4,
Sveriges Radio Stockholm, 1958.

III

FORMALISATION ET AXIOMATISATION DE LA COMPOSITION MUSICALE

Il existe un parallélisme historique entre la musique européenne et les tentatives successives d'expliquer le monde par la raison. Déjà l'antiquité avec Pythagore, Platon et d'autres tentait d'introduire des lois universelles dans le discours musical en attirant dans le domaine de l'abstraction, c'est-à-dire de la formalisation, les données immédiates de la perception sonore et de la construction musicale. Mais cette première tentative consciente est restée pratiquement en hibernation pendant deux millénaires environ, et le nouvel effort conscient est dû surtout à Rameau qui a tenté une synthèse avec les mathématiques, s'inspirant de l'attitude philosophique de Descartes. Mais, depuis Rameau, il y eut des bouleversements accélérés aussi bien dans les sciences physiques et humaines que dans les productions des grands maîtres de la musique du XIX^e siècle. Et une nouvelle adaptation fut nécessaire. Cette adaptation fut surtout brillamment exprimée techniquement par l'abstraction du principe sériel. Le principe sériel fut un aboutissement repère de la lutte inconsciente de l'art musical vers une formalisation plus radicale encore que celle de la tonalité. Le succès rétrospectif de l'école sérielle nous montre la justesse de sa tendance.

La formalisation déterministe qu'apportait le principe sériel dans la structure musicale était en correspondance directe avec la formalisation déterministe de la mécanique classique du XIX^e siècle, qui expliquait l'univers par les lois du mouvement des corps solides. Évidemment, le décalage était encore grand : 1850 contre 1923.

Outre la formalisation, la série tentait une recherche

d'un minimum de principes de base. On peut donc dire que la série faisait inconsciemment une superbe tentative d'axiomatisation de la composition musicale, équivalente en musique tonale à celle de Beethoven, un siècle plus tôt. Ici le décalage chronologique entre Hilbert-Ackermann et Schönberg est déjà plus faible.

Naturellement, les deux étiquettes que je viens de coller à l'effort d'abstraction du principe sériel étaient inconnues par son créateur. Ce n'est qu'aujourd'hui que cette abstraction prend tout son sens et ce n'est qu'aujourd'hui que nous comprenons également ses limites et ses positions négatives.

Depuis quarante ans la même formalisation et axiomatisation s'est étendue à toutes sortes de caractères des sons tels que les durées, les dynamiques, les timbres, etc. Ici il faut rendre hommage à Olivier Messiaen qui, avec son génie particulier, a généralisé dans les années cinquante cette abstraction.

Ma première tentative fut d'introduire en musique des phénomènes globaux issus d'un grand nombre d'événements sonores isolés. Or il existe deux espèces limitées et fondamentales, en premier lieu les événements sonores ponctuels tels que les pizzicati de cordes ou les percussions, en second lieu les événements à variation continue au sens physique tels que les crescendo et surtout les glissandi.

Peut-on construire des êtres sonores doués de discontinuité ou de continuité maximum? La réponse est oui. Comment les construire? Ici les réponses se ramifient.

Prenons les glissandi de cordes. Un grand orchestre peut émettre quarante-cinq à cinquante glissandi simultanés. Un glissando est défini par la rapidité de glissement du doigt sur la corde, ce qui en image géométrique équivaut à une ligne tracée sur une feuille de papier entre deux axes, l'axe des temps gradué en secondes et

l'axe des hauteurs gradué en demi-tons tempérés. Un glissando est donc défini par une courbe de vitesse $v = \frac{dh}{dt}$. Si le glissando est uniformément continu, c'est une droite ascendante, ou descendante, ou horizontale et de vitesse constante.

Cette image géométrique invite à construire des réseaux de droites convergentes, parallèles, divergentes ou de toute autre configuration. Nous obtenons ainsi plusieurs formes, c'est-à-dire plusieurs types d'espaces sonores à variation continue.

Une configuration caractéristique est le tracé d'une courbe à l'aide de ses tangentes. Par exemple d'une parabole.

Mais l'avantage de ces suppositions c'est que nous pouvons construire une infinité d'évolutions sonores continues dont la fabrication est contrôlée rigoureusement à l'aide des glissandi, c'est-à-dire des droites que tous les instrumentistes de l'orchestre classique savent faire en notation musicale traditionnelle.

Mon œuvre *Metastasis*, pour grand orchestre, composée en 1953-1954 et créée en 1955 par l'incomparable Hans Rosband au Festival de Donaueschingen, m'a suggéré, trois ans plus tard, la conception architecturale du Pavillon Philips que Le Corbusier m'a demandé de lui dessiner. Ce pavillon était entièrement conçu en surfaces continues engendrées par des droites que les entrepreneurs et les ouvriers savent exécuter.

Dans cette œuvre les glissandi sont hautement ordonnés. Que se passerait-il si les glissandi étaient au contraire hautement désordonnés? Imaginons pour cela chaque glissando différent dans la vitesse, dans le sens, dans la durée, dans les tessitures. Nous obtiendrions une sorte de fouillis chaotique dû au hasard.

Comment organiser un tel désordre statistique?

Ici nous ferons appel à des notions encore plus éloignées de la musique traditionnelle et sérielle. Ces notions sont contenues dans la fameuse théorie cinétique des gaz, mise au point au XIX^e siècle par Maxwell et Boltzmann. Cette théorie résout le problème de distribution des vitesses moléculaires dans un gaz donné en faisant appel d'une manière générale au calcul des probabilités. Mais, même si nous ne connaissions pas la théorie cinétique des gaz, des simples hypothèses de symétrie de la distribution des glissandi dans l'espace sonore d'un orchestre virtuel nous conduiraient aux mêmes raisonnements et aux mêmes formules que la théorie cinétique des gaz, ainsi que je l'ai démontré dans les *Gravesaner Blätter*, n^{os} 23 et 24, ainsi que dans *Musiques Formelles*.

Par ailleurs, nous avons constaté dans *Metastasis* une confrontation entre l'aspect continu exprimé par les glissandi et les vents et l'aspect discontinu exprimé par les pizzicati.

Or de même que pour les problèmes de continuité, les musiques traditionnelles etérielles ne donnaient pas les moyens théoriques de leur résolution, les problèmes des masses de sons, des nuages de sons ponctuels les débordaient également.

En effet, la formalisation sérielle se bornait d'une part à une sorte de combinatoire déterministe, ce qui constituait sa limite, et d'autre part elle optait pour un langage polyphonique moyenâgeux qui constituait une régression formelle et même une contradiction avec le principe de la dispersion des notes sur les instruments de l'orchestre (*Klangfarben Melodie*).

Enfin, la complexité auditive des deux principes formels réunis de la série créait une nouvelle contradiction, surtout chez les post-webernien.

Pour sortir des contradictions en cascade, il fallait faire appel d'abord à une combinatoire déterministe élargie et ensuite à la notion de nuage de sons, c'est-à-dire

à l'être sonore massique. Ces deux considérations conduisent également aux théories du calcul des probabilités qui classent le déterminisme strict comme cas particulier d'une logique plus générale, dont la limite est le hasard pur.

Des hypothèses de symétrie analogues aux précédentes conduisent à des règles de coordination exprimées par des formules du calcul des probabilités.

Ces formules élémentaires sont celles de Gauss, de Poisson, du rayonnement des corps radioactifs, et les formules de corrélation et des seuils de significations développées par des biologistes anglo-saxons.

Voici déjà une sorte de corps logique probabiliste d'organisation nouvelle de la composition musicale qui englobe toutes les musiques précédentes et qui permet la résolution des problèmes de continuité et de discontinuité des êtres sonores composés. Ce corps nous l'appellerons dorénavant « système stochastique », du terme *stochastique* introduit pour la première fois par Jacques Bernoulli, un des fondateurs du calcul des probabilités.

Mon œuvre *Pithoprakta*, pour orchestre, première œuvre stochastique conséquente composée en 1955-1956, fut créée par le professeur Scherchen aux concerts « Musica Viva » de Munich en mars 1957.

Ici je veux rendre hommage à ce grand homme qu'est H. Scherchen, qui m'a appuyé moralement et matériellement dans ces nouvelles recherches, en m'encourageant, en publiant mes réflexions dans sa revue *Gravesaner Blätter* et en dirigeant mes œuvres dans un monde musical hostile, soit traditionnel, soit post-webernien.

C'est pour cela que je peux affirmer avec reconnaissance que la musique stochastique est née quelque part sur une ligne mentale qui relie Gravesano à Paris.

Après ces premières explorations vers une formalisation stochastique de problèmes partiels, une nouvelle question double, mais cette fois d'ordre axiomatique, se posait.

La voici : Pouvons-nous considérer une région frontière de la structuration telle que le nombre des principes de base soit un minimum? Dans l'affirmative, quels seraient ces principes?

Sans entrer maintenant dans les détails de ces raisonnements, nous pouvons affirmer qu'ils conduisent aux lois d'apparition et de succession d'événements qui sont résumées par des formules stochastiques, dont la plus centrale sera celle de Poisson.

Une œuvre calculée à l'aide de ces lois constitue un échantillon et l'ensemble infini des échantillons possibles constitue le contenu de ce qu'on pourrait appeler une « forme ».

Conférence prononcée à Berlin, 1964.

IV

TROIS PÔLES DE CONDENSATION

A. MUSIQUE STOCHASTIQUE (LIBRE)

Définir la musique stochastique en quelques mots est aussi difficile que de définir les théories scientifiques des jeux du hasard, la théorie cinétique des gaz, les théories statistiques, les processus aléatoires de la recherche opérationnelle, la philosophie du déterminisme et de l'indéterminisme, en un mot il faudrait définir auparavant une grande partie des concepts et des attitudes nouvelles des sciences contemporaines humaines, physiques et théoriques, ce qui est vraiment impossible. En effet, la musique stochastique se veut assez générale pour englober toutes les possibilités enrichissantes qu'offre la base commune à toutes ces diverses disciplines, c'est-à-dire la théorie et le calcul des probabilités dont le terme stochastique est une abréviation.

Quelles sont les raisons qui conduisent à une telle conception de la composition musicale?

La première raison vient de l'observation et de la découverte de phénomènes sonores rares ou quotidiens que la nature ou la société nous offrent. Ainsi, par exemple, à la campagne en été le chant des cigales, qui a bercé l'humanité et ses poètes, s'impose à nous et on voudrait bien entrer dans la structure de cet événement, ne serait-ce que par la curiosité enfantine du « comment il est fait » que tout adulte conserve pour le bonheur de l'humanité. Puis vient le désir de reconstituer un événement semblable, non plus avec des cigales mais avec d'autres moyens sonores, avec des instruments d'orchestre ou avec des machines. Et ce désir va jusqu'à vouloir moduler, au gré de l'invention, l'événement sonore

inspiré par le chant des milliers de cigales. Comment y arriver? En faisant appel à la logique interne de ce phénomène naturel. Or cette logique est celle qui régit également les mouvements des molécules d'un gaz et la science physique a déjà donné sa réponse dans la « théorie cinétique des gaz », qui est une théorie probabiliste stochastique. Si l'observation du chant des cigales avait été faite par un compositeur mathématicien avant la création de la « théorie cinétique des gaz », il est certain que l'étude du chant des cigales l'aurait conduit à la découverte de lois similaires. Une fois que la structure abstraite de l'événement massif constitué par des milliers d'éléments a été ainsi définie, elle peut servir à conditionner une masse de pizzicati ou de n'importe quels coups d'archets ponctuels de l'orchestre à cordes classique. Voilà donc une observation qui entraîne vers une technique nouvelle de l'orchestration et vers une esthétique nouvelle. En effet, dans une telle conception, le son individuel n'a pas d'importance (à condition bien sûr qu'il existe), on ne le distingue plus mais c'est l'ensemble de ces particules sonores qui frappent le cortex et la modulation de cet ensemble : va-t-il vers l'aigu, vers le grave, se raréfie-t-il ou au contraire son désordre augmente-t-il?

C'est ce type de questions que l'observateur auditeur est obligé de se poser, comme lorsqu'on observe les nuages et leurs formations dans un film accéléré.

Ces nouveaux problèmes de l'audition et de structuration ont été traités dans les *Metastasis* pour grand orchestre ainsi que dans *Pithoprakta* pour orchestre à cordes. Mais l'exemple des cigales n'est pas unique. Le bruit que font les gouttes de pluie sur une tente tendue de cirque, les clameurs ordonnées ou désordonnées d'une manifestation politique, les sons glissés des balles pendant des combats de rues, autant de phénomènes riches en enseignement sur les structures et sur leur perception,

abstraction faite bien sûr de leur dynamisme émotionnel. Tous ces événements sont régis par pratiquement les mêmes règles logiques, les mêmes formules que l'homme a inventées pour la « théorie cinétique des gaz » et qui sont résumées par les équations du calcul des probabilités.

Ce qui précède concerne les masses des sons ponctuels. Des raisonnements analogues peuvent être faits pour des masses de sons à évolution continue tels que les glissandi des cordes d'un orchestre, divisées à l'extrême. La confrontation de la continuité et de la discontinuité nous offre un nouveau moyen de modeler la plastique sonore de l'orchestre ou des machines électroniques. Les *Metastasis* et *Pithoprakta* traitent également de cet aspect depuis 1954.

J'ai parlé d'une première raison qui nous oblige de faire appel à la stochastique. Une deuxième raison est le développement du langage musical contemporain qui a créé d'abord le dodécaphonisme, c'est-à-dire l'abolition des hiérarchies tonales, puis le système sériel qui est une nouvelle hiérarchie des composantes du son. Or, Schönberg n'avait aucune raison, en dehors d'une ignorance relative à son temps et à son éducation de musicien, de réintroduire un ordre temporel dans les douze sons et par conséquent de reforcer une structure polyphonique, pure bien sûr, mais surannée. Si Schönberg avait connu la physique de son temps, il aurait pu faire le pas décisif entre l'abolition des fonctions tonales et la conception stochastique dès les années vingt, en remarquant que le déterminisme n'est pas l'outil le plus général d'ordonnancement, que puisque la musique de son époque avait libéré les sons de leur servitude tonale ou modale, il ne fallait pas les enrégimenter à nouveau par une règle déterministe (= le principe sériel), mais au contraire les laisser en liberté totale, c'est-à-dire introduire un principe d'incertitude qui, lui, englobe

comme cas particulier le déterminisme, et faire appel à la logique et aux raisonnements probabilistes.

Voici donc en peu de mots une deuxième raison théorique qui conduit vers la stochastique. A la lumière de ce qu'on vient de dire, la musique de tous les temps y compris la musique sérielle ne sont que des cas particuliers d'une musique indéterministe, c'est-à-dire stochastique.

D'autres raisons, plus musicales, ou plus philosophiques, nous obligent aussi à recourir à la stochastique, mais nous n'allons pas pousser plus avant cette explication.

Après plusieurs années de recherches dans cette nouvelle voie de composition musicale, j'étais arrivé à me poser la question suivante : Pouvons-nous considérer une région frontière de la structuration telle que le nombre de règles de composition soit un minimum ? Dans l'affirmative, quelles seraient ces règles ? Pour être plus concrets, imaginons l'expérience suivante : supposons que des individus quelconques, de préférence des non-musiciens, soient placés dans une pièce hermétiquement fermée qui contiendrait toutes sortes d'appareils ou d'instruments susceptibles de produire des événements sonores de toute nature, tels que des sons sinusoïdaux, des sons de l'orchestre classique, ainsi que des bruits. Nous supposons aussi que ces individus n'ont aucun désir particulier de prendre contact avec ces appareils ou instruments et encore moins de faire de la musique. Mais, par contre, nous admettons qu'il n'est pas impossible que ces individus touchent à ces appareils de manière à provoquer l'émission de sons. Si ces individus ont la patience de rester assez longtemps dans cette pièce close, il est fatal qu'au bout d'un temps assez long qui sera fonction de leur placidité ou de leur agitation nerveuse, des événements sonores soient produits malgré eux. Ce temps assez long « peut être d'une seconde ou de plusieurs siècles ».

Dans tout ce que nous venons de supposer, il n'y a absolument aucune velléité de structuration, aucune règle, aucun déterminisme, c'est la liberté totale. Nous pouvons donc accepter cette situation comme un cas limite de composition abstraite minimum. Nous n'avons qu'à l'expérimenter.

Deux possibilités s'ouvrent :

a) On fait appel à des individus ainsi définis et on enregistre les résultats. C'est la méthode expérimentale immédiate.

b) On raisonne, a priori, sur ces phénomènes et on essaie de dégager des règles les plus générales qui soient. A partir de ces règles, on reconstitue l'expérience, mais cette fois-ci avec une volonté précise et sachant où l'on va.

La deuxième méthode est de loin la meilleure, car elle permet d'explorer par la théorie toutes les possibilités et de reproduire seulement celles que nous préférons et pas les autres. La première méthode est trop tâtonnante et trop longue.

Sans entrer maintenant dans les détails de ces raisonnements, nous pouvons affirmer qu'ils conduisent aux lois d'apparition d'événements rares qui sont résumés par des formules probabilistes dont une des plus centrales est celle dite de Poisson, du nom du mathématicien et physicien français qui l'a découverte vers le milieu du XIX^e siècle.

Or, cette loi, abstraite en apparence, a dû attendre près d'un demi-siècle avant de trouver une vérification expérimentale retentissante faite par Bortkewitch. Cette vérification fut à l'origine de tout un faisceau d'applications de cette loi de Poisson à des problèmes de biologie, d'agronomie, d'économie, de sociologie et finalement de stratégie militaire, et actuellement elle fait partie de la recherche opérationnelle qui, elle-même, est un chapitre de ce qui a été baptisé « cybernétique ».

Voici donc comment un problème fondamental de structuration, de composition musicale, nous oblige à utiliser une loi stochastique. Cette loi nous permettra de créer de toutes pièces une forme musicale libre, basée sur un nombre minimum de contraintes logiques, un nombre minimum de relations entre les événements sonores.

Achorripsis, une œuvre pour vingt et un instruments, basée sur cette forme qui est à la frontière théorique limite de ce qui est par abus d'ignorance et de langage appelé par les compositeurs actuels soit forme ouverte, soit forme libre, soit improvisation, a été élaborée par mes soins en 1956-1957 et créée en 1958 à Buenos Aires par le professeur Hermann Scherchen.

Ici, nous allons ouvrir une petite parenthèse. Le compositeur actuel doit être un pionnier. Il est forcé de tout remettre en question sur le plan de la forme et de la réalisation sonore. Il est entraîné dans la région des lois qui coiffent les structures. Il évolue dans le camp de la *méta-composition*. Fermons la parenthèse.

Si la thèse du minimum de règles, de contraintes, équivaut à une forme musicale, il serait intéressant de pouvoir créer plusieurs œuvres se rattachant à cette forme, c'est-à-dire basées sur les mêmes lois stochastiques. Or, le fait d'avoir utilisé des lois mathématiques ouvrait le champ à un traitement mécanique de cette thèse à l'aide de cerveaux électroniques. Les principaux avantages que j'ai eus à utiliser des machines sont les suivants :

a) Le calcul long et laborieux fait à la main est réduit à néant. Les vitesses de calcul des machines, par exemple IBM 7090 qui contrôle en ce moment la fusée vénusienne des U.S.A., sont très grandes, de l'ordre de 500.000 opérations élémentaires à la seconde. D'où économie de temps.

b) Le compositeur, ainsi libéré des calculs fastidieux, peut davantage se consacrer aux problèmes généraux

que pose la nouvelle forme musicale et explorer les plis et les recoins de cette forme en modifiant les valeurs des données initiales. Par exemple, il peut tester toutes les combinaisons instrumentales allant des instruments solistes, en passant par les orchestres de chambre, jusqu'aux grands orchestres. Le compositeur devient, à l'aide des cerveaux électroniques, une sorte de pilote appuyant sur des boutons, introduisant des coordonnées et surveillant les cadrans d'un vaisseau cosmique naviguant dans l'espace des sons à travers des constellations et des galaxies sonores que seulement par le rêve lointain il pouvait entrevoir jadis.

Maintenant, il peut les explorer à son aise, assis dans un fauteuil.

c) Le programme, c'est-à-dire la liste des opérations séquentielles qui constituent la forme musicale nouvelle, est une objectivation de cette forme. Le programme peut par conséquent être expédié à n'importe quel point de la terre qui possède des cerveaux de type semblable et être exploité par n'importe quel compositeur-pilote.

d) Du fait de certaines incertitudes introduites dans le programme, un compositeur-pilote peut imprimer sa propre personnalité dans le résultat sonore qu'il obtiendra.

Je n'ai pu construire ce programme que quatre ans après la formulation de la thèse formelle du minimum de règles, et ceci grâce à la bienveillance du Centre de recherches scientifiques de IBM-France qui m'a accordé une heure de calcul sur l'ordinateur 7090, un des plus puissants cerveaux au monde. Plusieurs mois de travail ont été nécessaires à l'élaboration de ce programme et finalement une première réalisation a été calculée pour un ensemble de dix instrumentistes, identique à celui de la *Symphonie op. 21* de Webern auquel j'ai ajouté une percussion.

Cette œuvre a été présentée à Paris par la Compagnie IBM-France à deux reprises devant la presse scientifique et musicale internationales en avril et mai 1962. Cette œuvre a pour titre *ST/10-1, 080262* qui signifie que c'est une œuvre stochastique pour dix instrumentistes, la première, calculée par l'ordinateur le 8 février 1962. Elle a été exécutée par l'Ensemble instrumental de musique contemporaine de Paris sous la direction de Constantin Simonovic.

B. MUSIQUE STOCHASTIQUE MARKOVIENNE

Analogiques A et B

Nous avons vu et entendu une forme musicale dont la thèse est constituée par la recherche du nombre minimum de règles, de contraintes, de liaisons, ce qui, en théorie de l'information, équivaut à dire que les processus stochastiques sont sans mémoire.

Le pas suivant serait d'introduire un premier degré de contrainte, de liaison, de mémoire. Ici aussi, dans ce nouveau problème, la pensée humaine a fait d'abord des découvertes abstraites qu'elle n'a eu l'occasion d'appliquer qu'un demi-siècle plus tard avec une ampleur d'ailleurs fantastique. Il s'agit de la théorie des processus en chaîne du mathématicien Markov, qu'il avait communiquée dès 1905 mais qui n'a pu être utilisée en pratique que pendant la dernière guerre, à la suite de travaux complémentaires dus à Hostinský, Potocěk, Kolmogorov et Frechet. En gros, cette théorie admet que dans une suite d'événements en nombre fini, que nous allons désigner par des lettres A, B, C, D, etc., il se peut que l'occurrence d'une lettre, par exemple C, soit liée à l'occurrence d'une autre lettre B, d'une manière probabiliste. C'est-à-dire que dans, par exemple, 60 % de cas la lettre B sera suivie de la lettre C, et que dans les 40 %

des autres cas la lettre B sera suivie d'autres lettres avec des probabilités correspondantes.

Les probabilités de passage d'une lettre à une autre peuvent être inscrites dans un tableau carré, une matrice à laquelle on peut faire subir diverses opérations du calcul matriciel ainsi que jouer avec son entropie en relation avec l'entropie d'autres matrices analogues.

Cette liaison stochastique du type marcovien nous apparaît comme une sorte de mémoire intérieure à la chaîne des événements, contrairement à l'hypothèse du minimum de règles qui n'admet aucune liaison, aucune mémoire.

En introduisant de telles liaisons marcoviennes aux divers paramètres du son, nous pouvons construire une nouvelle forme musicale de type marcovien, de plus en plus complexe, en y intégrant tous les moyens sonores mis à la disposition du compositeur actuel.

Une première tentative d'organiser une structure markovienne est représentée par *Analogique A*, pour trois violons, trois violoncelles et trois contrebasses, composée en 1958.

Cette forme nouvelle de musique stochastique de type markovien était simultanément complétée par une hypothèse plus fondamentale qui fouille l'essence même du son. La voilà : on sait, d'après les travaux de physiologie acoustique de Fletcher puis de Davies et d'autres, que l'oreille perçoit les sons d'une manière discontinue due aux seuils des diverses composantes du son ; on sait d'autre part, d'après les théories sur le signal élémentaire acoustique introduites par Gabor dans la théorie de l'information, que l'on peut admettre des signaux dont la forme d'onde possède une enveloppe gaussienne. Ces deux points de départ, l'un physiologique, l'autre physique, m'ont conduit à émettre l'hypothèse dont je parlais, c'est-à-dire que tout son et même toute musique peut être considérée comme un nuage géant de corpus-

cules sonores, de grains sonores, qui par ses modulations statistiques dans le temps nous donne l'impression de tel son ou de telle musique. Cette hypothèse abandonne les analyses continues de Fourier qui, en musique électronique, se sont avérées inefficaces. Mais une telle hypothèse nécessite des moyens techniques très puissants, aussi bien pour la construction de ces nuages que pour la matérialisation des quanta sonores. Des cerveaux électroniques sont nécessaires, couplés à des machines analogiques qui convertiraient les résultats numériques des ordinateurs en sons, directement, sans aucune autre manipulation électronique du type qu'on pratique dans les studios de musique électromagnétique les plus perfectionnés.

En attendant de tels puissants moyens, j'ai fabriqué des quanta sonores à partir de sons sinusoïdaux qui sont une approximation des signaux de Gabor, et par mixages stochastiques multiples j'ai réalisé *Analogique B* qui parallélise en quelque sorte *Analogique A*. *Analogique B* a été fabriquée partiellement aux Studios Hermann Scherchen de Gravesano et à la R.T.F. à Paris et donnée en première audition publique en juillet 1959 au Congrès de Gravesano.

En alternant les deux compositions, on obtient une confrontation aussi bien sensorielle que structurelle des deux points de vue exprimés en *Analogique A* et en *Analogique B*.

C. MUSIQUE SYMBOLIQUE ET ENSEMBLISTE

Nous allons maintenant considérer la composition musicale d'un autre point de vue plus fondamental qui permettra une synthèse logique, algébrique, de toute œuvre du passé, du présent et de l'avenir.

Sans entrer dans les détails d'une démonstration,

nous pouvons affirmer que les êtres sonores possèdent des caractères qui ne sont pas temporels et que ces caractères sont ordonnables, qu'ils sont munis d'une structure de groupe et que par conséquent ils peuvent former un espace vectoriel.

Prenons un exemple très simple : l'intervalle mélodique ; une quinte est un rapport de fréquences qui, prises soit simultanément sous forme d'accord, soit mélodiquement sous forme de mélodie, donnent toujours une quinte. Donc l'intervalle mélodique est en effet un caractère indépendant du temps. D'après l'hypothèse traditionnelle que nous admettrons provisoirement, tout être sonore peut, à la limite, être réduit suivant trois caractères, eux-mêmes irréductibles, la hauteur (sous forme d'intervalle), l'intensité (sous forme de décibels), la durée (sous forme de multiple d'une unité temporelle), et, partant, tout être sonore peut être considéré comme une fonction logique, au sens de la théorie des ensembles ou de la logique symbolique, d'ensembles de vecteurs de l'espace vectoriel aux trois dimensions précitées.

Ces fonctions logiques sont basées sur les opérations et relations fondamentales que la mathématique moderne a ressorties à la lumière, opérations et relations logiques primitives que l'homme peut faire.

Ainsi une composition musicale peut être vue d'abord sous l'angle d'opérations et relations fondamentales, *indépendantes* du temps, que nous appellerons *structure logique ou algébrique hors-temps*.

Ensuite une composition musicale examinée du point de vue temporel montre que les événements sonores créent, sur l'axe du temps, des durées qui forment un ensemble muni de structures de groupe abélien. Cet ensemble est structuré à l'aide d'une *algèbre temporelle* indépendante de l'algèbre hors-temps.

Enfin, une composition musicale peut être examinée du point de vue de la correspondance entre son *algèbre*

hors-temps et son *algèbre temporelle*. Nous obtenons la troisième structure fondamentale, la *structure algébrique en-temps*.

Il m'est impossible d'expliquer davantage ces conceptions extrêmes, quoique très simples, et encore moins de faire une analyse, même succincte, de l'œuvre *Herma* pour piano solo, issue de ces théories.

Tout ce que je peux dire, c'est que dans cette œuvre il existe quatre ensembles fondamentaux qui créent entre eux des fonctions booléennes à l'aide des trois opérations logiques de base : la réunion, l'intersection, la négation, et de deux relations fondamentales : l'inclusion et l'égalité.

Cette œuvre a été écrite de 1960 à 1961 et créée en février 1962 à Tokyo par l'extraordinaire pianiste Yuji Takahashi, qui la joue par cœur.

Radio Varsovie, 1962.

VERS UNE MÉTAMUSIQUE

Les technocrates actuels et leurs suiveurs assimilent la musique à un message que le compositeur (source) transmet à un auditeur (récepteur). De cette façon ils croient résoudre en formules de la théorie de l'information la nature de la musique et des arts en général. Une comptabilité des bits ou quanta d'information, émis et reçus, leur fournirait ainsi des critères « objectifs », scientifiques, de valeur esthétique. Pourtant, en dehors d'une cuisine statistique élémentaire, cette théorie, valable pour les transmissions technologiques, s'est révélée incapable de donner les caractéristiques de valeur esthétique ne serait-ce que d'une simple mélodie de J.-S. Bach. Les identifications musique-message, musique-communication, musique-langage sont des schématisations qui entraînent vers des absurdités et des dessèchements. Certains tam-tams d'Afrique échapperaient à cette critique, mais ils font exception. Trop de flou en musique ne peut se plier à trop de précision théorique. Plus tard, avec l'affinement et l'invention de nouvelles théories, peut-être.

Les suiveurs de la théorie de l'information ou de la cybernétique constituent un extrême. A l'autre bout se situent les intuitionnistes qui se subdivisent en deux gros groupes :

a) le premier, qui s'intitule « graphiste », élève le symbole graphique au-dessus de la musique (du son) et le fétichise en quelque sorte. Dans ce groupe, il est de bon ton de ne pas écrire de notes mais n'importe quel dessin. On juge la « musique » sur la beauté du dessin. Il s'est annexé la musique dite « aléatoire » qui, en fait, n'est qu'un abus de langage, le vrai terme étant musique

« improvisée » de grand-père. Ce groupe ignore que l'écriture graphique, qu'elle soit symbolique, comme dans le solfège traditionnel, géométrique ou numérique, ne devrait être qu'une image, *fidèle* autant que possible à l'ensemble des instructions que le compositeur transmet à l'orchestre ou à la machine¹. Ce groupe entraîne la musique hors d'elle.

b) Le deuxième est celui qui ajoute le spectacle, sous forme d'actions scéniques extramusicales accompagnant l'exécution musicale. Influencés par les « happenings » qui expriment le désarroi de certains artistes, ils se réfugient dans la gestique et les événements disparates, trahissant ainsi une confiance très limitée qu'ils ont dans la musique pure. En fait, ils acceptent une défaite certaine de leur musique en particulier.

Ces deux groupes ont en commun une attitude romantique. Ils ont foi en l'action immédiate et se soucient fort peu d'un contrôle par la pensée. Mais comme l'action musicale a un besoin impérieux de réflexion sous peine de basculer dans la triviale improvisation, l'imprécision et l'irresponsabilité, ces groupes, en fait, nient la musique et l'entraînent hors d'elle.

La pensée linéaire.

Je ne dirai pas, comme Aristote, que le juste milieu est le bon, car en musique comme en politique, le milieu signifie compromis. Je dirai clairvoyance et âpreté de la pensée critique, c'est-à-dire action, réflexion et auto-transformation par les seuls sons. Ainsi au service de la musique comme dans toute activité humaine créatrice, la pensée scientifique et mathématique doit s'amalgamer dialectiquement à l'intuition. L'homme est un, indivisible,

1. Cf. *Gravesaner Blätter*, n° 29, édit. H. Scherchen, Gravesano, Tessin, Suisse.

total. Il pense avec son ventre et sent avec sa pensée. Je pourrai proposer ce qui, à mon sens, couvre le terme musique :

1° D'abord une sorte de comportement nécessaire pour celui qui la pense et la fait.

2° Un plerôme individuel, un accomplissement.

3° Une fixation sonore de virtualités imaginées (thèses cosmologiques, philosophiques...).

4° Elle est normative, c'est-à-dire qu'elle constitue un modèle d'être ou de faire par entraînement sympathique, inconsciemment.

5° Elle est catalytique : sa présence seule permet des transformations internes psychiques ou de la pensée, au même titre que la boule de cristal de l'hypnotiseur.

6° Elle est un jeu gratuit d'enfant.

7° Elle est une ascèse mystique (mais athée). Par conséquent les expressions de tristesse, de joie, d'amour, de situations ne sont que des cas particuliers bien limités.

La syntaxe musicale a subi des bouleversements très grands et aujourd'hui il semble que d'innombrables possibilités coexistent chaotiquement. Foisonnements de théories, de styles individuels (parfois), de styles d'écoles plus ou moins anciennes. Mais comment fait-on la musique ? Qu'est-ce qui est transmissible par un enseignement oral ? (Question brûlante si on veut réformer l'enseignement de la musique, réforme nécessaire dans le monde entier et non pas seulement en France.)

On ne peut dire que les informationnistes ou cybernéticiens et encore moins les institutionnistes aient posé la question d'un nettoyage idéologique des scories que les siècles et l'évolution actuelle ont accumulées. Tous, en général, ignorent le substrat sur lequel ils posent telle théorie ou telle action. Pourtant, ce substrat existe et c'est lui qui nous permettra de fonder pour la première fois une axiomatique et de dégager une formalisation unifiant ainsi l'antique passé, le présent et l'avenir, et

cela à l'échelle planétaire, c'est-à-dire comprenant les univers sonores encore étanches d'Asie, d'Afrique, etc.

En 1954², je dénonçai la *pensée linéaire* (polyphonique) en mettant en relief les contradictions de la musique sérielle. Je proposai à sa place un univers de masses sonores, de vastes ensembles d'événements sonores, de nuages, de galaxies régis par des caractéristiques nouvelles, telles que la densité, le degré d'ordre, la vitesse de changement, etc., qui nécessitaient des définitions et des mises en œuvres à l'aide du calcul des probabilités. Ainsi naissait la musique stochastique. En fait, cette nouvelle conception des grands nombres, massique, était plus générale que la linéaire polyphonique, puisqu'elle pouvait la comprendre comme un cas particulier (en réduisant les condensations des nuages). Harmonie générale? Non, pas encore.

Aujourd'hui, après plus de quinze ans, ces idées et les réalisations qui les accompagnent ont fait le tour de la terre et l'exploration semble pratiquement close. Pourtant, notre « plancher des vaches » musical, celui sur lequel toutes nos musiques reposent, le système diatonique tempéré, semble inentamé tant par la réflexion que par les musiques elles-mêmes³. C'est par là que la prochaine étape s'effectuera. Son exploration et ses métamorphoses ouvrent une ère nouvelle très riche en promesses. Pour comprendre son importance déterminante, il faut recourir à son origine préchrétienne et à son développement ultérieur. Je vais donc citer la structure de la musique grecque antique puis celle de la musique byzantine qui est sa meilleure conservatrice, tout en l'ayant développée,

2. Cf. *Gravesaner Blätter*, n°s 1 et 6, partitions de *Metastasis* (1954) et *Pithoprakta* (1956), édit. Boosey et Hawkes, disque Le Chant du monde (LDXA-8368).

3. Il ne s'agit pas ici des musiques à quarts de ton ou à sixièmes de ton actuels et usuels, car ils sont employés dans le même champ du diatonique tonal.

et cela bien plus fidèlement que sa sœur le plain-chant occidental. Après avoir mis en relief d'une façon moderne leurs constructions logiques abstraites, je vais essayer d'exprimer dans une langue mathématique et logique simple, mais universelle, ce qui fut et ce qui pourrait être valable dans le temps (musicologie transversale) et dans l'espace (musicologie comparée).

Pour ce faire, je propose de distinguer en architecture musicale les architectures qualifiées d'*architectures* ou *catégories hors-temps*⁴, les architectures ou catégories *en-temps* et enfin les architectures ou catégories *temporelles*. Une gamme donnée de hauteurs, par exemple, est une architecture hors-temps, car toute combinaison « horizontale » ou « verticale » de ses éléments ne l'altère pas. L'événement en soi, c'est-à-dire son occurrence réelle, appartient à la catégorie temporelle. Enfin, une mélodie ou un accord sur une gamme donnée sont faits de relations de la catégorie hors-temps avec la catégorie temporelle. Elles sont des mises dans le temps de constructions hors du temps. J'ai déjà traité ailleurs de cette distinction, mais ici je montrerai comment on peut analyser les musiques antique et byzantine à l'aide de ces catégories et combien cette façon de voir est générale, car elle permet une axiomatique universelle de la musique ainsi qu'une formalisation d'un grand nombre d'aspects de toutes les musiques de notre planète.

Structure antique.

Le chant grégorien à ses origines se basait sur la structure antique, n'en déplaise à Combarieu et à d'autres qui accusent Hucbald d'être un retardataire. L'évolution rapide de la musique de l'Europe occidentale à partir

4. Cf. mon livre *Musiques formelles*, chap. V, édit. Richard-Masse, 7, place Saint-Sulpice, Paris-VI^e.

du ix^e siècle simplifia et égalisa le plain-chant, et la pratique perdit sa théorie. Mais dans la musique profane on retrouve encore aux xv^e et xvi^e siècles des lambeaux de l'antique théorie. Témoin, le *Terminorum Musical Diffinitorium* de Jean Tinctoris⁵. Pour atteindre l'antiquité, on vise à travers la lunette grégorienne et ses « modes » qu'on a cessé depuis longtemps de comprendre. Or, on commence seulement à entrevoir d'autres directions d'explications aux modes du plain-chant. Les grégorianistes disent maintenant que le mode n'est pas qu'une échelle type mais qu'il est caractérisé par des formules mélodiques. Le seul à ma connaissance à avoir introduit d'autres notions complémentaires à la notion d'échelle est Jacques Chailley⁶, qui semble être dans le vrai. Je crois qu'on peut aller plus loin et affirmer que la musique antique, au moins jusqu'aux premiers siècles du christianisme, ne se basait absolument pas sur les gammes ou « modes » octavians mais sur les *tétracordes* et les « systèmes ».

Les spécialistes de l'antiquité (exception supra-mentionnée) sont passés à côté de cette réalité fondamentale, obnubilés qu'ils étaient par la construction tonale de la musique post-moyenâgeuse. Or, voici ce qui existait chez les Grecs : une structure hiérarchisée dont la complexité procédait par emboîtements successifs, par inclusions et intersections du particulier au général et dont on peut retracer, en suivant les textes d'Aristoxène, le schème essentiel⁷.

5. JOHANNIS TINCTORIS, *Terminorum Musicae Diffinitorium*, édit. Richard-Masse.

6. JACQUES CHAILLEY, « Le Mythe des modes grecs », in *Acta Musicologica*, vol. XXVIII, fasc. IV, 1956, Bärenreiter-Verlag Basel.

7. R. WESTPHAL, *Aristoxenos von Tarent, Melik und Rhythmik*, Leipzig, Verlag von Ambr. Abel (Arthur Meiner), 1893, introduction en allemand, texte grec.

a) *Rang primaire* : le ton et ses subdivisions. Il est défini comme étant la quantité par laquelle la consonance de quinte dépasse celle de quarte. Il se subdivise en la moitié nommée le demi-ton, le tiers nommé diésis chromatique minime, le quart nommé diésis enharmonique minime, aucun intervalle inférieur n'étant pratiqué.

b) *Rang secondaire* : le *tétracorde*, défini par la première consonance, la dia tessaron (le deuxième élément étant le pentacorde définissant la seconde consonance, la dia pente, etc.). L'intervalle dia tessaron est égal à deux tons et demi, donc à trente douzièmes de ton, que nous appellerons segments aristoxéniens. Les deux sons extrêmes ont toujours le même écart consonant de quarte, les deux autres internes sont mobiles et leurs positions déterminent les trois *genres* du tétracorde (les autres consonances de quinte, d'octave, etc., ne créant rien) :

1° L'enharmonique contenant du grave à l'aigu deux dièses enharmoniques $3 + 3 + 24 = 30$ segm. ou $X^{1/4}$. $X^{1/4}$. $X^2 = X^{5/2}$ (X étant la valeur d'un ton);

2° Le chromatique : (a) mou, contenant deux dièses chromatiques minimales, $4 + 4 + 22 = 30$ segm. ou $X^{1/3}$. $X^{1/3}$. $X^{1/3+3/2} = X^{5/2}$; (b) hémihole (sesquialtère) contenant deux dièses sesquialtères, $4,5 + 4,5 + 21 = 30$ segm. ou $X^{(3/2) (1/4)}$. $X^{(3/2) (1/4)}$. $X^{7/4} = X^{5/2}$; (c) « tonin », contenant deux demi-tons et un trihémiton $6 + 6 + 18 = 30$ segm. ou $X^{1/2}$. $X^{1/2}$. $X^{3/2} = X^{5/2}$;

3° Le diatonique : (a) mou, contenant toujours du grave à l'aigu un demi-ton puis trois dièses enharmoniques puis cinq dièses enharmoniques, $6 + 9 + 15 = 30$ segm. ou $X^{1/2}$. $X^{3/4}$. $X^{5/4} = X^{5/2}$; (b) syntonon, contenant un demi-ton puis un ton et encore un ton $6 + 12 + 12 = 30$ segm. ou $X^{1/2}$. X . $X = X^{5/2}$.

c) *Rang tertiaire* : le *système*; il est essentiellement une combinaison d'éléments du rang primaire mais surtout

de plusieurs tétracordes conjoints ou disjoints d'un ton. D'où le pentacorde (intervalle extrême la quinte juste) et l'octocorde (intervalle extrême l'octave parfois juste). Les subdivisions des systèmes suivent également celles du tétracorde. Elles sont aussi fonction de la connexité et de la consonance.

d) *Rand quaternaire* : les tropes, les tons ou les modes ; ils n'étaient sans doute que des particularisations des *systèmes* grâce à des formules cadentielles, mélodiques, à des dominantes, à des registres, etc., comme dans la musique byzantine, dans les *râga*, etc.

Ici prend fin l'exposé de la structure hors-temps de la musique hellénique. Tous les textes antiques qu'on peut consulter à partir d'Aristoxène exposent ce processus hiérarchique. Il semble qu'Aristoxène leur ait servi de modèle. Mais plus tard, des traditions parallèles à Aristoxène, des interprétations défaillantes ainsi que des sédimentations ont déformé le fait de cette hiérarchie, dès l'antiquité. De plus, il semble que les théoriciens tels qu'Aristide Quintilien ou Claude Ptolémée n'entendaient que peu à la musique.

Cet « arbre » hiérarchique était complété par des algorithmes de passage, les *métaboles*, d'un *genre* à un autre, d'un *système* à un autre, ou d'un mode à un autre. On est loin des modulations ou transpositions simples de la musique tonale post-moyennâgeuse.

DEUX LANGAGES.

Les pentacordes sont subdivisés selon les mêmes genres que le tétracorde qu'ils contiennent. Ils dérivent des tétracordes mais servent quand même de notion première, au même titre que le tétracorde, pour définir l'intervalle de ton. Cercle vicieux mais qui s'explique par la volonté d'Aristoxène de rester fidèle à l'expérience musicale

(il y insiste) qui, à elle seule, définit la structure des tétracordes et de tout l'édifice harmonique qui en est la conséquence combinatoire. Toute son axiomatique part de là et son texte est un exemple de méthode à suivre. Toutefois la valeur absolue (physique) de l'intervalle *dia tessaron* n'y est pas définie, contrairement aux pythagoriciens qui le définissent par le rapport $3/4$ des longueurs des cordes. C'est, je crois, un signe de sagesse. Le rapport $3/4$ est en fait une moyenne.

Il faut attirer l'attention sur le fait qu'il utilise l'opération additive pour les intervalles, pressentant ainsi, avant leur heure, les logarithmes contrairement à l'usage des pythagoriciens qui utilisaient le langage géométrique (exponentiel) qui est multiplicatif. Ici, l'invention d'Aristoxène est fondamentale car :

a) elle constitue l'une des deux façons qui à travers les millénaires ont permis à la théorie musicale de s'exprimer;

b) elle inaugure un *calcul* plus économique, plus facile, plus adapté à la musique, par l'addition;

c) elle pose la base du tempérament égal près de vingt siècles avant son application en Europe occidentale.

Les deux langages : l'arithmétique (opération d'addition) et le géométrique (venant des rapports des longueurs des cordes, avec l'opération de multiplication) se sont toujours mélangés et interpénétrés à travers les siècles, créant inutilement des confusions multiples dans les calculs des intervalles et des consonances, et par conséquent dans les théories. En fait, ils sont deux expressions de la structure de groupe avec deux opérations non identiques, il y a donc équivalence formelle⁸.

Il y a une chose farfelue, transmise béatement pas les spécialistes musicologues de ces derniers temps : « Les

8. G. Th. GUILBAUD, *Mathématiques*, tome I, Presses universitaires de France, 1963.

Grecs, disent-ils, descendaient les gammes au lieu de les monter comme il est d'usage aujourd'hui. » Or, on n'en trouve nulle trace ni chez Aristoxène ni chez ses successeurs, y compris Aristide Quintilien⁹ ou Alypius, qui donnent une nouvelle écriture plus complète des degrés de beaucoup de tropes. Bien au contraire, c'est toujours par le grave que *tous* les auteurs antiques commencent les explications théoriques et la nomenclature de degrés.

Une deuxième chose farfelue est la prétendue « gamme d'Aristoxène » dont on ne trouve aucune trace dans son texte¹⁰.

Nous allons maintenant exposer la structure de la musique byzantine. Elle peut servir à comprendre infiniment mieux la musique antique, le plain-chant occidental, les musiques traditionnelles non européennes, la dialectique de la musique européenne récente et ses fausses routes et impasses; à prévoir et bâtir l'avenir avec une vue dominant les paysages lointains du passé et du futur électronique. Ainsi des directions de recherches nouvelles prendront toute leur valeur. Par contre, les inaptitudes de la musique sérielle dans certains domaines et le tort qu'elle a fait à l'évolution musicale par son dogmatisme ignorant seront indirectement mis en évidence.

9. Aristidou KOINTILIANOU, *Péri Mousikes Proton*, édit. Teubner de Leipzig, 1963, chez Librairie des Méridiens, 119, boulevard Saint-Germain, Paris.

10. La *gamme d'Aristoxène* semble être une des versions expérimentales du diatonique antique non conforme aux versions théoriques soit des pythagoriens soit des aristoxéniens, X. $9/8 \cdot 9/8 = 4/3$, $6 + 12 + 12 = 30$ segm. respectivement. La version X. $7/8 \cdot 9/8 = 4/3$ d'Archytas ou celle d'Euclide sont significatives. D'autre part, la soi-disant « gamme de Zarlino » n'est autre que la soit-disant « gamme d'Aristoxène » qui, en fait, ne remonte qu'à Ptolémée et Didymos.

Structure byzantine.

Elle¹¹ amalgame les deux calculs, pythagorien et aristoxénien, multiplicatif et additif. La quarte est exprimée par le rapport $3/4$ du monocorde, ou par les 30 segments tempérés (72 pour l'octave¹²). Elle définit trois espèces de tons, le majeur ($9/8$ ou 12 segments), le mineur ($10/9$ ou 10 segments), et le minime ($16/15$ ou 8 segments). Mais des intervalles plus petits ou plus grands sont construits et les unités élémentaires du rang primaire sont plus complexes que chez Aristoxène. Elle reconnaît une prépondérance à la *gamme diatonique naturelle* (la prétendue gamme d'Aristoxène) dont les degrés sont avec le premier ton dans les rapports 1; $9/8$; $5/4$; $4/3$; $3/2$; $27/16$; $15/8$; 2 et qui portent des noms alphabétiques A, B, Γ, Δ, E, Z, H, le Δ, degré grave initial, correspondant à peu près au sol₂ (en segments : 0, 12, 22, 30, 42, 54, 64, 72 ou 0, 12, 23, 30, 42, 54, 65, 72). Elle a été énoncée au moins dès le I^{er} siècle par Didymos puis au II^e par Ptolémée qui a permuté un terme et a consigné le décalage du tétracorde (ton-ton-demi-ton) qui depuis est resté sans changement¹³. Mais outre cette attraction de la dia pason (octave), l'architecture est hiérarchisée et emboîtée comme chez Aristoxène. La voici :

a) *Rang primaire* : les trois tons, $9/8$, $10/9$, $16/15$, un ton supermajeur $7/6$, le trihémiton $6/5$, un autre ton majeur $15/14$, le demi-ton ou leima $256/243$, l'apotomé du ton

11. *Stichiodi Mathimata Byzantinis Ekklisiastikis Mousikis*. Avraam Evthimiadis, O.X.A. Apostoliki Diakonia, Thessaloniki, 1948.

12. Chez Quintilien et Ptolémée la quarte est divisée en soixante segments tempérés égaux.

13. In *Westphal, op. cité*, pp. XLVII et ss., voici le décalage du tétracorde mentionné par Ptolémée : lichanos — ($16/15$) — mèse — ($9/8$) — paramèse — ($10/9$) — trite (harm. 2.1, p. 49).

mineur 135/128 et enfin le comma 81/80. Cette complexité dérive du mélange des deux modes de calcul.

b) *Rang secondaire* : les tétracordes qui sont définis comme chez Aristoxène. De même pour les pentacordes et les octocordes. Les tétracordes sont divisés en trois genres :

1° Diatonique subdivisé en premier schème, $12 + 11 + 7 = 30$ segments ou $9/8 \cdot 10/9 \cdot 16/15 = 4/3$ commençant sur les Δ , H, etc.; deuxième schème, $11 + 7 + 12 = 30$ segments ou $10/9 \cdot 16/15 \cdot 9/8 = 4/3$ commençant sur les E, A, etc.; troisième schème, $7 + 12 + 11 = 30$ segments ou $16/15 \cdot 9/8 \cdot 10/9 = 4/3$ commençant sur Z, etc.

Nous remarquons une combinatoire poussée qui n'est pas apparente chez Aristoxène. Ici sont utilisées trois des six permutations possibles des trois tons.

2° Chromatique, subdivisé en¹⁴ : (a) chromatique mou issu des tétracordes diatoniques du premier schème, $7 + 16 + 7 = 30$ segments ou $(16/15) (7/6) (15/14) = (4/3)$ commençant sur Δ , H, etc.; (b) chromatique syntonon ou dur issu des tétracordes diatoniques du deuxième schème, $5 + 19 + 6 = 30$ segments ou $(256/243) (6/5) (135/128) = 4/3$, commençant sur E, A, etc.

3° Enharmonique issu du diatonique par altération des notes mobiles et subdivisé en : premier schème, $12 + 12 + 6 = 30$ segments ou $(9/8) (9/8) (256/243) = 4/3$, commençant sur Z, H, Γ , etc.; deuxième schème, $12 + 6 + 12 = 30$ segments ou $(9/8) (256/243) (9/8) = 4/3$, commençant sur Δ , H, A, etc.; troisième schème, $6 + 12 + 12 = 30$ segments ou $(256/243) (9/8) (9/8) = 4/3$, commençant sur E, A, B, etc.

14. Chez Ptolémée les noms des chromatiques étaient permutés : le chromatique mou contenait l'intervalle 6/9 et le dur ou syntonon l'intervalle 7/6, cf. WESTPHAL, *op. cit.*, p. XXXII.

Parenthèse.

Il y a manifestement un phénomène d'absorption de l'antique enharmonique par le diatonique. Ceci a dû se produire aux premiers siècles du christianisme, dans la lutte des Pères de l'Église contre le paganisme et certaines manifestations de ses arts. Le diatonique était depuis toujours considéré sobre, sévère, noble, contrairement aux autres genres. En fait, le genre chromatique mais surtout l'enharmonique nécessitait une culture musicale plus poussée comme le constataient déjà Aristoxène et les autres théoriciens, culture que les masses de la période romaine possédaient encore moins. Par conséquent, d'une part, les spéculations combinatoires et, de l'autre, l'usage pratique ont dû faire disparaître les caractères spécifiques de l'enharmonique au bénéfice du chromatique, dont une subdivision a disparu dans la musique byzantine et du diatonique syntonon. Phénomène d'absorption comparable à celui des gammes (ou modes) de la renaissance par la gamme diatonique majeure qui perpétue le diatonique syntonon antique.

Toutefois, cette simplification est curieuse et il serait intéressant d'en étudier les circonstances et le pourquoi. En dehors des différences ou plutôt des variantes des intervalles antiques, la typologie byzantine s'adapte étroitement sur l'antique.

Avec les tétracordes, elle bâtit l'étage supérieur à l'aide de définitions qui éclairent singulièrement la théorie des *systèmes* aristoxéniens et dont on trouve déjà une énumération assez détaillée chez Claude Ptolémée¹⁵.

15. Exemples in WESTPHAL. *op. cité*, p. XLVIII, selidion 1 mélange du chromatique syntonon (22 : 21, 12 : 11, 7 : 6) et du diatonique tonin (28 : 27, 7 : 8, 9 : 8), selidion 2, mélange du diatonique mou (21 : 20, 10 : 9, 8 : 7) et du diatonique tonin (28 : 27, 8 : 7, 9 : 8), etc.

LES ÉCHELLES.

a) *Rang tertiaire* : les échelles construites à l'aide des systèmes avec les mêmes règles antiques de consonance, de dissonance et d'assonance (paraphonie). Chez les Byzantins, le principe itératif et juxtapositif des systèmes aboutit d'une manière très claire aux échelles, ce qui est encore assez obscur chez Aristoxène et ses successeurs, exception faite de Ptolémée. Chez Aristoxène pour qui le système semble être une catégorie en soi et un but, la notion d'échelle ne s'est pas détachée de la méthode qui la construisait. Chez les Byzantins, au contraire, le système est nommé méthode de construction d'échelles. Il est une sorte d'opérateur d'itération qui, à partir de la catégorie inférieure des tétracordes et de ses dérivés, le pentacorde et l'octocorde, construit des organismes plus complexes, en chaîne, à la manière des gènes des chromosomes. De ce point de vue, le couple *système-échelle* atteint un épanouissement qui n'existait pas chez les Anciens.

Voici la définition byzantine du système : « Le système est la simple ou multiple répétition de deux, de plusieurs ou de tous les tons d'une échelle. » Par échelle, il faut entendre ici une suite de tons déjà organisée telle que le tétracorde ou ses dérivés. La musique byzantine utilise trois systèmes : (a) le système de l'octocorde ou dia pason; (b) le système du pentacorde ou roue (trochos); (c) le système de tétracorde ou triphonie.

Le système peut réunir les éléments par juxtaposition conjointe (syniména), ou disjointe (diazevgména). La juxtaposition disjointe d'un ton, de deux tétracordes construit l'échelle dia pason contenant une octave juste. La juxtaposition conjointe de plusieurs de ces dia pasons d'octaves justes conduit aux échelles, gammes et modes qui nous sont familiers. La juxtaposition conjointe de plusieurs tétracordes (triphonie) produit une échelle dont

l'octave n'est plus un son fixe du tétracorde mais un de ses sons mobiles. De même pour la juxtaposition conjointe de plusieurs pentacordes (trochos).

Mais le système peut s'appliquer aux trois genres du tétracorde et à leurs subdivisions séparément, ce qui crée un faisceau d'échelles très riche. Enfin, dans une échelle, on peut mélanger les genres des tétracordes (comme dans les *selidia* de Ptolémée), ce qui conduit à une énorme variété. Le rang-échelle est donc le résultat d'une combinatoire, mieux, d'un montage (harmonie) géant, par juxtapositions itérées d'organismes déjà diversifiés fortement, les tétracordes et ses dérivés. L'échelle telle qu'elle est définie ici est d'une conception plus riche et universelle que toutes les conceptions appauvries du bas Moyen Age et des temps modernes. De ce point de vue, non le tempérament, mais l'absorption par le tétracorde diatonique (et son échelle correspondante issue du système disjoint-d'un-ton-majeur = touches blanches du piano) de toutes les autres combinaisons ou montages (harmonies) des autres tétracordes, représente une énorme perte de potentiel aussi bien abstrait que sensoriel, qu'il s'agit de réédifier mais d'une façon moderne comme nous le verrons. Voici des exemples d'échelles en segments du tempérament byzantin (aristoxénien, une quarte juste = 30 segments) :

Échelles diatoniques

Tétracordes diatoniques : système par tétracordes disjoints, 12, 11, 7/12/11, 7, 12 commençant sur Δ grave, 12, 11, 7/12/12, 11, 7, commençant sur H ou A graves; système par tétracorde et pentacorde, 7, 12, 11/7, 12, 11, commençant sur Z grave; système de la roue (trochos), 11, 7, 12, 12/11, 7, 12, 12/11, 7, 12, 12/, etc.

Échelles chromatiques

Tétracordes chromatiques mous; système de la roue commençant sur H, 7, 16, 7, 12/7, 16, 7, 12/7, 16, 7, 12/, etc.

Échelles enharmoniques

Tétracorde enharmonique deuxième schème; système par tétracordes disjoints, commençant sur Δ , 12, 6, 12/12/12, 6, 12, il correspond au mode de Ré.

Les échelles enharmoniques par le système disjoint construisent toutes les gammes ou modes ecclésiastiques de l'Occident. D'autres aussi, exemple : tétracorde enharmonique du premier schème par le système triphonique, commençant sur H grave : 12, 12, 6/12, 12, 6/12, 12, 6/12, 12, 6/.

Échelles mixtes

Tétracordes diatonique premier schème + chromatique mou; système disjoint, commençant sur H grave, 12, 11, 7/12/7, 16, 7/.

Tétracordes chromatique dur + chromatique mou, système disjoint, commençant sur H grave, 5, 19, 6/12/7, 16, 7/, etc.

Tous les « montages » ne sont pas utilisés. Et on peut observer le phénomène d'absorption des « octaves » non justes par l'octave juste en vertu des règles consonantiques de base. Ce qui limite beaucoup les cas.

b) *Rang quaternaire* : les tropes ou échoi (ichi). L'échos se définit par : (a) les genres des tétracordes (ou dérivés) constitutifs; (b) le système de juxtaposition; (c) les attractions; (d) les bases ou sons fondamentaux; (e) les sons dominants; (f) les terminaisons ou cadences (katalixis); (g) l'apichima, mélodies d'introduction du

mode; (h) l'éthos qui suit les définitions antiques. Nous n'allons pas entrer dans les détails de ce rang.

Ici s'achève, succinctement exposée, l'analyse de la structure hors-temps de la musique byzantine.

Mais cette structure ne pouvait se contenter d'une hiérarchie cloisonnée. Il fallait pouvoir circuler librement entre les tons et ses subdivisions, entre les espèces des tétracordes, entre les genres, entre les systèmes et entre les échoi. D'où une ébauche de structure *en-temps*, que nous allons brièvement parcourir. Il existe des signes opératoires qui permettent des altérations, des transpositions, des modulations et autres transformations (métaboles). Ces signes sont les phthorai et les chroai des notes, des tétracordes, des systèmes (ou échelles) et des échoi.

Métaboles de note :

1° la métathésis : passage d'un tétracorde de trente segments (quarte juste) à un autre tétracorde de trente segments;

2° la parachordi : déformation de l'intervalle correspondant aux trente segments du tétracorde en un autre plus grand et l'inverse; ou alors, passage d'un tétracorde déformé à un autre déformé.

Métaboles de genre :

1° Phthora caractéristique du genre qui ne change pas le nom des notes;

2° avec changement du nom des notes;

3° grâce à la parachordi;

4° grâce aux chroai.

Métaboles de système :

Passage d'un système à un autre grâce aux métaboles précédentes.

Métaboles des échoi par des signes spéciaux, les martyrikai phthorai ou altérations des initialisations des modes.

C'est en raison de la complexité des métaboles que les pédales (isokratima) ne peuvent être « laissées aux ignorants ». L'isokratima constitue un art à lui seul car il est chargé de souligner et de favoriser toutes les fluctuations en-temps de la structure hors-temps du chant.

Premiers commentaires.

On voit bien que le couronnement de cet édifice hors-temps est la chose la plus complexe et la plus raffinée qui pouvait être inventée par le chant monodique par excellence. Ce qui n'a pu être développé en polyphonie a été poussé à une richesse si luxuriante que pour s'y reconnaître il est nécessaire de suivre des années d'études pratiques à la manière des chantres ou instrumentistes des hautes cultures asiatiques. Or, aucun des spécialistes de la musique byzantine ne semble connaître l'importance de cet édifice. Le déchiffrement des anciennes notations les a tellement absorbés, semble-t-il, qu'ils en ont négligé la tradition actuelle de l'Église byzantine et leur a fait exprimer des choses incorrectes. Ainsi, il y a quelques années à peine, l'un d'eux¹⁶ s'est mis, à la suite des grégorianistes, à attribuer aux échoi des caractères autres que ceux des gammes occidentales qui leur avaient été enseignées dans les écoles conformistes. Ils ont enfin découvert que les échoi contenaient quelques formules mélodiques caractéristiques, quoique sédimentaires. Mais ils n'ont pas pu ou voulu aller plus loin et abandonner leur douillette retraite manuscrite.

16. Egon WELLESZ, *A History of Byzantine Music and Hymnography*, Oxford at the Clarendon Press, 1961, p. 71, etc. En page 70, il reprend, lui aussi, le mythe des échelles antiques descendantes.

L'incompréhension de la musique antique¹⁷, byzantine et grégorienne des origines est certainement due à l'oubli imposé par la croissance de la polyphonie, création hautement originale de l'Occident barbare et inculte et par le schisme des Églises. Les siècles et la disparition de l'État byzantin ont consacré cet oubli et cette séparation. L'effort donc de sentir un langage « harmonique » beaucoup plus fin et complexe que celui du diatonique syntone et de ses échelles octaviantes est, sans doute, très supérieur aux capacités normales d'un « spécialiste » occidental, même si la musique actuelle a pu le libérer (en partie) de cette emprise écrasante. Je ferai exception pour les extrême-orientalistes¹⁸ qui, eux, ne se sont jamais coupés de la pratique musicale et, ayant à faire à de la matière vivante, ont su aller chercher une harmonie autre que la tonale des douze demi-tons. Le comble de l'aberration est dans les transcriptions de mélodies byzantines¹⁹ en notation occidentale par le système tempéré. Mais le reproche critique qu'on peut adresser aux byzantinologues, c'est qu'en restant coupés de la grande tradition musicale de l'Église orientale, ils ont escamoté cette architecture abstraite et charnelle, complexe et remarquablement emboîtée (harmonieuse), cette survivance et ce réel accomplissement de la tradition hellénique. Ils ont de cette manière retardé la progression des recherches musicologiques : (a) de l'antiquité; (b) du

17. La même négligence peut être constatée chez les hellénistes antiquisants. A titre d'exemple le classique Louis LALOEY dans *Aristoxène de Tarente*, 1904, p. 249, etc.

18. Alain Daniélou a été vivre aux Indes pendant de nombreuses années et a appris à jouer des instruments indous. De même pour Mantle Hood avec la musique indonésienne, sans omettre Tran Van Khé, théoricien et artiste compositeur pratiquant la musique traditionnelle du Viêt-nam, etc.

19. Cf. WELLESZ, *op. cit.*, de même les transcriptions par C. HÖEG, autre grand byzantinologue à avoir négligé les problèmes de structure, etc.

plain-chant; (c) des folklores des pays européens, notamment de l'Est²⁰; (d) des cultures musicales des civilisations d'autres continents; (e) d'une meilleure compréhension de l'évolution musicale d'Europe occidentale depuis le bas Moyen Age jusqu'à l'époque moderne; (f) de la prospection syntaxique des musiques de demain, de leur enrichissement et de leur survie.

Seconds commentaires.

J'ai tenu à présenter cette architecture liée à l'antiquité et sans doute à d'autres cultures, car elle est un témoignage élégant et vivant de ce que je m'efforce de définir comme *catégorie* (algèbre, structure) *hors-temps* de la musique en regard des deux autres catégories *en-temps* et *temporelle*. On a souvent dit (Stravinski, etc., Messiaen aussi) que le temps est *tout* en musique, en oubliant les structures de base sur lesquelles reposent les langages personnels, aussi simplifiés soient-ils, tels que les musiques sérielles « pré- ou post-wébériennes ». Il est nécessaire, pour bien comprendre le passé et le présent universels, ainsi que pour préparer l'avenir, de distinguer les structures, les architectures, les organismes sonores, de leurs manifestations temporelles. Donc de construire des instantanés, de faire de véritables tomographies successives dans le temps, de les comparer et d'en dégager les relations et les architectures, et inversement. D'ailleurs, grâce au caractère métrique du temps, on peut le « munir » lui aussi d'une structure hors-temps, laissant finalement à la catégorie temporelle seule sa vraie nature, toute nue, celle de la réalité immédiate, du devenir instantané.

20. Étonnement des « spécialistes », à la découverte de l'écriture byzantine, dans la notation du folklore roumain, in *Rapports complémentaires du XII^e Congrès international des études byzantines*, Ochride, 1961, p. 76. Ces spécialistes ignorent sans doute qu'un phénomène identique existe en Grèce.

Par là, le temps pourrait être considéré comme un tableau noir (vide) sur lequel on inscrit des symboles et des relations, des architectures, des organismes abstraits. Du choc entre organismes-architectures et réalité instantanée, immédiate, naît la qualité primordiale de la conscience vécue.

Les architectures antiques et byzantines concernent les hauteurs (caractère du son simple, dominant) des êtres sonores. Les rythmes y sont aussi soumis à une organisation, mais beaucoup plus simple. Nous n'en parlerons donc pas. Ces modèles antique et byzantin ne nous serviront certainement pas pour les imiter ou les copier, mais pour exhiber une architecture fondamentale hors-temps qui a été contrecarrée par les architectures temporelles des systèmes polyphoniques modernes (post-moyenâgeux). Ces systèmes, y compris les sériels, sont encore un magma assez confus de structures hors-temps et temporelles car personne n'a encore songé à les démêler. Nous ne pouvons cependant le faire ici.

Dégradation progressive des structures hors-temps.

L'organisation tonale issue de l'aventure polyphonique et de l'oubli des Anciens a appuyé fortement, de par sa nature, sur la catégorie temporelle définissant par l'entemps les hiérarchies de ses « fonctions » harmoniques. Hors-temps, elle est nettement plus pauvre, son « harmonique » étant réduite à une seule échelle octavante (l'ut majeur à deux bases l'ut et le la), correspondant à la diatonique syntonon de la tradition pythagorienne ou à l'échelle enharmonique et byzantine à 2 tétracordes disjoints du premier schème pour le do et à 2 tétracordes disjoints des deuxième et troisième schèmes pour le la. Deux métaboles ont été conservées : celle de la transposition (translation de l'échelle), et la « modulation », qui consiste à translater la base sur les degrés de cette

même échelle. Un autre appauvrissement est l'adoption du tempérament grossier du demi-ton, racine douzième de deux. Les consonances se sont enrichies de celle de la tierce, qui a failli jusqu'à Debussy ostraciser les traditionnelles quarts et quintes (à vide). L'atonalisme final, préparé par la théorie et par la musique des romantiques, fin XIX^e et début XX^e siècle, abandonna pratiquement toute structure hors-temps. Ce qui fut confirmé par la suppression dogmatique des Viennois, qui n'acceptent que l'ultime « ordre total » de la gamme tempérée chromatique. Des quatre formes de la série, seule l'inversion des intervalles se rapporte à une structure hors-temps. Naturellement des regrets, conscients ou pas, se font sentir et des relations intervalliques de symétrie sont greffées sur le total chromatique dans le choix des notes de la série, mais toujours dans la catégorie en-temps. Depuis, cette situation n'a guère changé chez les post-wébériens. Cette dégradation des structures hors-temps de la musique à partir du bas Moyen Age est peut-être le fait caractéristique de l'évolution musicale de l'Occident européen. Dégradation qui conduit à l'excroissance des structures temporelles et en-temps inégalées. C'est en cela que résident son originalité et son apport à la culture universelle. Mais c'est en cela que réside aussi son appauvrissement, sa perte de charge, et qu'apparaît un risque d'impasse. Car telle qu'elle a évolué jusqu'ici, la musique européenne est inapte à donner au monde un champ d'expression à l'échelle du globe, une universalité, elle risque de s'isoler et de se couper des nécessités historiques. Il faut ouvrir l'œil et essayer de jeter les ponts vers les autres cultures, aussi bien que vers l'avenir immédiat de la pensée musicale, avant de périr suffoqué par la technique électronique, appliquée soit au niveau instrumental, soit au niveau de la composition par les ordinateurs.

Réintroduction de la structure hors-temps par la stochastique.

Par l'introduction du calcul des probabilités (musique stochastique), le petit horizon actuel des structures hors-temps et des dissymétries s'est trouvé exploré complètement et se voit clôturé. Mais, du fait même de son introduction, la stochastique a fait faire un saut à la pensée musicale par-dessus cette clôture, vers les nuages, les masses d'événements sonores et vers une plastique des grands nombres statistiquement articulés. Plus de distinction entre le « vertical » et l' « horizontal ». L'indéterminisme de l'en-temps entrainait avec dignité dans l'édifice musical. Et, comble de la dialectique héraclitienne, l'indéterminisme, par des fonctions stochastiques particulières, devenait coloré et se structurait, s'organisait avec une grande générosité. Il pouvait comprendre dans son sein le déterminé et, d'une manière encore floue, les structures hors-temps de jadis. Hors-temps, en-temps, temporel, ces catégories amalgamées inégalement dans l'histoire de la musique prennent tout à coup toute leur signification fondamentale et peuvent servir à bâtir pour la première fois une synthèse *cohérente* et *universelle* dans le passé, dans le présent et dans l'avenir. Je dis bien que c'est dans l'ordre des choses possibles, et même que c'est une direction privilégiée. Mais nous ne sommes pas encore parvenus à franchir cette étape. Il nous faut pour cela compléter notre arsenal avec des outils plus acérés, avec une axiomatique et une formalisation tranchantes.

Théorie des cribles.

Pour ce faire, il faut donner une axiomatique de la structure d'ordre total (structure de groupe additif = structure additive aristoxénienne) de l'échelle chroma-

tique tempérée, en reprenant ce qui a été publié dans d'autres circonstances²¹. Axiomatique de l'échelle chromatique tempérée, inspirée de l'axiomatique des nombres de Peano :

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) : (a) l'arrêt O est élément de D; (b) si l'arrêt n est élément de D, alors le nouvel arrêt n' est élément de D; (c) si les arrêts n et m sont des éléments de D, alors les nouveaux arrêts n' et m' seront identiques si, et seulement si, les arrêts n et m sont identiques; (d) si l'arrêt n est élément de D, il sera différent de l'arrêt origine O; (b) si des 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.

Nous venons de définir axiomatiquement non seulement une échelle chromatique tempérée des sensations de hauteur, mais aussi de toutes les propriétés ou caractéristiques sonores du domaine D énoncées plus haut (densité, intensité...). De plus cette échelle abstraite, comme l'a justement fait remarquer Bertrand Russell à propos de l'axiomatique de Peano, n'a pas de déplacement unitaire défini ou rapporté à une grandeur absolue. C'est ainsi qu'elle peut être construite soit avec des demi-tons tempérés, soit avec des segments aristoxéniens (douzièmes du ton), soit avec des commas de Didymos (81/80), soit avec des quarts de ton, soit avec des tons,

21. Cf. mon texte dans le disque publié par Le Chant du monde (LDX A-8368). Voir aussi *Gravesaner Blätter*, n° 29, et mon livre cité.

des tierces, des quarts, des quintes, des octaves, etc., ou encore avec toute autre unité dont aucun multiple ne corresponde à l'octave juste.

A présent, sur cette échelle, définissons une autre échelle équivalente mais dont le déplacement unitaire sera un multiple de la première. Elle pourra être exprimée par la notion de *congruence modulo m*.

Définition : deux entiers x et n sont dits *congrus modulo m* si m est un facteur de $x - n$. Il s'écrit symboliquement $x \equiv n \pmod{m}$. Ainsi deux entiers sont *congrus modulo m*, si, et seulement si, ils diffèrent de m , d'un multiple entier (positif ou négatif), exemple :
 $4 \equiv 19 \pmod{5}$, $-3 \equiv 13 \pmod{8}$, $14 \equiv 0 \pmod{7}$

Par conséquent, tout entier est congru modulo m , à un et à un seul des nombres n :

$$n = (0, 1, 2, \dots, m-2, m-1)$$

On dit que ces nombres forment chacun une *classe résiduelle modulo m*; ils sont, en fait, les plus petits résidus modulo m non négatifs.

$$x \equiv n \pmod{m}$$

est donc équivalent à

$$x = n + km$$

où k est un entier,

$$k \in \mathbb{Z} = (0, 1, -1, 2, -2, \dots)$$

Pour un n donné et pour $k \in \mathbb{Z}$ quelconque, les nombres x appartiendront par définition à la classe résiduelle n modulo m . Nous noterons cette classe : m_n .

Prenons pour fixer les idées, comme unité de déplacement, le demi-ton tempéré de la gamme actuelle. Sur celle-ci appliquons une deuxième fois l'axiomatique précédente avec comme déplacement élémentaire²² une grandeur de, mettons, 4 demi-tons (tierce majeure). Nous

22. Les déplacements élémentaires sont entre eux-mêmes comme les nombres entiers, c'est-à-dire qu'ils sont définis comme des éléments d'une axiomatique, la même.

définissons une nouvelle échelle chromatique. Si l'arrêt-origine de la première est un ré dièse, la seconde nous fournira tous les multiples de 4 demi-tons, c'est-à-dire l'échelle par tierces majeures,

ré dièse $_0$, sol $_0$, si $_0$, ré dièse $_1$, sol $_1$, si $_1$

c'est-à-dire les notes de la première échelle dont les numéros d'ordre sont congrus à 0 modulo 4. Elles appartiennent toutes à la classe résiduelle 0 modulo 4. Les classes résiduelles 1, 2, 3 modulo 4 épuiseront les notes de ce total chromatique. Nous allons symboliser ces classes de la manière suivante :

la classe résiduelle 0 modulo 4 par 4_0
 la classe résiduelle 1 modulo 4 par 4_1
 la classe résiduelle 2 modulo 4 par 4_2
 la classe résiduelle 3 modulo 4 par 4_3
 la classe résiduelle 4 modulo 4 par 4_0
 etc.

Comme il s'agit en fait d'un criblage de l'échelle de base (déplacement élémentaire d'un demi-ton), chaque classe résiduelle forme un crible laissant passer seulement certains éléments du total chromatique. Par extension le total chromatique sera noté crible 1_0 . La gamme par quartes sera donnée par le crible 5_n , dans lequel n aura une des valeurs $n = 0, 1, 2, 3, 4$. A chaque changement de l'indice n correspondra une transposition de cette gamme. Ainsi la gamme debussyste par tons, $2n$ avec $n = 0, 1$, a deux transpositions :

$2_0 \Rightarrow$ do, ré, mi, fa dièse, sol dièse, la dièse, do...

$2_1 \Rightarrow$ do dièse, ré dièse, fa, sol, la, si do dièse...

A partir de ces cribles élémentaires, équivalents entre eux, nous pouvons construire des échelles plus complexes, toutes les échelles imaginables, à l'aide des trois opérations de la *Logique des classes* : la réunion (disjonction) notée \vee , l'intersection (conjonction) notée \wedge , et le

complémentaire (négation) noté d'une barre superposée au module du crible. Ainsi :

$2_0 \vee 2_1 =$ total chromatique (qu'on peut aussi noter 1_0)

$2_0 \wedge 2_1 =$ pas de notes, ou crible vide noté \emptyset

$$\overline{2_0} = 2_1 \text{ et } \overline{2_1} = 2_0$$

La gamme majeure pourra s'écrire :

$$(\overline{3_2} \wedge 4_0) \vee (\overline{3_1} \wedge 4_1) \vee (3_2 \wedge 4_2) \vee (\overline{3_0} \wedge 4_3).$$

Cette écriture confond par définition tous les « modes » des touches blanches du piano, car ce que nous définissons c'est l'échelle, les « modes » étant des architectures se basant sur les échelles. Ainsi le mode de ré placé sur le ré aura la même écriture. Mais pour reconnaître les « modes », on pourrait introduire la non-commutativité des expressions logiques. Par contre, chacune des douze transpositions de cette échelle sera une combinaison des permutations cycliques des indices des cribles 3 et 4. Ainsi la gamme majeure transposée à l'aigu d'un demi-ton (décalage à droite) s'écrira :

$$(\overline{3_0} \wedge 4_1) \vee (\overline{3_2} \wedge 4_2) \vee (3_0 \wedge 4_3) \vee (\overline{3_1} \wedge 4_0)$$

et en général

$$\begin{aligned} &(\overline{3_{n+2}} \wedge 4_n) \vee (\overline{3_{n+1}} \wedge 4_{n+1}) \vee \\ &(3_{n+2} \wedge 4_{n+2}) \vee (\overline{3_n} \wedge 4_{n+3}) \end{aligned}$$

où n pourra prendre toute valeur de 0 à 11 mais réduite, après addition de l'indice constant de chacun des cribles (modules), modulo le crible correspondant. La gamme de ré placée sur do s'écrira :

$$\begin{aligned} &(3_n \wedge 4_n) \vee (\overline{3_{n+1}} \wedge 4_{n+1}) \vee \\ &(\overline{3_n} \wedge 4_{n+2}) \vee (\overline{3_{n+2}} \wedge 4_{n+3}). \end{aligned}$$

Musicologie.

Changeons maintenant l'unité de base des cribles en prenant le quart de ton. La gamme majeure s'écrira :

$$(8_n \wedge \bar{3}_{n+1}) \vee (8_{n+2} \wedge \bar{3}_{n+2}) \vee \\ (8_{n+4} \wedge 3_{n+1}) \vee (8_{n+6} \wedge \bar{3}_n).$$

avec $n = 0, 1, 2 \dots 23$ (modulo 3 ou 8).

La même gamme avec un crible encore plus fin (une octave = 72 segments aristoxéniens) s'écrira :

$$(8_n \wedge (9_n \vee 9_{n+6})) \vee (8_{n+2} \wedge (9_{n+3} \vee 9_{n+6})) \vee \\ (8_{n+4} \wedge 9_{n+3}) \vee (8_{n+6} \wedge (9_n \vee 9_{n+3}))$$

avec $n = 0, 1, 2 \dots 71$ (modulo 8 ou 9).

L'échelle d'une gamme byzantine mixte, système disjoint composé d'un tétracorde chromatique dur et d'un tétracorde diatonique du deuxième schème séparés par un ton majeur, s'écrit en segments aristoxéniens : 5, 19, 6/12/11, 7, 12 et son expression logique sera :

$$(8_n \wedge (9_n \vee 9_{n+6})) \vee (9_{n+6} \wedge (8_{n+2} \vee 8_{n+4})) \vee \\ (8_{n+5} \wedge (9_{n+5} \vee 9_{n+8})) \vee (8_{n+6} \wedge 9_{n+3})$$

avec $n = 0, 1, 2 \dots 71$ (modulo 8 ou 9).

Le Raga Bhairavi de la classe Andara-Sampurna (pentatonique ascendant, heptatonique descendant)²³ exprimé par un crible de base aristoxénienne (octaviant, de période 72), s'écrira :

Échelle pentatonique :

$$(8_n \wedge (9_n \vee 9_{n+3})) \vee (8_{n+2} \wedge (9_n \vee 9_{n+6})) \vee \\ (8_{n+6} \wedge 9_{n+3})$$

23. Alain DANÉLOU, *Northern Indian Music*, Halcyon Press (Barnet) Ltd, 5 Blenheim Road, Barnet, Hertfordshire, 1954, vol. II, p. 72.

Échelle heptatonique :

$$(8_n \wedge (9_n \vee 9_{n+3})) \vee (8_{n+2} \wedge (9_n \vee 9_{n+6})) \vee \\ (8_{n+4} \wedge (9_{n+4} \vee 9_{n+6})) \vee (8_{n+6} \wedge (9_{n+3} \vee 9_{n+6})) \\ \text{avec } n = 0, 1, 2 \dots 71 \text{ (modulo 8 ou 9).}$$

Ces deux échelles exprimées par un crible ayant pour base le comma de Didymos $c = 81/80$ ($81/80$ à la puissance $55,8 = 2$), donc octaviant de période 56, s'écriront :

Échelle pentatonique :

$$(7_n \wedge (8_n \vee 8_{n+6})) \vee (7_{n+2} \wedge (8_{n+4} \vee 8_{n+7})) \vee \\ (7_{n+5} \wedge 8_{n+1})$$

Échelle heptatonique :

$$(7_n \wedge (8_n \vee 8_{n+6})) \vee (7_{n+2} \wedge (8_{n+5} \vee 8_{n+7})) \vee \\ 7_{n+3} \wedge 8_{n+3} \vee (7_{n+4} \wedge (8_{n+4} \vee 8_{n+6})) \vee (7_{n+5} \wedge 8_{n+1}) \\ \text{pour } n = 0, 1, 2 \dots 55 \text{ (modulo 7 ou 8).}$$

On vient de montrer comment la théorie des cribles permet d'exprimer par des fonctions logiques (donc mécanisables) n'importe quelle échelle, et d'unifier ainsi l'étude des structures de rangs supérieurs à celui de l'ordre total. Elle peut rendre service dans des constructions toutes nouvelles. Imaginons à cet effet des cribles complexes non octavians²⁴. Prenons comme unité des cribles le quart de ton tempéré. Une octave contient vingt-quatre quarts. Il s'agit donc de construire un crible composé dont la période serait autre que 24 ou qu'un de ses multiples, donc une période non congrue à $k.24$ modulo 24, (pour $k = 0, 1, 2 \dots$). Exemple : soit une fonction logique quelconque du crible de modules 11 et 7 (de période $11 \times 7 = 77 \neq k.24$),

$$\overline{(11_n \vee 11_{n+1})} \wedge 7_{n+6}$$

24. Ceci répond peut-être au souhait d'Edgard Varèse résumé par sa *gamme en spirale* = cycle de quintes non octaviantes. Ce renseignement, hélas sommaire, m'a été fourni par Odile Vivier.

elle établit une répartition dissymétrique des degrés de l'échelle chromatique par quarts de ton. On peut même utiliser un crible composé qui rejetterait la période hors des limites de l'aire audible, exemple : toute fonction logique de modules 17 et 18, ($f[17, 18]$), car $17 \times 18 = 306 > 11 \times 24$.

Suprastructures.

On peut appuyer sur un crible composé une structure plus étroite ou simplement laisser le choix des éléments à une fonction stochastique. Nous obtiendrons une coloration statistique du total chromatique d'un niveau de complexité supérieur.

Par les « métaboles ». Nous savons qu'à toute combinaison cyclique des indices des cribles (transpositions), et qu'à tout changement du ou des modules du crible, nous obtenons une métabole (modulation). Voici, par exemple, un choix de transformations métaboliques : prenons les plus petits résidus qui soient premiers envers un nombre positif r , ils forment un groupe abélien (commutatif) si la loi de composition de ces résidus est définie par la multiplication avec réduction modulo r . Exemple numérique : Si $r = 18$, les résidus 1, 5, 7, 11, 13, 17 lui sont premiers, et leurs produits après réduction modulo 18 ne sortent pas de cet ensemble (fermeture). Ils forment un groupe fini commutatif dont voici un fragment :

$$\begin{aligned} 5 \times 7 &= 35; 35 - 18 = 17 \\ 11 \times 11 &= 121; 121 - (6 \times 18) = 13, \text{ etc.} \end{aligned}$$

Les modules 1, 7, 13 forment un sous-groupe cyclique d'ordre 3. Soit maintenant une expression logique,

$$\begin{aligned} L(5, 13) &= (\overline{13_{n+4} \vee 13_{n+5} \vee 13_{n+7} \vee 13_{n+9}}) \wedge \\ &\quad 5_{n+1} \vee (\overline{5_{n+2} \vee 5_{n+4}}) \wedge 13_{n+9} \vee 13_{n+6} \end{aligned}$$

des deux cribles à modules 5 et 13. On peut imaginer une transformation des modules par couples, à partir du groupe abélien défini précédemment. Ainsi, le diagramme cinématique sera (en-temps),

$$\begin{aligned} L(5,13) \Rightarrow L(11,17) \Rightarrow L(7,11) \Rightarrow L(5,1) \Rightarrow \\ L(5,5) \Rightarrow \dots \Rightarrow L(5,13) \end{aligned}$$

pour revenir à l'expression du départ (fermeture)²⁵.

Cette théorie des cribles peut être architecturée de beaucoup de manières, de façon à créer des classes incluses ou intersectées successivement, donc des paliers de complexités croissantes, c'est-à-dire des orientations vers des déterminismes accrus dans les choix, des tissus topologiques de voisinage.

Par la suite, cette véritable histologie musicale hors-temps pourra être « mise en œuvre » en-temps par des fonctions temporelles, en donnant par exemple des fonctions de changement, soit des indices, soit des modules, c'est-à-dire des emboîtements de fonctions logiques paramétrées par le temps.

La théorie des cribles est absolument générale et par conséquent applicable à d'autres caractères des sons qui seraient munis de la structure d'ordre total, tels que l'intensité, les durées, les densités, les degrés d'ordre, les vitesses, etc. Je l'ai déjà dit ailleurs, ainsi que dans l'axiomatique des cribles. Mais cette méthode peut également s'appliquer aux échelles visuelles et aux domaines des arts optiques du futur.

D'ailleurs nous assisterons, dans un futur immédiat, à l'exploration de cette théorie, à son utilisation partout à l'aide d'ordinateurs, car elle est mécanisable en entier. Puis, dans une deuxième étape, viendra l'étude des structures d'ordre partiel telles qu'on les trouve dans les

25. Ces dernières structures ont été utilisées dans *Akrata* 1964 pour seize vents et dans *Nomos* pour violoncelle seul (1965).

classements des timbres, par exemple, par la technique des treillis ou des graphes.

Conclusion.

Le dépassement actuel de la musique réside, je crois, dans ces recherches de la catégorie hors-temps atrophiée et dominée par la catégorie temporelle.

De plus, cette méthode est capable d'unifier l'expression des structures fondamentales de toutes les musiques asiatiques, africaines, européennes, etc. Elle a un avantage considérable : sa mécanisation, et par conséquent les tests et les modèles de toutes natures qu'elle pourra introduire dans les ordinateurs qui feront grandement avancer les sciences musicales.

En effet, nous assistons à une industrialisation de la musique. Elle est déjà amorcée, qu'on le veuille ou non. Elle noie déjà nos oreilles dans beaucoup de places publiques, magasins, radios, TV, avions, etc., dans le monde entier.

Elle permet une consommation de la musique à une échelle fantastique, jamais encore atteinte. Mais d'une musique la plus basse qui soit, faite d'un ramassis de clichés surannés des bas-fonds de l'intelligence musicale. Or, il ne s'agit pas de stopper cet envahissement qui, malgré tout, accroît la participation à la musique, même si elle est consommée passivement. Il s'agit de préparer une conversion qualitative de cette musique par une remise en question et une critique radicale mais constructive de nos manières de penser et faire la musique. De cette façon seulement, dont la présente étude veut être un modèle, le musicien arrivera à dominer et à transformer ce poison distillé dans nos oreilles, à condition qu'il s'y mette sans plus attendre. Mais encore faut-il envisager, de cette même façon, la conversion radicale de l'enseignement de la musique, dès les classes

primaires, dans le monde entier (avis aux Conseils nationaux de la musique). On enseigne bien les systèmes non décimaux dans quelques pays, et la logique des classes, pourquoi pas leur application à une nouvelle théorie de la musique dont ici on trouvera l'ébauche?

La Nef, n° 29, Paris, 1967.

VI

VERS UNE PHILOSOPHIE DE LA MUSIQUE

Nous allons tenter au pas de course :

1° un « dévoilement de la tradition historique » de la musique¹;

2° de construire une musique.

Le « raisonnement » sur les phénomènes et leur explication fut le plus grand pas accompli par l'homme dans la voie de sa libération et de sa croissance. C'est pourquoi les pionniers ioniens, Thalès, Anaximandre, Anaximène, doivent être considérés comme le point de départ de notre culture la plus vraie, celle de la « raison ». Quand je dis « raison », ce n'est pas au sens de l'enchaînement séquentiel de raisonnements, de syllogismes, de mécanismes logico-techniques, mais bien cette qualité extraordinaire de sentir une gêne, une curiosité, puis d'appliquer la question, l'ἔλεγχος. Il est pratiquement inconcevable de saisir ce saut qui a créé en Ionie la cosmologie à partir de rien, en dépit des religions et des mystiques puissantes, premières formes de « raisonnement ». Par exemple, l'orphisme qui a tellement influencé le pythagorisme comprenait que l'âme humaine est un dieu déchu, que seule l'*ek-stasis*, la sortie de soi, pouvait révéler sa vraie nature et que, grâce à des purifications (*καθαρμοί*) et à des sacrements (*ὄργια*), elle pouvait retrouver sa supériorité perdue et échapper à la *Roue de la naissance* (*τροχός γενέσεως bhavachakra*); c'est-à-dire à la fatalité des réincarnations animales et végétales. Je cite cette mystique car elle semble être une

1. Le sens donné ici à « dévoilement de la tradition historique » est comparable à celui de *L'Origine de la géométrie*, par Ed. HUSSERL (380).

forme de pensée très ancienne et très générale, puisqu'on la trouve à peu près à la même époque et indépendamment dans l'hindouisme des Indes².

Ce sur quoi il faut attirer l'attention, c'est que la voie ouverte par les Ioniens a finalement surclassé toutes les mystiques et toutes les religions, y compris le christianisme. Jamais l'esprit de cette philosophie n'a été aussi universel qu'aujourd'hui : U.S.A., Chine, U.R.S.S., Europe, les principaux protagonistes actuels le rééditent avec une homogénéité et une uniformité que j'oserais même qualifier d'inquiétantes.

Or, ayant été inaugurée, la question (ἔλεγχος) incarne une Roue de la naissance *sui generis* et les écoles diverses présocratiques fleurirent en conditionnant tout le développement ultérieur de la philosophie jusqu'à nos jours. Deux sont à mon avis les sommets de cette période : le pythagorisme des nombres et la dialectique de Parménide, tous deux expressions originales de la même préoccupation.

Le pythagorisme des nombres affirme que les choses sont des nombres ou que toutes les choses sont dotées de nombres, ou que les choses sont à la manière des nombres, suivant les phases d'adaptation qu'il a connues jusqu'au IV^e siècle avant J.-C. Cette thèse est issue, et ceci intéresse particulièrement le musicien, de l'étude des intervalles musicaux pour obtenir la catharsis orphique, car, d'après Aristoxène, les pythagoriciens employaient la musique pour purger l'âme comme ils employaient la médecine pour purger le corps. On retrouve cette méthode dans d'autres *orgia* comme celle des Korybantes confirmée par Platon dans les *Lois*. De toute manière, le pythagorisme a imprégné toute la

2. Cf. *Upanishads* et *Bhagavad Gîtâ*, références de Ananda K. COOMARASWAMY dans *Hindouisme et Bouddhisme*, Paris, Gallimard, p. 36.

pensée occidentale, grecque d'abord, puis européenne, à travers Byzance qui l'a aussi transmise aux Arabes.

Tous les théoriciens de la musique, depuis Aristoxène jusqu'à Hucbald, Zarlino et Rameau, ont repris les mêmes thèses teintées des expressions du moment. Mais, ce qui est le plus fantastique, c'est que toute l'activité intellectuelle, y compris les arts, est actuellement plongée dans le monde du nombre (je néglige les courants retardataires ou obscurantistes). Nous ne sommes pas loin du jour où la génétique, peut-être, grâce à la structure géométrique et combinatoire de l'A.D.N., pourra métamorphoser la Roue de la naissance à volonté, comme nous le désirons et comme le préconisait Pythagore. Ce n'est donc pas l'*ek-stasis* orphique ou hindoue ou taoïste qui a abouti à un des buts suprêmes de toujours de commander la qualité des réincarnations (re-naissances héréditaires *παλιγγενεσία*), mais bien cette force de la « théorie », de la question, qui est la fleur de l'action humaine et dont une des expressions les plus frappantes est le pythagorisme. Nous sommes tous des pythagoriciens³.

D'autre part, Parménide a eu le pouvoir d'aller au bout de la question du changement en le niant, à l'opposé d'Héraclite. Il découvrit le principe du tiers exclu et de la tautologie logiques et ce fut un tel éblouissement qu'il les utilisa comme un couteau pour découper dans le changement évanescant des sens la notion de l'*étant*, de ce qui est, un, immobile, remplissant l'univers, sans naissance et impérissable, et, le non-étant n'existant pas, limité et sphérique (ce que Melissos n'avait pas compris).

« ...Car il sera à jamais impossible que ce qui n'est pas dompte ce qui est; mais, toi, écarte ta pensée de

3. Bertrand RUSSEL, « Perhaps the oddest thing about modern science is its return to pythagoricism », in *The Nation*, 27-9-1924.

cette voie de recherche... Il ne reste donc plus à parler que d'une voie, *qu'il est*; sur celle-ci, il y a beaucoup de signes indiquant qu'il est inengendré et indestructible, car rien ne lui manque, et il est imperturbable et sans fin; il ne fut ni ne sera, puisque maintenant il est à la fois, tout, un, continu; car quelle naissance vas-tu chercher pour lui? Comment, d'où croîtrait-il? Je ne te laisserai ni dire ni penser que c'est à partir de ce qui n'est pas; car il est indicible et impensable qu'une chose ne soit pas. Et quel besoin l'aurait amené à naître plus tard ou plus tôt, s'il venait du rien? Ainsi il est nécessaire qu'il soit absolument ou pas du tout. » (Fragm. 7 et 8 du *Poème*)⁴.

Outre le style abrupt et dense de la pensée, la méthode de la question est absolue. Elle conduit à nier le monde sensible qui n'est fait que d'apparences contradictoires que les *bi-têtes* (les hommes) admettent sans sourciller, et à poser comme seule vérité la notion même de la réalité. Mais cette notion, consolidée à l'aide de règles logiques abstraites, n'a besoin d'aucune autre notion que de celle de son contraire, le non-être, le rien qui aussitôt est rendu impossible à formuler et à penser.

Cette concision et cette axiomatique qui dépassent les dieux et les cosmogonies à base d'éléments premiers⁵, ont frappé au plus haut point les contemporains de Parménide. On peut affirmer que c'est le premier matérialisme absolu et total. Les répercussions immédiates ont été, en gros, la continuité d'Anaxagoras et la discontinuité atomique de Leukippos. Puis, toute l'action intellectuelle a été profondément imprégnée par cette axiomatique

4. Traduction originale. J'ai tenu compte des traductions de John BURNET dans *Early Greek Philosophy*, New York, Meridian Books, 1962 et de Jean BEAUFRET dans *Le Poème de Parménide*, Paris, P.U.F., 1955.

5. Les éléments sont toujours actuels : (la terre, l'eau, l'air) = la matière, (le feu) = l'énergie, et l'équivalence en avait été pressentie déjà par Héraclite.

sévère jusqu'à nos jours. Le principe, en physique, de la conservation de l'énergie n'est-il pas frappant? L'énergie est ce qui remplit l'univers sous forme électromagnétique, cinétique ou matérielle en vertu de l'équivalence matière-énergie. Elle est devenue *ce qui est* par excellence. La conservation implique qu'elle ne varie pas d'un seul photon dans tout l'univers et qu'il en est ainsi depuis toujours pour l'éternité. D'autre part, en logique même, la vérité logique est tautologique : tout ce qui est affirmé est une vérité à laquelle nulle alternative n'est concevable (Wittgenstein). La connaissance moderne accepte le vide, mais est-ce vraiment un non-étant? Ou simplement la dénomination d'une complémentarité non clarifiée?

La pensée scientifique est devenue, après les échecs du XIX^e siècle, plutôt sceptique et pragmatique. C'est cela même qui lui a permis de s'adapter et de s'amplifier à l'extrême. « Tout se passe comme si... » implique ce doute qui est positif et optimiste. On fait une confiance provisoire aux théories nouvelles et on les abandonne sans façon pour de plus efficaces pourvu que *le faire* ait une explication convenable qui cadre avec le tout. En fait, cette attitude représente une position de recul, un genre de fatalisme. C'est pourquoi le pythagorisme actuel est relatif (tout comme l'axiomatique parméni-dienne), dans tous les domaines, y compris les arts.

Les arts ont eu, à travers les siècles, des conversions parallèles aux deux créations essentielles de la pensée humaine : le principe hiérarchique et celui des nombres. En fait c'est ce qui a dominé la musique, notamment depuis la Renaissance, jusqu'aux procédés actuels de composition. Lorsqu'à l'école on souligne l'unité et on recommande celle des thèmes, de leurs développements, lorsque le système sériel impose une hiérarchie autre avec son autre unité tautologique incarnée par la série et par le principe de variation perpétuelle mais à l'intérieur de cette tautologie, etc., bref tous ces principes axioma-

tiques qui jalonnent notre vie cadrent parfaitement avec la question de l'étant inaugurée il y a vingt-cinq siècles par Parménide.

Il n'est pas dans mon intention de montrer que tout a été découvert déjà et que nous ne sommes que des plagiaires. Ce serait un non-sens évident. Il n'y a jamais de répétition mais une sorte d'identité tautologique à travers les vicissitudes de l'étant qui aurait enfourché la Roue de la naissance. C'est comme si nous avions des zones moins muables que d'autres et comme si le monde contenait lui aussi des régions qui ne changeraient que très lentement.

Implicitement, le *Poème* de Parménide admet que la nécessité, le besoin, la causalité, la justice se confondent avec la logique et, puisque l'étant naît de cette logique, le hasard pur est aussi impossible que le non-étant. Ceci est très clair, notamment dans la phrase : « Et quel besoin l'aurait amené à naître plus tard ou plus tôt, s'il venait du rien ? » Cette implication a dominé la pensée pendant des millénaires. Ici nous abordons un autre aspect, peut-être le plus important de la dialectique sur le plan pratique de l'action, c'est le déterminisme. En effet, si la logique implique l'absence de hasard, alors on peut tout connaître et même tout faire par la logique. Le problème du choix, de la décision, de l'avenir, est résolu.

Or nous savons que si un grain de hasard pénètre dans une construction déterministe, tout est par terre. C'est pourquoi toujours et partout les religions et les philosophies ont refoulé le hasard aux frontières de l'univers. Et ce qu'elles utilisaient de hasard dans les pratiques de divination n'était absolument pas considéré comme tel mais comme un réseau mystérieux de signes, envoyés par des divinités souvent contradictoires mais sachant bien ce qu'elles voulaient, et qui pouvaient être lus par des devins élus. Ainsi le système chinois du

I-Ching, les œonoscopies de toutes natures, jusque y compris la bonne aventure de notre marc de café. Cette incapacité d'admettre le hasard pur a suivi même la théorie mathématique moderne des probabilités, qui a réussi à le consigner dans des lois logiques déterministes, de sorte que *hasard pur* et *déterminisme pur* ne sont que deux faces d'une entité, comme je le montrerai bientôt par un exemple. A ma connaissance, il n'y a qu'un seul « dévoilement » du hasard pur dans toute l'histoire de la pensée et il a été osé par Épicure. Épicure luttait contre les réseaux déterministes des atomiciens, platoniciens, aristotéliens et stoïciens qui finalement aboutissaient à la négation du libre arbitre, l'homme étant soumis à la fatalité de la nature. Car si tout est logiquement ordonné dans l'univers ainsi que dans notre corps, qui en est un produit, alors notre volonté est soumise à cette logique et notre liberté est nulle. Les stoïciens, par exemple, admettaient que toute action, aussi infime fût-elle, dans une région terrestre avait une répercussion sur l'étoile la plus lointaine de l'univers, tellement le réseau des connexions, dirions-nous aujourd'hui, est dense, sensible et sans perte d'information.

Cette période est à tort méprisée, car c'est elle qui a discuté de toutes sortes de sophismes, en inaugurant avec les mégariens le calcul logique et en créant avec les stoïciens la logique dite modale différente de celle des classes (d'Aristote). D'ailleurs le stoïcisme, par ses thèses morales, son ampleur et son étendue, est sans doute à la base de la formation du christianisme, auquel il a cédé la place grâce à la substitution du châtiment en la personne du Christ et grâce au mythe de la récompense éternelle du Jugement dernier, consolations royales pour les mortels.

Pour donner une assise axiomatique et cosmogonique à la thèse du libre arbitre de l'homme, Épicure partit de l'hypothèse atomique et admit que « dans la chute

en ligne droite qui emporte les atomes à travers le vide,... ceux-ci, à un moment indéterminé, s'écartent tant soit peu de la verticale... mais à peine et le moins possible, que nous n'ayons pas l'air d'imaginer des mouvements obliques »⁶. C'est la théorie de l'*ekklisis* (*clinamen*) exposée par Lucrèce. Voilà l'introduction d'un principe « insensé » dans le bel édifice déterministe atomique. Épicure donc basait la structure de l'univers sur à la fois le déterminisme (la chute inexorable et parallèle des atomes) et l'indéterminisme (l'*ekklisis*). Il est frappant de lui comparer la théorie cinétique des gaz proposée pour la première fois par Daniel Bernoulli et qui se fonde sur la nature corpusculaire de la matière et sur à la fois le déterminisme et l'indéterminisme. En dehors d'Épicure, nul n'avait jamais pensé utiliser le hasard comme un principe ou une manière d'être.

Il a fallu attendre 1654 pour qu'une doctrine soit formée sur l'utilisation et la compréhension du hasard et c'est Pascal et surtout Fermat qui l'ont posée en étudiant les « jeux de hasard », dés, cartes, etc. Fermat a posé les deux premières règles de composition des probabilités avec la multiplication et l'addition et, en 1713, fut publié l'ouvrage fondamental de Jacques Bernoulli, *Ars Conjectandi*⁷, dans lequel il expose une loi universelle, celle des grands nombres. La voici, énoncée par E. Borel : « Étant donné p la probabilité de l'alternance favorable et q la probabilité de l'alternance contraire et un nombre positif ϵ aussi petit que l'on veut, la probabilité pour que la différence entre le rapport observé du nombre des événements favorables et le nombre des événements contraires, d'une part, et le

6. LUCRÈCE, *De la nature*, livre II, vers 217-224, traduction A. Ernout, Paris, 1924.

7. Dans cet ouvrage, il utilise pour la première fois le terme stochastique qui aujourd'hui est synonyme de probabilité, d'aléatoire, de chance, de hasard.

rapport théorique p/q , d'autre part, soit supérieure en valeur absolue à ϵ tend vers zéro lorsque le nombre n des épreuves augmente indéfiniment. »⁸ Soit l'exemple du jeu de pile ou face. Si la monnaie est parfaitement symétrique, c'est-à-dire absolument pas faussée, alors on sait que la probabilité p de pile (alternative favorable) et la probabilité q de face (alternative contraire) sont égales à $1/2$ et le rapport p/q à 1. Si on lance la monnaie n fois, on peut obtenir P fois pile et Q fois face, dont le rapport P/Q est en général différent de 1. La loi des grands nombres dit que plus on jouera, c'est-à-dire que plus le nombre n des parties sera grand, plus le rapport P/Q sera voisin de 1.

Ainsi Épicure, qui admit la nécessité d'une naissance à un moment indéterminé, en pleine contradiction avec toute la pensée même moderne, reste un cas isolé, car l'aléatoire, la stochastique actuelle est le résultat d'une ignorance acceptée, comme l'a parfaitement défini Henri Poincaré. Et si le calcul des probabilités admet l'incertitude du pile ou du face à chacun des lancements, il encadre cette incertitude de deux manières, l'une hypothétique : c'est l'ignorance de la trajectoire qui produit l'incertitude; l'autre déterministe : la loi des grands nombres, qui lève l'incertitude à l'aide du temps (ou de l'espace). Mais, en examinant de plus près l'exemple du pile ou face, nous verrons comment la symétrie est étroitement liée à l'imprévisibilité. Si la pièce est parfaitement symétrique, c'est-à-dire constituée d'une manière parfaitement homogène et uniformément répandue dans sa masse, alors l'incertitude⁹ à chaque jet sera

8. E. BOREL, *Éléments de la théorie des probabilités*, Paris, Albin Michel, 1950, p. 82.

9. L'incertitude, même mesurée à l'aide de l'entropie de la théorie de l'information, donne un maximum lorsque les probabilités p et $1 - p$ sont égales.

maximum et la probabilité pour chaque face sera de $1/2$. Si maintenant nous falsifions la pièce en répartissant dissymétriquement la matière ou, tout simplement, en remplaçant par exemple un peu de l'aluminium par du platine qui a un poids spécifique huit fois plus lourd, alors la pièce aura tendance à se poser la face la plus lourde contre terre, ce qui diminuera l'incertitude, et les probabilités des deux faces seront inégales. Si la substitution des matières est poussée à la limite, par exemple si l'aluminium est remplacé par une feuille de papier et si l'autre face est entièrement en platine, alors l'incertitude tendra vers zéro, c'est-à-dire vers la certitude d'avoir toujours la même face légère sur le dessus. Voici donc montrée la liaison inverse de l'incertitude et de la symétrie. Cette remarque a l'air d'être une tautologie mais elle ne l'est pas plus que la définition mathématique de la probabilité : La *probabilité* est le rapport du nombre de cas favorables au nombre des cas possibles lorsque tous les cas sont regardés comme également *probables*. Aujourd'hui, la définition axiomatique de la probabilité ne lève pas cette difficulté, elle la contourne.

Ainsi donc nous voici, à ce point de l'exposé, plongés toujours dans les lignes de forces inaugurées il y a vingt-cinq siècles et qui continuent de régir le fondement de l'activité humaine avec la plus grande efficacité, semble-t-il. Voilà donc d'où viennent ces problèmes que nous nous mettons à agiter dans l'obscurité de notre ignorance. Déterminisme ou aléa¹⁰, unité de style ou éclectisme, calcul ou pas, intuition ou constructivisme, apriorisme ou pas, une métaphysique par la musique ou simplement la musique moyen de divertissement, etc. Or voici les questions que nous devrions nous poser :

1° Quelle conséquence doit avoir pour la composition

10. Cf. *Gravesaner Blätter*, nos 1, 6, 11/12, articles de Y. XENAKIS. Édit. Hermann Scherchen, Gravesano, Tessin, Suisse. Ici p. 9.

musicale la prise en conscience du champ pythagoparménidien?

2° Par quelles voies?

Réponses :

1° La réflexion sur *ce qui est* nous conduit directement à la reconstruction, autant que possible *ex nihilo*, des données de base de la composition musicale et surtout au rejet de toute donnée qui n'ait pas subi la question (ἔλεγχος, δίζησις).

2° Cette reconstruction sera inspirée de méthodes axiomatiques modernes.

Nous pouvons, à partir de certaines prémices, être capables de construire un édifice musical le plus général, c'est-à-dire tel que les expressions de Bach, de Beethoven ou de Schönberg, etc., soient des cas réalisés, particuliers, d'une gigantesque virtualité, rendue possible par le déblayage et la reconstruction axiomatiques annoncés.

Il est nécessaire, comme je l'ai déjà proposé dans d'autres écrits¹¹, de scinder les constructions musicales en deux parties :

a) Ce qui appartient au temps, ce qui est une application d'êtres ou de structures à la *structure d'ordre* du temps;

b) Ce qui est indépendant du devenir temporel. Donc, deux catégories : en-temps et hors-temps. Dans la catégorie hors-temps sont incluses les durées et les constructions (relations et opérations) qui ont trait aux éléments (points, distances, fonctions, etc.) qui appartiennent à et qui peuvent s'exprimer sur l'axe du temps. Le temporel étant donc réservé à la création instantanée.

Dans *La Nef*, numéro 29, j'ai fait un survol de la structure de la musique monophonique avec sa riche combinatoire hors-temps, à la lumière des textes mêmes

11. Cf. *Musiques formelles*, chap. V et « Vers une métamusique », *La Nef*, n° 29, ici p. 38.

d'Aristoxène de Tarente et des manuels de la musique byzantine actuelle. Cette structure illustre d'une manière frappante ce que j'entends par catégorie hors-temps.

La polyphonie a refoulé dans le subconscient des musiciens de l'Occident européen cette catégorie mais ne l'a pas complètement annulée; ceci aurait été d'ailleurs impossible. Après Monteverdi et durant trois siècles environ ce sont surtout les architectures en-temps exprimées par les fonctions tonales (modales) qui dominent partout en Europe du centre et occidentale. Pourtant la renaissance des préoccupations hors-temps se produit en France avec Debussy et son invention de la gamme par tons. C'est un triple contact avec les traditions plus conservatrices des Orientaux qui en est la cause : le plain-chant même aplani mais redécouvert par les abbés de Solesmes, une des traditions byzantines à travers Moussorgski, et l'Extrême-Orient.

Cette renaissance se perpétue magnifiquement à travers Messiaen et ses « modes à transpositions limitées » ou ses « rythmes non rétrogradables », mais elle n'arrive pas à s'imposer comme une nécessité générale et à déborder le cadre des échelles. D'ailleurs lui-même abandonne ce filon, cédant sous la pression de la musique sérielle.

Pour remettre les choses dans leur juste perspective historique, il est nécessaire de disposer d'autres outils plus puissants tels que les mathématiques et la logique et d'aller au fond des choses, des structures de la pensée musicale et de la composition. C'est ce que j'ai essayé de faire dans les deux textes sus-mentionnés et ce que je vais développer à travers l'analyse de *Nomos alpha*.

Je veux pourtant mettre ici l'accent sur le fait que c'est en France avec Debussy et Messiaen¹² que la caté-

12. J'ai fait une interprétation nouvelle des modes à transposition limitée de Messiaen dont l'essentiel peut être résumé dans ce qui suit.

gorie hors-temps est réintroduite en musique, face à l'évolution générale qui aboutit à son atrophie au bénéfice des structures en-temps¹³. En effet, l'atonalité supprime les gammes et accepte la neutralité hors-temps de la gamme par demi-tons¹⁴. (D'ailleurs cette situation n'a pratiquement pas changé depuis cinquante ans.) Pour suppléer à cet appauvrissement, elle introduit avec Schönberg l'ordonnance en-temps. Plus tard, avec l'introduction que je me suis permis des processus stochastiques, l'hypertrophie de la catégorie en-temps devient accablante et aboutit à un cul-de-sac. C'est dans ce cul-de-sac que s'agitent encore aujourd'hui les musiques dites abusivement « aléatoires » ou bien les improvisées, les graphiques, etc.

Les questions du choix dans la catégorie hors-temps sont négligées comme si les musiciens n'entendaient pas et surtout ne pensaient pas. En fait, ils plantent inconscients, entraînés par les agitations des modes musicales de surface qu'ils subissent étourdissement. En profondeur pourtant, il y a les architectures hors-temps et c'est le privilège de l'homme de les porter mais aussi de les construire et de les dépasser.

De les porter? Oui, et ce sont des évidences premières de cet ordre qui nous permettront de nous inscrire dans le champ pythago-parménéidien et de fonder la plate-forme d'où nous pourrions jeter les ponts de la compréhension et de l'intelligence dans le passé (nous en sommes les produits depuis des millions d'années), dans l'avenir (nous en sommes les produits également), dans les autres civilisations sonores dont nous entre-

13. A. de Bertha, vers 1870, créait ses gammes *homotones première et seconde* par tons et demi-tons alternés pouvant se noter avec notre écriture ($3_n \vee 3_{n+2}$, $3_n \vee 3_{n+1}$).

14. Déjà en 1895, Loquin, professeur au Conservatoire de Bordeaux, préconisait l'égalité des douze sons de l'octave.

tiennent si mal les musicologies actuelles, faute de l'outillage original que nous leur proposons, à elles aussi, très gracieusement!

Je vais proposer deux axiomatiques qui nous ouvriront des portes nouvelles, comme nous allons le voir dans l'analyse de *Nomos alpha*.

Pour cela je partirai d'une position naïve de la perception des sons, naïve aussi bien ici, en Europe, qu'en Afrique, ou en Amérique. Les habitants de tous ces pays ont appris depuis des dizaines ou des centaines de milliers d'années à distinguer dans les sons (ni trop longs ni trop brefs) des caractéristiques connues sous les noms de hauteur, instants, intensité, rugosité, vitesse de changement, couleur, timbre... Ils sont même capables de parler en termes d'intervalles rapportés aux trois premières caractéristiques.

Première axiomatique. Elle nous conduit à la construction de toutes les échelles possibles.

Nous parlerons de la hauteur car elle est plus familière, mais les raisonnements suivants se rapporteront à toutes les caractéristiques qui sont de même nature (instants, intensité, rugosité, densité, degré de désordre, vitesse de changement...).

Je pars de la possibilité évidente qu'ont les hommes de reconnaître (entre certaines limites) si deux modifications (déplacements) de hauteurs sont identiques. (Par exemple, aller de do à ré, c'est la même chose qu'aller de fa à sol). J'appellerai cette modification déplacement élémentaire DEL. (Il peut être d'un comma, d'un demi-ton, d'une octave, etc.) A partir de cette convention universelle, je suis l'axiomatique que Peano a faite à propos des nombres et que j'ai exposée dans *Musiques formelles* et dans *La Nef*. Elle nous permet de définir toute *gamme-chromatique-à-tempérament-égal* (= un crible GCHATE). En modifiant le pas du dépla-

cement DEL, nous engendrons avec la même axiomatique un nouveau crible GCHATE. Avec ce matériel et avec Peano, nous ne pouvons pas avancer. C'est ici que j'introduis les trois opérations logiques (logique d'Aristote revue par Boole), la conjonction (et, intersection, notée \wedge), la disjonction (ou, réunion, notée \vee), la négation (non, complément, notée \neg) et avec leur aide je compose entre elles les classes de hauteurs (c'est-à-dire les divers cribles GCHATE).

Voici l'expression logique avec les conventions indiquées dans *La Nef*, numéro 29 :

— la gamme majeure (DEL = 1/4 ton) :

$$(8_n \wedge \overline{3_{n+1}}) \vee (8_{n+2} \wedge 3_{n+2}) \vee (8_{n+4} \wedge 3_{n+1}) \vee (8_{n+6} \wedge \overline{3_n})$$

avec $n = 0, 1, 2, \dots, 23$; modulo 3 ou 8.

(Il est possible de modifier le pas DEL par une *métabole rationnelle*. Ainsi la fonction logique de la gamme majeure avec un DEL = 1/4 de ton pourra être basée sur un DEL = 1/3 de ton, etc. Ces deux cribles pourront à leur tour être combinés avec les trois opérations logiques pour fournir des échelles plus complexes. Enfin, des *métaboles irrationnelles* du DEL peuvent être introduites qui ne pourront être appliquées que dans les musiques non instrumentales. Donc les DEL peuvent être pris dans le corps des réels.)

— les gammes à transpositions limitées N° 4 et N° 7 d'Olivier Messiaen¹⁵ (DEL = 1/2 ton)

$$\overline{3_n} \wedge (4_{n+1} \vee 4_{n+3}) \vee \overline{3_{n+1}} \wedge (4_n \vee 4_{n+2})$$

$$4_{n+1} \vee 4_{n+3} \vee 3_{n+1} \wedge (4_n \vee 4_{n+2})$$

avec $n = 0, 1, \dots$; modulo 3 ou 4.

15. Cf. *Technique de mon langage musical*, d'Olivier MESSIAEN, Paris, Durand.

Deuxième axiomatique. Elle nous conduit aux espaces vectoriels et aux représentations graphiques et numériques¹⁶.

Deux intervalles *a* et *b* peuvent se composer par une opération musicale et produire un nouvel intervalle *c*. Cette opération s'appelle addition. Un intervalle est soit ascendant soit descendant, et à chacun on peut en ajouter un deuxième, tel que le résultat soit un unisson, c'est l'intervalle symétrique du premier. L'unisson est un intervalle qui, ajouté à n'importe quel autre intervalle, ne le modifie pas, c'est donc un intervalle neutre. D'autre part, on peut composer les intervalles par associations sans que le résultat change. Enfin, on peut dans une composition d'intervalles intervertir les ordres des intervalles sans que le résultat soit changé. Nous venons de montrer que l'expérience naïve des musiciens depuis l'antiquité (cf. Aristoxène) et partout sur terre attribue aux intervalles une structure de groupe commutatif.

A présent nous pouvons composer ce groupe avec une structure de corps. Deux corps au moins sont possibles,

16. « ...de sorte que les sons plus aigus qu'il ne faut, lorsqu'on les relâche avec diminution de mouvement, se trouvent comme il faut; et qu'inversement les sons trop graves, lorsqu'on les tend avec l'adjonction de mouvement, se trouvent comme il faut. C'est pourquoi il faut dire que les sons sont composés de quantités distinctes, puisque c'est par une adjonction et une diminution qu'ils se trouvent comme il faut. Toutes choses composées de quantités distinctes sont dites en rapport numérique entre elles, de sorte que les sons doivent aussi être nécessairement dits en rapport numérique entre eux; parmi les nombres, les uns sont dits en rapport multiple et les autres en rapport *épimorios* (= un plus (un sur *x*)), et les autres en rapport *épimeris* (= un entier plus une fraction ayant un numérateur autre que l'unité) de telle sorte que les sons aussi doivent nécessairement être définis entre eux selon ces rapports... » EUCLIDE, *Katatomè Kanonos* (12 à 24), dans *Phaenomena et Scripta Musica* par Henricus MENGE, édit. B. G. Teubner, 1916. Leipzig.

Ce texte remarquable tente déjà d'établir axiomatiquement la correspondance entre les sons et les nombres, c'est pourquoi je le livre dans le contexte de ce chapitre.

l'ensemble des nombres réels, R , et l'ensemble isomorphe des points d'une ligne droite. Il est en outre possible de combiner le groupe abélien des intervalles avec le corps C des nombres complexes ou avec un corps caractéristique P . La combinaison du groupe des intervalles avec un corps forme un espace vectoriel par définition de la manière suivante : comme je viens de le dire, le groupe G des intervalles possède une loi de composition interne, l'addition. Soit a, b , deux éléments du groupe. Alors on a :

- 1) $a + b = c, c \in G$;
- 2) $a + b + c = (a + b) + c = a + (b + c)$ associativité;
- 3) $a + o = o + a$ avec $o \in G$ l'élément neutre (l'unisson);
- 4) $a + a' = o$ avec $a' = -a =$ le symétrique de a ;
- 5) $a + b = b + a$ commutativité.

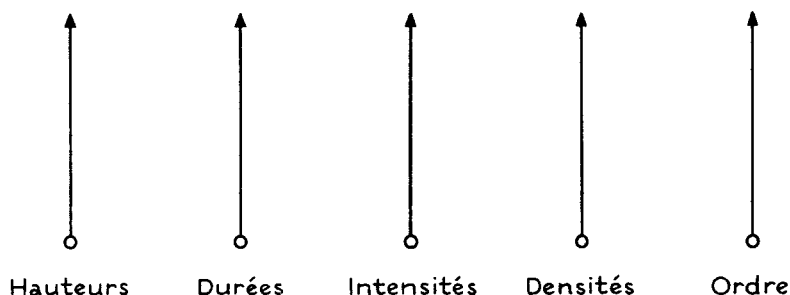
On notera la composition externe des éléments de G avec ceux du corps C par un point. Si $\lambda, \mu, \in C$ (= par exemple le corps des nombres réels) alors on aura les propriétés suivantes :

- 6) $\lambda \cdot a, \mu \cdot a \in G$;
- 7) $1 \cdot a = a \cdot 1 = a$ (1 est l'élément neutre de C pour la multiplication);
- 8) $\lambda \cdot (\mu a) = (\lambda \cdot \mu) \cdot a$ associativité des λ, μ ;
- 9) $(\lambda + \mu) \cdot a = \lambda \cdot a + \mu \cdot a$
 $\lambda \cdot (a + b) = \lambda \cdot a + \lambda \cdot b$ } distributivité.

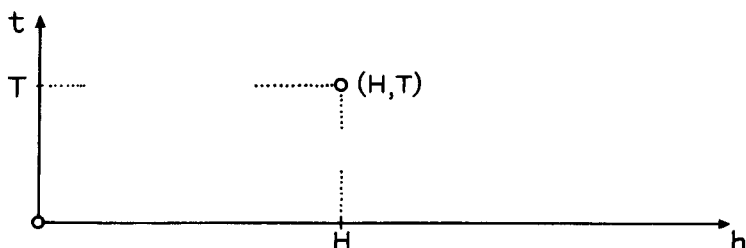
La structure d'espaces vectoriels des intervalles de certaines des caractéristiques des sons nous permet de traiter mathématiquement leurs éléments et de nous exprimer, soit par l'ensemble des nombres, ce qui est indispensable pour le dialogue avec les ordinateurs, soit par l'ensemble des points d'une ligne droite, l'expression graphique étant souvent très commode.

Les deux axiomatiques précédentes peuvent être appliquées aux caractéristiques des sons possédant la même structure.

Par exemple, pour l'instant cela n'aurait pas de sens de parler d'une échelle de timbres et qui soit acceptée universellement comme le sont les échelles des hauteurs, des durées et des intensités. Par contre, les temps, les intensités, la densité (nombre d'événements par unité de temps), la quantité d'ordre ou de désordre (mesurée par l'entropie), etc., peuvent être mis en correspondance biunivoque avec l'ensemble des nombres réels R et l'ensemble des points d'une droite.



Par ailleurs le phénomène sonore est une mise en correspondance des caractéristiques des sons, par conséquent de ces axes. La plus simple est celle de Descartes. Exemple pour deux axes :

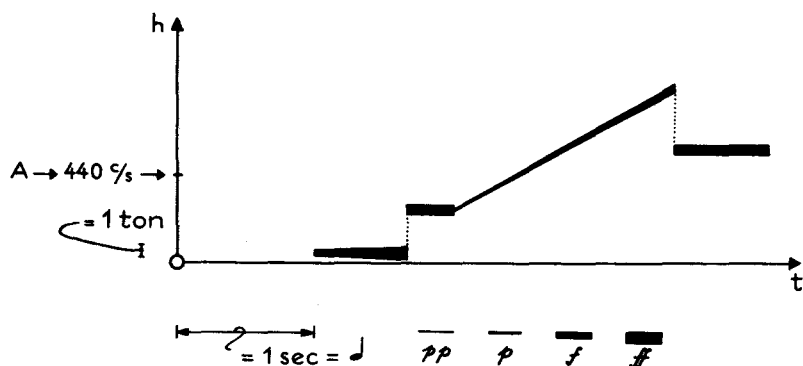


Le point unique obtenu à l'intersection des parallèles menées par H et T aux droites h et t respectivement correspond au son qui aura par exemple une hauteur H à l'instant T.

Ici je dois insister sur des faits qui troublent beaucoup de personnes ou qui sont pris par d'aucuns pour des lanternes. Nous connaissons la notation traditionnelle mise au point par des millénaires d'efforts, qui remontent à l'antiquité grecque. Nous venons de représenter les sons par deux autres moyens nouveaux :

- a) algébriquement par une collection de nombres;
- b) géométriquement (ou graphiquement par des dessins).

Or ce ne sont que trois codes et rien de plus, il n'y a pas à s'effrayer devant une belle page de chiffres pas plus que devant une partition chargée, ou bien à s'émerveiller d'une façon totémique devant un dessin bien léché. Chaque code a ses avantages et ses inconvénients, et le code de l'écriture musicale classique est très précis et fin, et est une synthèse des deux autres. Il est absurde de vouloir donner à déchiffrer un graphique à un instrumentiste qui ne connaît que ses notes (je néglige ici certaines formes de régression pseudomystiques et mystificatrices) autant que de vouloir faire livrer directement par une machine à calculer des partitions en notation traditionnelle (à moins de lui adjoindre un codeur spécial qui traduirait les résultats binaires en notation musicale). Mais théoriquement toute musique peut être transcrite en ces trois codes à la fois. Voici un exemple de correspondance :



N	T	H	V	D	I
1	1,00	1	0	0,66	3
2	1,66	6	0	0,33	5
3	2,00	6	+ 17,5	0,80	6
4	2,80	13	0	?	5

N : numéro d'ordre de la note;

H : hauteur en demi-tons avec + 10 \triangle La \triangle A \triangle 440 c/s;

V : pente du *glissando* (s'il existe) en demi-tons par seconde, positif si ascendant, négatif si descendant;

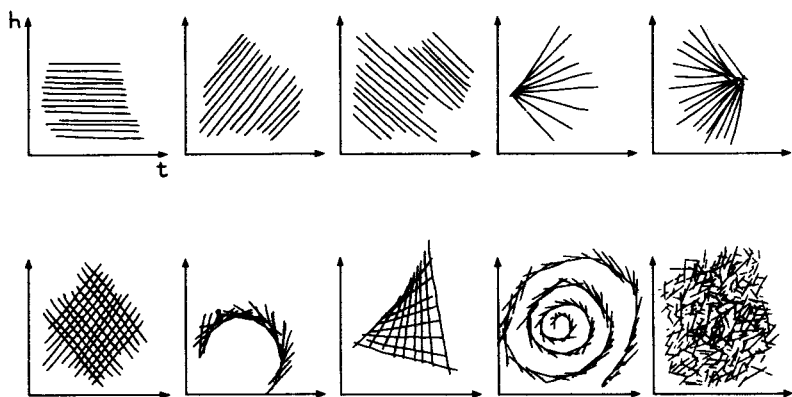
D : durée de la note en secondes;

I : numéro correspondant à une liste de formes d'intensités.

Il ne faut jamais perdre de vue que ces trois codes ne sont que des symboles visuels d'un fait auditif, lui-même considéré comme symbole.

Arrivés à ce point de l'exposé, le dévoilement historique étant réalisé en partie et la reconstruction axiomatique également, il serait inutile de continuer. Pourtant, avant de terminer, je voudrais donner un exemple de l'avantage du graphique dans l'étude des cas de grandes

complexités. Supposons des structures construites à l'aide de droites, c'est-à-dire à l'aide de *glissandi* de cordes par exemple¹⁷. On peut se poser la question de savoir si on peut distinguer des structures élémentaires. Voici une liste de tels champs élémentaires réglés :



En effet, ils peuvent constituer des éléments entrant dans des configurations plus vastes. Bien mieux, d'un élément à un autre, des paliers intermédiaires continus ou discontinus seraient intéressants à définir et à utiliser séquentiellement, notamment dans le passage du premier élément au dernier d'une façon plus ou moins violente. Si l'on observe bien ces champs sonores, on peut de plus y distinguer des caractères généraux qui, en variant, peuvent se combiner avec ces formes générales de base. En voici une liste :

- 1° registres (médium, aigu, etc.);
- 2° densité d'ensemble (grand orchestre, petit, etc.);
- 3° intensité d'ensemble;

17. Cf. mon analyse de *Metastasis* dans *Modulor 2* par Le Corbusier. A. A., 1955.

4° variation du timbre (*arco, sul ponticello, tremolo, etc.*);

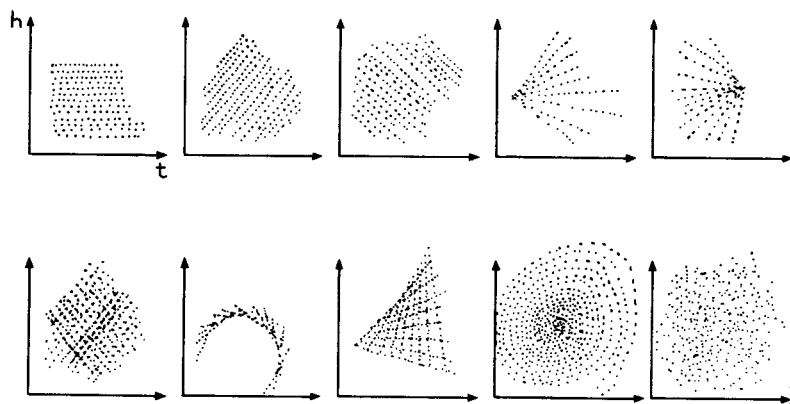
5° fluctuations (variations locales des formes ci-dessus 1, 2, 3, 4);

6° cheminement général de la forme (transformation en d'autres formes élémentaires);

7° degré d'ordre.

En ce qui concerne le 7°, le désordre total ne pourra avoir de sens que s'il est calculé suivant la théorie cinétique des gaz. Aucune autre représentation n'est plus commode pour l'étude que la représentation graphique.

Supposons à l'inverse, maintenant, des structures construites à l'aide de la discontinuité, à l'aide de sons ponctuels, par exemple, à l'aide de *pizzicati* de cordes. Nous pouvons décalquer sur ce qui vient d'être dit à propos de la continuité.



Les sept points précédents seront identiques, tellement l'abstraction est généreuse. De plus un mélange du discontinu et du continu peut nous donner une nouvelle dimension.

Cas général.

Organisation hors-temps

Soit un ensemble U et une comparaison de U par U (un produit $U \times U$) nommée $\psi(U, f)$, donc $\psi(U, f) \subseteq U \times U$ et pour tout couple $(u_f, u) \in U \times U$ ou bien $(u, u_f) \in \psi(U, f)$ ou bien $(u, u_f) \notin \psi(U, f)$. De plus $u \sim u_f \Rightarrow u_f \sim u$, $u \sim u_f$ et $u_f \sim u' \Rightarrow u \sim u'$ pour $u, u', u_f \in \psi(U, f)$, on admet aussi que la comparaison est réflexive.

Donc $\psi(U, f)$ est une classe d'équivalence. En particulier si U est isomorphe à l'ensemble des nombres relatifs \mathbb{Z} , alors $u \sim u_f$ si $|u - u_f| \leq \Delta u_f$ pour Δu_f arbitraire. ($\psi(U, f)$ est l'ensemble des valeurs de U par exemple faibles).

De même pour une deuxième comparaison $\psi(U, m)$, (« valeurs moyennes »), et pour une troisième $\psi(U, p)$, (« valeurs puissantes »). Nous avons :

$\psi = \psi(U, f) \cup \psi(U, m) \cup \psi(U, p) \subseteq U \times U$ où ψ est l'ensemble quotient de U par ψ . Les sous-ensembles de ψ peuvent être disjoints ou conjoints et créer ou pas une partition de $U \times U$.

— Ici $\psi(U, f) \prec \psi(U, m) \prec \psi(U, p)$ sont ordonnés par la relation \prec de façon que les éléments de $\psi(U, f)$ soient plus petits que ceux de $\psi(U, m)$ et ceux de $\psi(U, m)$ plus petits que ceux de $\psi(U, p)$.

Donc $\psi(U, f) \cap \psi(U, m) = \emptyset$, $\psi(U, m) \cap \psi(U, p) = \emptyset$.

— Dans chacun de ces sous-ensembles je définis quatre nouvelles relations d'équivalence, donc quatre sous-classes :

$\psi^i(U, f), u_f^i \sim (u_f^i)'$ si $|u_f^i - (u_f^i)'| \leq \Delta u_f^i$ et $u_f^i, (u_f^i)' \in \psi(U, f)$ pour $i = 1, 2, 3, 4$ avec $\psi^i(U, f) \subseteq \psi(U, f)$

et $\psi^1(U, f) \prec \psi^2(U, f) \prec \psi^3(U, f) \prec \psi^4(U, f)$ ordonnés par la même relation \prec .

— De même pour $\psi(U, m)$ et $\psi(U, p)$.

— Pour simplifier, j'écris $u_i^f = \left\{ u : u \in \psi^i(U, f) \right\}$, de même pour u_j^m et u_k^p .

— De la même façon, je crée des sous-classes d'équivalence dans deux autres ensembles G et D .

— J'admets que U représente l'ensemble des valeurs de temps, G l'ensemble des valeurs d'intensité, D l'ensemble des valeurs de densité avec :

$$U = \left\{ u_i^f, u_j^m, u_k^p \right\}$$

$$G = \left\{ g_i^f, g_j^m, g_k^p \right\}$$

$$D = \left\{ d_i^f, d_j^m, d_k^p \right\} \quad \text{pour } i, j, k = 1, 2, 3, 4.$$

— Je prends une partie du triple produit $U \times G \times D$

composé de points $(u_n^\tau, g_i^\sigma, d_j^\sigma)$. Soit les *voies* $V1 : \left\{ u_i^p, g_i^m, d_i^f \right\}$, $V2 : \left\{ u_i^f, g_i^p, d_i^m \right\}, \dots$ $VS : \left\{ (u_1^p, u_2^f, u_3^m, u_4^p), (g_1^f, g_2^m, g_3^f, g_4^p), (d_1^m, d_2^f, d_3^p, d_4^m) \right\}$ pour $i = 1, 2, 3, 4$.

VS serait un sous-ensemble du triple produit $U \times G \times D$ éclaté en $4^3 = 64$ points distincts.

— Dans chacun de ces sous-ensembles je choisis un nouveau sous-ensemble K_j^λ défini par n points K_j^λ ($j = 1, 2, \dots, n$ et $\lambda = V1, V2, \dots, VS$).

— Ces n points sont considérés comme les n sommets d'un polyèdre régulier.

— Je considère les transformations en lui-même du polyèdre, c'est-à-dire le groupe correspondant.

— En résumé j'ai obtenu la chaîne des inclusions suivantes :

$$\begin{array}{ccccccc} & & K_s^\lambda & & K_j^\lambda & & \lambda \\ \omega \in & S & \subset & K_j^\lambda & \subset & \lambda & \subset \psi \subseteq U \times G \times D \\ \text{élément} & \text{sommet} & & \text{ensemble} & & \text{voie } \lambda & \\ \in (U \times G \times D) & \text{du} & & \text{des som-} & & \text{(sous-en-} & \\ & \text{polyèdre} & & \text{mets du} & & \text{semble de} & \\ & K_j^\lambda & & \text{polyèdre} & & U \times G \times D) & \end{array}$$

— Soit aussi deux autres ensembles H (hauteurs) et X (matière sonore, façons de jouer, etc.).

— Je forme le produit $H \times X \times C$, dans lequel C est l'ensemble des n formes ou complexes ou types sonores (C_i ($i = 1, \dots, n$); ex. : nuage de sons ponctuels ; nuage de *glissandi*, etc.

— J'applique le produit $H \times X \times C$ sur les sommets du polyèdre K_j^λ .

— Les complexes C_i peuvent parcourir les sommets fixes et produire ainsi les transformations du groupe; nous l'appellerons opération θ_0 .

Les complexes C_i sont solidaires des sommets qui restent fixes, mais les $H \times X$ parcourent les sommets, produisant ainsi les transformations du groupe; opération θ_1 .

Le produit $H \times X \times C$ parcourt les sommets et produit ainsi le groupe des transformations du polyèdre; opération θ_μ car le produit peut changer de définition à chaque transformation du polyèdre.

Organisation en-temps

La dernière application se fera dans le temps de deux façons possibles afin de manifester les particularités de ce groupe polyédrique ou du groupe symétrique qui lui est isomorphe :

a) Les sommets du polyèdre s'énoncent successivement, (image du groupe symétrique); opération t_0 .

b) Les sommets s'énoncent simultanément, (n voix simultanées); opération t_1 .

Produit $t_0 \times \theta_0$

Les sommets K_i^λ s'énoncent successivement avec :

1° un seul complexe sonore C_r toujours le même, ex. avec un nuage de sons ponctuels seulement;

2° plusieurs complexes sonores au plus n mais attachés biunivoquement aux indices des sommets de K_i^λ ;

3° plusieurs complexes sonores dont les apparitions successives forment les opérations du groupe polyédrique, les sommets i (définis par $u \times g \times d$) apparaissent toujours dans le même ordre;

4° plusieurs complexes sonores toujours dans le même ordre pendant que l'ordre des sommets i reproduit les transformations du groupe;

5° plusieurs complexes sonores se transformant indépendamment des sommets du polyèdre.

Produit t_0 et θ_1

La liste de ce produit sera obtenue de la précédente en substituant $H \times X$ à C_i .

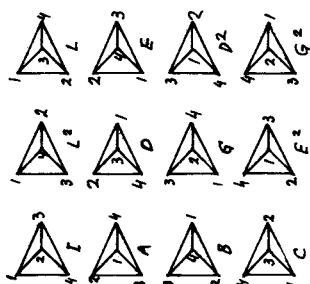
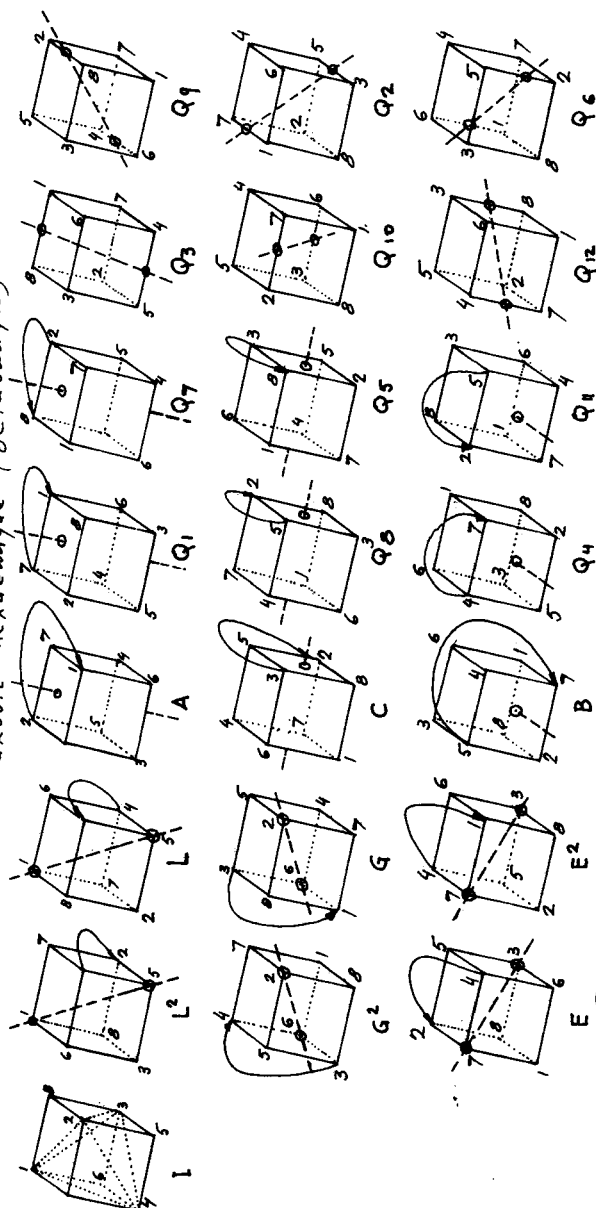
Produit $t_0 \times \theta\mu$

La liste est facile à établir.

Le cas t_1 et θ_j est issu des cas précédents par analogie.

A ces produits opérationnels en-temps devraient s'ajouter des opérations *en-espace* lorsque, par exemple, les sources sonores sont distribuées d'une manière significative dans l'espace comme dans *Terrêtektorh*.

18. Les quatre figures suivantes illustrent les différents états du « cas particulier » de *Nomos alpha*.



1	12	34	56	78	
A	21	13	65	87	
B	34	12	78	56	
C	43	21	87	65	
D	23	14	67	58	
D²	31	24	75	68	
E	24	31	68	75	
E²	41	32	87	76	
G	32	41	76	85	
G²	42	13	86	57	
L	13	42	57	86	
L²	14	23	58	67	
Q₁	78	65	34	21	
Q₂	76	58	32	14	
Q₃	86	73	42	31	
Q₄	67	85	23	41	
Q₅	68	57	24	13	
Q₆	65	78	21	34	
Q₇	87	56	43	12	
Q₈	75	86	31	42	
Q₉	58	76	14	32	
Q₁₀	57	68	13	24	
Q₁₁	85	67	41	23	
Q₁₂	56	87	12	34	

	I	A	B	C	D	D ²	E	E ²	G	G ²	L	L ²	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈	Q ₉	Q ₁₀	Q ₁₁	Q ₁₂
I	I	A	B	C	D	D ²	E	E ²	G	G ²	L	L ²	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈	Q ₉	Q ₁₀	Q ₁₁	Q ₁₂
A	A	I	C	B	G	L	G ²	L ²	D	E	D ²	E ²	Q ₇	Q ₄	Q ₅	Q ₂	Q ₃	Q ₁₂	Q ₁	Q ₁₀	Q ₁₁	Q ₈	Q ₉	Q ₆
B	B	C	I	A	L ²	E	D ²	G	E ²	L	G ²	D	Q ₆	Q ₉	Q ₈	Q ₁₁	Q ₁₀	Q ₁	Q ₁₂	Q ₃	Q ₂	Q ₅	Q ₄	Q ₇
C	C	B	A	I	E ²	G ²	L	D	L ²	D ²	E	G	Q ₁₂	Q ₁	Q ₁₀	Q ₉	Q ₈	Q ₇	Q ₆	Q ₅	Q ₄	Q ₃	Q ₂	Q ₁
D	D	L ²	E ²	G	D ²	I	C	L	E	A	B	G ²	Q ₃	Q ₆	Q ₄	Q ₁	Q ₁₁	Q ₁₀	Q ₉	Q ₈	Q ₇	Q ₂	Q ₁₂	Q ₅
D ²	D ²	G ²	L	E	I	D	G	B	C	L ²	E ²	A	Q ₄	Q ₁₀	Q ₁	Q ₃	Q ₁₂	Q ₂	Q ₉	Q ₇	Q ₈	Q ₆	Q ₅	Q ₁₁
E	E	L	G ²	D ²	B	L ²	E ²	I	A	D	G	C	Q ₁₁	Q ₅	Q ₆	Q ₈	Q ₇	Q ₉	Q ₂	Q ₁₂	Q ₃	Q ₁	Q ₁₀	Q ₄
E ²	E ²	G	D	L ²	G ²	C	I	E	L	B	A	D ²	Q ₁₀	Q ₇	Q ₉	Q ₁₂	Q ₂	Q ₃	Q ₅	Q ₄	Q ₆	Q ₁₁	Q ₁	Q ₈
G	G	E ²	L ²	D	L	A	B	D ²	G ²	I	C	E	Q ₅	Q ₁₂	Q ₂	Q ₇	Q ₉	Q ₈	Q ₁₀	Q ₁₁	Q ₁	Q ₄	Q ₆	Q ₃
G ²	G ²	D ²	E	L	C ²	E ²	L ²	A	I	G	D	B	Q ₉	Q ₃	Q ₁₂	Q ₁₀	Q ₁	Q ₁₁	Q ₄	Q ₆	Q ₅	Q ₇	Q ₈	Q ₂
L	L	E	D ²	G ²	A	G	D	C	B	E ²	L ²	I	Q ₈	Q ₇	Q ₅	Q ₆	Q ₄	Q ₁₁	Q ₁	Q ₁₀	Q ₁₂	Q ₃	Q ₉	Q ₂
L ²	L ²	D	G	E ²	E	B	A	G ²	D ²	C	I	L	Q ₈	Q ₁	Q ₇	Q ₆	Q ₄	Q ₁₁	Q ₁	Q ₁₀	Q ₁₂	Q ₃	Q ₉	Q ₂
Q ₁	Q ₁	Q ₇	Q ₂	Q ₆	Q ₉	Q ₅	Q ₈	Q ₃	Q ₁₁	Q ₁₀	Q ₃	Q ₄	A	L ²	D ²	E ²	L	B	I	G ²	G	E	D	C
Q ₂	Q ₂	Q ₄	Q ₉	Q ₄	Q ₁₀	Q ₆	Q ₁	Q ₈	Q ₃	Q ₁₂	Q ₂	Q ₅	E	I	G	C	L ²	D ²	L	E ²	B	D	A	G ²
Q ₃	Q ₃	Q ₈	Q ₅	Q ₁₀	Q ₇	Q ₁₁	Q ₄	Q ₆	Q ₁₂	Q ₂	Q ₄	Q ₁	L ²	G ²	I	L	B	E ²	D	A	E	C	D ²	G
Q ₄	Q ₄	Q ₇	Q ₁₁	Q ₂	Q ₈	Q ₁₂	Q ₃	Q ₁₀	Q ₅	Q ₆	Q ₁	Q ₃	G ²	A	D	B	E ²	L	D ²	L ²	C	G	I	E
Q ₅	Q ₅	Q ₆	Q ₃	Q ₈	Q ₁	Q ₉	Q ₁₁	Q ₁₂	Q ₆	Q ₄	Q ₂	Q ₇	E ²	E	A	D ²	C	L ²	G	I	G ²	B	L	D
Q ₆	Q ₆	Q ₂	Q ₁	Q ₁	Q ₂	Q ₁₀	Q ₃	Q ₇	Q ₄	Q ₅	Q ₈	Q ₁₁	C	D	E	G	G ²	I	B	L	E ²	D ²	L ²	A
Q ₇	Q ₇	Q ₁	Q ₆	Q ₁₂	Q ₁₁	Q ₃	Q ₁₀	Q ₄	Q ₉	Q ₈	Q ₅	Q ₂	I	E ²	L	L ²	D ²	C	A	E	D	G ²	G	B
Q ₈	Q ₈	Q ₃	Q ₁₀	Q ₅	Q ₁₂	Q ₄	Q ₂	Q ₁	Q ₇	Q ₉	Q ₁₁	Q ₆	D	L	B	G ²	I	G	L ²	C	D ²	A	E	E ²
Q ₉	Q ₉	Q ₄	Q ₂	Q ₁₁	Q ₅	Q ₁	Q ₆	Q ₃	Q ₈	Q ₇	Q ₁₀	Q ₁₂	D ²	B	E ²	A	D	E	G ²	G	I	L ²	C	L
Q ₁₀	Q ₁₀	Q ₁₁	Q ₈	Q ₃	Q ₅	Q ₂	Q ₄	Q ₇	Q ₁	Q ₉	Q ₁₂	Q ₆	G	D ²	C	E	A	D	E ²	B	L	I	G ²	L ²
Q ₁₁	Q ₁₁	Q ₂	Q ₉	Q ₃	Q ₇	Q ₁₀	Q ₄	Q ₁	Q ₈	Q ₅	Q ₁₂	Q ₆	L	C	L ²	I	G	G ²	E	D	A	E ²	B	D ²
Q ₁₂	Q ₁₂	Q ₆	Q ₁	Q ₇	Q ₄	Q ₉	Q ₅	Q ₁₁	Q ₂	Q ₃	Q ₁₀	Q ₈	B	G	G ²	D	E	A	C	D ²	L ²	L	E ²	I

ex: $\vec{DA} = (0, \text{puis sur } D \text{ la transf. } A \text{ (col} \rightarrow \text{lignes)}) = G$

W2

A_4

 Q

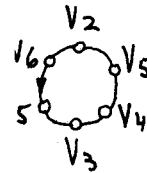
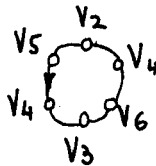
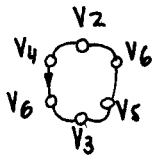
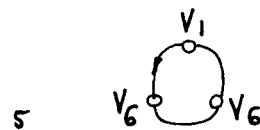
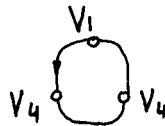
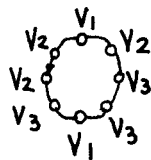
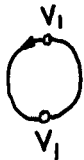
	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
V_1	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
V_2	V_3	V_1	V_6	V_4	V_5	
V_3	V_3	V_1	V_2	V_5	V_6	V_4
V_4	V_4	V_5	V_6	V_1	V_2	V_3
V_5	V_5	V_6	V_4	V_3	V_1	V_2
V_6	V_6	V_4	V_5	V_2	V_3	V_1

	A_4	Q
A_4	A_4	Q
Q	Q	A_4

A_4 {

 Q {

$= \{I, A, B, C\}$ klein
 $= \{D, G, E^2, L^2\}$
 $= \{D^2, L, E, G^2\}$
 $= \{Q_6, Q_{12}, Q_1, Q_7\}$
 $= \{Q_2, Q_4, Q_9, Q_{11}\}$
 $= \{Q_3, Q_5, Q_8, Q_{10}\}$



w_3

Cas particulier

Organisation hors-temps

— Les trois ensembles D (densités), G (intensités), U (durées), appliqués sur trois espaces vectoriels ou sur un espace vectoriel à trois dimensions.

— Une sélection (sous-ensemble) appelée Voie V1 de classes d'équivalence est formée de la manière suivante :

D (densités) élevées, G (intensités) élevées, U (durées) faibles. Des valeurs ordonnées et précises ont été attribuées à ces classes :

Ens. D	a	b	c
d ₁	1,0	0,5	1
d ₂	1,5	1,08	2
d ₃	2,0	2,32	3
d ₄	2,5	5,00	4

exprimées en éléments par seconde.

Ens. G	
g ₁	mf
g ₂	f
g ₃	ff
g ₄	fff

Ens. U	
u ₁	2
u ₂	3
u ₃	4
u ₄	5

exprimées en sec.

Une deuxième sélection (sous-ensemble) appelée voie V2 est formée de la manière suivante : D : élevées, G : moyennes, U : élevées avec des valeurs ordonnées et précises :

Ens. D	
d ₁	0,5
d ₂	1
d ₃	2
d ₄	3

éléments par seconde

Ens. G	
g ₁	p
g ₂	mp
g ₃	mf
g ₄	f

Ens. U	
u ₁	10
u ₂	17
u ₃	21
u ₄	30

en secondes

— On prend huit « points » du triple produit $D \times G \times U$. Pour la voie V1 :

$$K_1^r = d_1 g_1 u_1; K_2^r = d_1 g_4 u_4; K_3^r = d_4 g_4 u_4; K_4^r = d_4 g_1 u_1$$

$$K_5^r = d_2 g_2 u_2; K_6^r = d_2 g_3 u_3; K_7^r = d_3 g_3 u_3; K_8^r = d_3 g_2 u_2$$

de Nomos alpha

Organisation en temps

r désignant l'une des colonnes (sous-classe) du tableau de l'ensemble D. ($r = a, b, c$).

Pour la voie V2 :

$$K_1 = d_4 g_3 u_2; K_2 = d_3 g_2 u_1; K_3 = d_2 g_4 u_4; K_4 = d_1 g_2 u_3 \\ K_5 = d_4 g_1 u_4; K_6 = d_3 g_2 u_3; K_7 = d_2 g_3 u_2; K_8 = d_1 g_4 u_1$$

I — Ces huit points sont considérés comme solidaires entre eux de manière à former un cube. (Application de ces huit points sur les huit sommets d'un cube.) Le groupe formé par les substitutions de ces huit points, isomorphe au groupe symétrique P_4 , est pris comme principe organisateur. Cf. dessin w_1 p. 98.

II — On prend huit éléments de complexes sonores macroscopiques appliqués aux lettres C_i de trois façons α, β, γ :

α	β	γ	
C_1	C_1	C_1	= nuage ataxique de sons ponctuels;
C_7	C_2	C_5	= nuage relativement ordonné ascendant ou descendant de sons ponctuels;
C_3	C_3	C_6	= nuage relativement ordonné ni ascendant ni descendant de sons ponctuels;
C_5	C_5	C_2	= champ ataxique de sons glissés;
C_6	C_6	C_3	= champ relativement ordonné ascendant ou descendant de sons glissés;
C_2	C_7	C_4	= champ relativement ordonné ni ascendant ni descendant de sons glissés;
C_8	C_8	C_8	= atome représenté au violoncelle par des interférences d'un quasi-unisson;
C_4	C_4	C_7	= atome ionisé représenté au violoncelle par des interférences accompagné de <i>pizzicati</i> .

- I — Les transformations en lui-même du cube constitué par les éléments K_i^r forment le groupe hexaédrique isomorphe au groupe symétrique P_4 ;
 règles de mise en-temps :
 1^{re} : les sommets du cube de chaque transformation sont énoncés successivement grâce à une correspondance biunivoque.
 2^e : Les transformations sont, elles aussi, successives (pour un ensemble plus grand d'instruments on pourrait choisir l'une des simultanités possibles). Elles suivent les divers graphes (diagrammes cinématiques) inhérents à la structure interne de ce groupe particulier. Cf. w_1, w_2, w_3 pp. 98, 99, 100, 101.
- II — Toutes les trois substitutions du cube, l'application des huit formes aux lettres C_i change cycliquement dans l'ordre : $\alpha, \beta, \gamma, \alpha, \dots$

III — Ces lettres sont appliquées biunivoquement sur les huit sommets du deuxième cube. Donc un deuxième groupe hexaédrique est pris comme principe organisateur.

IV — On forme les produits : $K_i^r \times C_j^i$ et $K_1 \times C_m$. On prend ensuite un ensemble, produit de deux ensembles $H \times X$. L'ensemble H est l'espace vectoriel des hauteurs et l'ensemble X est l'ensemble des façons de jouer les C_i . Ce produit est donné par un tableau à double entrée.

extr. aigu													
aigu moy.													
grave moy.													
extr. grave													
	pizz.	f.c.l.	an.	pizz. gl.	an	a trém.	harm.	hr trém.	asp.	asp.	trém.	an a interf.	
	C ₁ , C ₂ , C ₃			C ₄ , C ₅ , C ₆						C ₇ , C ₈			

Pizz. : *pizzicati*;

fcl : frappé avec le bois de l'archet;

an : archet normal;

pizz. gl. : *pizzicato-glissando*;

a trém. : archet trémolo;

harm. : son harmonique;

hr trém. : harmonique trémolo;

asp : *arco sul ponticello*;

asp trém. : *arco sul ponticello trémolo*;

a interf. : *arco avec interférences*.

Les diverses façons de jouer sont attribuées au formes C_1, \dots, C_8 comme indiqué dans le tableau.

— Un sous-espace de H' est attribué à la voie

III — De même pour le cube des lettres C_i .

IV — Les produits $K_i^r \times C_j$ et $K_1 \times C_m$ sont le résultat du produit de deux graphes des transformations bouclées du cube en lui-même. L'application des graphes est biunivoque et s'énonce successivement :

Ex. : $\downarrow \begin{matrix} C_i \\ K_j \end{matrix} \rightarrow \downarrow \begin{matrix} \text{Graphe } (D \xrightarrow{\quad} Q_2) \\ \text{Graphe } (D \xrightarrow{\quad} Q_3) \end{matrix}$ cf. w₄ p. 101.

V1 constitué par les deux lignes moyennes du tableau précédent mais divisées en quatre. Elles sont définies en fonction de l'étendue du jeu de la colonne correspondante.

— Les deux lignes, extrême aigu et extrême grave, sont réservées à la voie V2.

V — L'application des C_i sur l'ensemble produit $H \times X$ est relativement indépendante et sera déterminée par un diagramme cinématique des cheminements au moment de la mise en-temps.

VI — On forme les produits $K_i^r \times C_i \times H' \times X$ et $K_j \times C_i \times H^{\text{extrêmes}} \times X$

VII — L'ensemble des fonctions logiques (a) dont les modules sont tirés du sous-ensemble formé par les classes résiduelles modulo 18 et premières entre elles avec comme opération la multiplication et la réduction modulo 18 est utilisé dans cette œuvre :

$$(a) L(m, n) = \overline{(n_j \vee n_i \vee n_k \vee n_l)} \wedge m_p \vee \overline{(m_q \vee m_r)} \wedge n_s \vee \overline{(n_t \vee n_u \vee n_w)}$$

Ses éléments sont issus :

1° d'une fonction de départ

$$L(11, 13) = \overline{(13_3 \vee 13_5 \vee 13_7 \vee 13_9)} \wedge 11_2 \vee \overline{(11_4 \vee 11_8)} \wedge 13_9 \vee \overline{(13_0 \vee 13_1 \vee 13_6)}$$

2° D'une métabole des modules assimilée ici au graphe de l'accouplement des éléments du sous-ensemble précédent.

- V — Chaque C_i est appliqué dans une des cases de $H \times X$ d'après les principes :
- a) de l'expansion maximum (minimum de répétitions) et
 - b) du contraste maximum ou de la similitude maximum.
- VI — Les éléments du produit $K_i^r \times C_i \times H' \times X$ de la voie V1 sont énoncés successivement sauf aux interpolations des éléments du produit $K_i \times C_i \times H_{\text{extr}} \times X$ de la voie V2 qui sont énoncés par intermittences.
- VII — Toutes les trois substitutions des deux cubes, K_i et C_i , la fonction logique $L(m, n)$, change suivant son diagramme cinématique, issu du groupe : multiplication par paires des classes résiduelles et réduction modulo 18.

Cette métabole donne les fonctions suivantes :
 $L(11, 13)$, $L(17, 5)$, $L(13, 11)$, $L(17, 7)$, $L(11, 5)$,
 $L(1, 5)$, $L(5, 7)$, $L(17, 11)$, $L(7, 5)$, $L(17, 13)$,
 $L(5, 11)$, $L(1, 11)$ (cf. dessin w_8 p. 117).

3° De trois règles de substitution des indices (classes résiduelles) :

règle a : $n_0 \rightarrow n_{0+1}$

règle b : si dans une parenthèse tous les indices sont égaux, alors à la prochaine fonction $L(m, n)$ les mettre en progression arithmétique modulo le crible correspondant,

règle c : conversion des indices en fonction des métaboles des modules, (cf. dessin w_8),

$m_j \rightarrow n_x \quad x = j \cdot \frac{n}{m} \quad \text{ex : } 7_4 \rightarrow 11_x \quad x = 4 \cdot \frac{11}{7} \sim 6$

4° D'une métabole du pas (déplacement élémentaire : un quart de ton pour la voie V1, trois quarts de ton pour la voie V2).



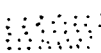
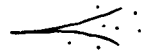




Ces deux types de métaboles qui engendrent les éléments de l'ensemble des $L(m, n)$ peuvent être utilisées hors-temps ou en-temps. Dans le premier cas elles nous donnent la totalité des éléments, dans le deuxième cas ces éléments apparaissent dans un ordre temporel. Toutefois une *structure* d'ordre temporel est sous-jacente même dans le premier cas.

Analyse détaillée du début de la partition [L (11, 13)] faite par Fernand Vandenbogaerde¹⁸.

« L'origine de la partie $(13_3 \vee 13_5 \vee 13_7 \vee 13_9) \wedge 11_2 \vee (11_4 \vee 11_8) \wedge 13_9$ correspond au $LA_3\#$, ($LA_3 = 440$ Hz). L'origine de $13_0 \vee 13_1 \vee 13_6$ correspond au $LA_3\flat$. Les hauteurs du crible L (11, 13) sont donc :

..., $DO_2\flat$, $DO_2\#$, RE_2 , $RE_2\flat$, FA_2 , $FA_2\#$, SOL_2 , $SOL_2\#$, LA_2 , $SI_2\flat$, DO_3 , $DO_3\#$, $RE_3\#$, $RE_3\#$, $FA_3\flat$, $FA_3\#$, $SOL_3\#$, $LA_3\flat$, $LA_3\#$, SI_3 , $DO_4\flat$, $RE_4\#$, MI_4 , $MI_4\flat$, SOL_4 , LA_4 , $LA_4\#$, $LA_4\#$, $SI_4...$

L'ordre appliqué aux complexes sonores (S_n) et aux combinaisons densités, intensités, durées (K_n) sont pour la transformation β :

$S_1 =$		$K_1 = 1$	mf
$S_2 =$		$K_2 = 2,25$	fff
$S_3 =$		$K_3 = 22,5$	fff
$S_4 =$		$K_4 = 10$	mf
$S_5 =$		$K_5 = 2,83$	f
$S_6 =$		$K_6 = 3,72$	ff
$S_7 =$		$K_7 = 7,98$	ff
$S_8 =$		$K_8 = 6,08$	f

(Dans le texte de M. Fernand Vandenbogaerde C_n est remplacé par S_n .)

1^{re} séquence :

	1	2	3	4	5	6	7	8
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
D (S _n) =	S ₂	S ₃	S ₁	S ₄	S ₆	S ₇	S ₅	S ₈
D (K _n) =	K ₂	K ₃	K ₁	K ₄	K ₆	K ₇	K ₅	K ₈
	2,25	2,25	1	10	3,72	7,98	2,83	6,08
	fff	fff	mf	mf	ff	ff	f	f

Cette partie débute donc par un *pizz.* glissé dont la pente est d'abord nulle, puis très faible (1/4 ton en 2,5 secondes) sur la note DO origine du crible, et fff (le glissement débutant ppp).

La partie S₃ consiste en un « frapper *con legno* » sur DO \flat DO \sharp RE, fff (avec p au centre).

18. Cf. partition chez Boosey & Hawkes éditeurs et disque chez Pathé-Marconi. Le lecteur pourra se reporter au mémoire de M. Fernand Vandenbogaerde, *Analyse de Nomos Alpha de I. Xenakis*, Schola Cantorum, classe de mise en ondes et acoustique appliquée, année 1966-1967.

\diamond D
 $\wedge(11,13)$

$d = 75 \text{ MM}$
 pizz
 S_2
 K_2
 fel
 S_3
 K_3
 S_1
 K_1
 pizz
 arco
 S_4
 K_4
 S_6
 K_6
 S_7
 K_7
 asul p.
 S_5
 K_5
 arc normal
 S_8
 K_8
 6
 2
 6

Dans la partie S_8 introduction de battements obtenus en haussant le SOL \sharp vers LA (dispersion).

2^e séquence :

Handwritten musical score for a 2^e séquence, featuring four staves with various musical notations, dynamics, and performance instructions.

Staff 1: Includes markings Q_{12} and Q_3 . The first measure is marked (f) . The staff is divided into sections labeled S_5 (K₈) and S_6 (K₆). Dynamics include f and p . A triplet of eighth notes is marked with a '3'.

Staff 2: Includes markings S_8 (K₇) and S_7 (K₅). The instruction *a. sul pont.* is written above the staff. Dynamics include f and mf . The instruction *pizz.-gliss.* is written above a measure. A triplet of eighth notes is marked with a '3'.

Staff 3: Includes markings S_2 (K₂) and S_1 (K₄). The instruction *fr. c. l.* is written above the staff. Dynamics include p . The instruction *arco leg* is written above the staff.

Staff 4: Includes markings S_4 (K₃) and S_3 (K₁). The instruction *pizz. gl.* is written above the staff. Dynamics include mf .

	1	2	3	4	5	6	7	8
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
$Q_{12} (S_n) =$	S_5	S_6	S_8	S_7	S_1	S_2	S_4	S_3
$Q_3 (K_n) =$	K_8	K_6	K_7	K_5	K_4	K_2	K_3	K_1
	6,08	3,72	7,98	2,83	10	2,25	22,5	1,0
	f	ff	ff	f	mf	fff	fff	mf

On remarquera, comme dans la partie précédente, le resserrement des valeurs des durées préalablement calculées.

La partie S_1 durant plus d'une seconde est ataxique.

3^e séquence :

	1	2	3	4	5	6	7	8
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
$Q_4 (S_n) =$	S_6	S_7	S_8	S_5	S_2	S_3	S_4	S_1
$Q_7 (K_n) =$	K_8	K_7	K_5	K_6	K_4	K_3	K_1	K_2
	6,08	7,98	2,83	3,72	10	22,5	1,0	2,25
	f	ff	f	ff	mf	fff	mf	fff

Handwritten musical score for a string quartet, page 116. The score is divided into three systems, each with two staves. The notation includes various musical symbols such as notes, rests, and dynamic markings. Above the staves, there are labels for sections: S8, S5, S2, S3, S4, and S1. Below the staves, there are labels for keys: K5, K6, K4, K3, K1, and K2. The score also includes performance instructions like 'pizz-gl.', 'arco', 'mf', and 'f'. The first system (S8, K5) shows a sequence of notes with a forte (f) dynamic. The second system (S2, K4) features a 'pizz-gl.' section with a mezzo-forte (mf) dynamic, followed by an 'arco' section with a forte (f) dynamic. The third system (S4, K1) includes an 'arco' section with a mezzo-forte (mf) dynamic, followed by a 'pizz-gl.' section with a forte (f) dynamic. The score is written in a clear, legible hand, with some corrections and annotations visible.

$$(11, 13) = (13_3 + 13_5 + 13_7 + 13_9) 11_2 + (11_4 + 11_8) 13_9 + 13_0 + 13_4 + 13_6$$

$$(17, 5) = (5_1 + 5_2 + 5_3 + 5_4) 17_7 + (17_7 + 17_8) 5_4 + 5_1 + 5_2 + 5_3$$

$$(13, 11) = (11_1 + 11_2 + 11_3 + 11_4) 13_0 + (13_5 + 13_6) 11_9 + 11_2 + 11_7 + 11_4$$

$$(17, 7) = (7_1 + 7_2 + 7_3 + 7_4) 17_7 + (17_7 + 17_8) 7_6 + 7_1 + 7_2 + 7_3$$

$$(11, 5) = (5_1 + 5_2 + 5_3 + 5_4) 11_0 + (11_4 + 11_8) 5_9 + 5_0 + 5_1 + 5_2$$

$$(1, 5) = (5_1 + 5_2 + 5_3 + 5_4) 1_4 + (5_4 + 5_8) 5_4 + 5_1 + 5_2 + 5_3$$

$$(5, 7) = (7_1 + 7_2 + 7_3 + 7_4) 5_0 + (5_0 + 5_4) 7_6 + 7_1 + 7_2 + 7_3$$

$$(7, 11) = (11_1 + 11_2 + 11_3 + 11_4) 7_4 + (11_5 + 11_6) 11_9 + 11_2 + 11_7 + 11_4$$

$$(4, 5) = (5_1 + 5_2 + 5_3 + 5_4) 4_0 + (4_0 + 4_4) 5_4 + 5_1 + 5_2 + 5_3$$

$$(13, 13) = (13_3 + 13_5 + 13_7 + 13_9) 13_7 + (13_7 + 13_8) 13_0 + 13_3 + 13_5 + 13_8$$

$$(5, 11) = (11_1 + 11_2 + 11_3 + 11_4) 5_0 + (5_0 + 5_4) 11_8 + 11_3 + 11_4 + 11_7$$

$$(1, 11) = (11_1 + 11_2 + 11_3 + 11_4) 1_1 + (1_1 + 1_5) 11_8 + 11_3 + 11_4 + 11_7$$

$$K_0 \rightarrow \Lambda_{0+1}$$

$$7, 8 \quad 8 \quad 13, 0 \quad (19)$$

5	$\frac{5}{5} = 1$	7	$\frac{7}{7} = 1$	
2	$\frac{2}{2} = 1, 4$	11	$\frac{11}{11} = 1, 2$	$\frac{11}{11} = 1$
13	$\frac{13}{13} = 2, 6$	17	$\frac{17}{17} = 1, 8$	$\frac{17}{17} = 1, 2$
17	$\frac{17}{17} = 3, 7$			$\frac{17}{17} = 1, 5$

Conversions
des indices
dans les
transformations des villes

régle 1 $K_0 \rightarrow \Lambda_{0+1}$

régle 2 si toutes les
dans une parenthèse
les indices sont à gauche
alors à la prochaine

$$K_1^5 = 432 \quad K_5^8 = 4114$$

$$K_2^5 = 324 \quad K_6^5 = 323$$

régle 3 conversions
des indices

régle 4 conversions
des indices
dans une parenthèse
les indices sont à gauche
alors à la prochaine

les mots en propre
arithmétique
modulo le
module
villes

500s

V2

3(AQ9)

A	Q9	Q4	C	Q9	Q11	A	Q9
02	05	6	4	5	8		

Dans la partie S_8 les pentes des *glissandi* de sens contraires s'annulent. L'élargissement dans la partie S_4 est produit par le déplacement de la ligne inférieure et la provocation de battements; le nuage étant introduit par un *pizzicato* sur la quatrième corde, obtenu par appui de l'index sur la note placée entre crochets, effectué avec le pouce sur la partie de la corde comprise entre le sillet et l'index, le résultat sonore étant la note entre parenthèses ».

* * *

Donc, la *question* appliquée à la musique nous conduit au cœur de notre mental. Les axiomatiques modernes dégagent encore une fois, de manière plus précise maintenant, les sillons significatifs que le passé a tracés sur le roc de nos êtres. Ces prémices mentales ratifient et justifient les milliards d'années d'accumulation et de destruction de signes. Mais la conscience de leur limitation, de leur fermeture, nous force à les détruire.

Brutalement, il est impensable que l'humanité entière se forge dans l'enfance pour ne plus en bouger sa conception du temps et de l'espace¹⁹. Ainsi, le fond de la caverne ne refléterait pas les êtres qui sont derrière nous, mais serait un verre filtrant qui laisserait deviner ce qu'il y a au cœur de l'univers. C'est ce fond qu'il faut briser. Conséquences :

a) il faut changer les structures d'ordre du temps et de l'espace, celles de la logique,...

b) l'art avec la science annexée devra réaliser cette mutation.

Résolvons la dualité *mortel-éternel* : l'avenir est dans le passé et l'inverse est vrai, l'évanescence du présent

19. Cf. *Le Développement de la notion de temps chez l'enfant* et *La Représentation de l'espace chez l'enfant*, les deux de Jean PIAGET, Presses universitaires de France, Paris.

Il se peut que les astronefs produits par la technologie ambitieuse ne nous portent pas aussi loin que la libération de nos entraves mentales. Voilà la fantastique perspective que l'*art-science* nous ouvre dans le champ pythagoparménidien.

Application des C_i sur l'ensemble produit $H \times X$
et diagrammes cinématiques en temps. Voir p. 100.



LA CRISE DE LA MUSIQUE SÉRIELLE

... 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 objets et il y a nombre fini parce qu'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 « l'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 à 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. ...

Extrait publié par H. Scherchen dans les *Gravesaner Blätter*, n° 1, juillet 1955.

DEUXIÈME PARTIE

ARCHITECTURE

LE PAVILLON PHILIPS A L'AUBE D'UNE ARCHITECTURE

Introduction.

Pour comprendre le Pavillon Philips, la place qu'il prend dans l'évolution vers une architecture nouvelle qu'il affirme et développe, il faut le situer dans son contexte historique.

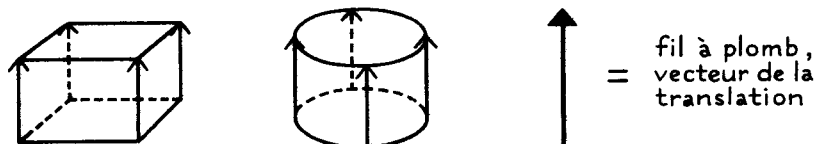
C'est ce que je m'efforcerai de montrer.

Depuis la plus haute antiquité, l'architecture n'est pas une manifestation vraiment spatiale. Elle est essentiellement fondée sur deux dimensions, elle est essentiellement plane.

Les figures carrées, rectangulaires, trapézoïdales, circulaires des temples, des habitations des palais, des églises, des théâtres, etc., sont planes. On pénètre dans la troisième dimension par translation parallèle suivant la direction du fil à plomb.

La troisième dimension conçue et réalisée de cette manière est fictive, elle est homomorphe au plan, elle n'apporte pas un élément volumétrique nouveau. L'ensemble spatial n'est donc formé que par un groupe premier, primaire, de volumes qu'on appellera « groupe de translation ».

Boîtes carrées, rectangulaires, cylindriques, etc.,



Les édifices égyptiens, sumériens, babyloniens, perses, crétois, grecs, hindous, chinois, aztèques, byzantins,

Renaissance, baroques, modernes, appartiennent essentiellement à un *sous-groupe rectiligne*. Ils sont dominés et régulés par la droite, le plan (qui est une surface réglée élémentaire) et l'angle droit (qui est expression de symétrie, d'équipartition d'une surface plane et mesure de l'angle que fait le fil à plomb avec le plan horizontal, expression de la gravité terrestre).

L'autre « sous-groupe de translation, le *sous-groupe circulaire* fondé sur le cercle (cylindres, arcs → voûtes), dominait beaucoup moins la pensée et sa matérialisation. Mais il suivait une voie parallèle d'évolution latente. Les maisons néolithiques, les tombes archaïques, les rondes, ont fusionné avec les techniques du Proche-Orient et ont créé la coupole, premier élément timide tridimensionnel, dont Sainte-Sophie est une étape décisive.

Temps modernes.

La pensée architecturale moderne qui appartient au groupe de translation a façonné rigoureusement la pensée technique à tel point, qu'il y a une génération à peine, toute la théorie de l'élasticité et de la résistance des matériaux s'acharnait essentiellement sur les poutres et les poteaux.

Par un effet de *feed-back*, les architectes à leur tour étaient façonnés par ses recherches du calcul et suivaient le grand manège des droites sous forme de poutres, de poteaux ou de treillis. L'ossature devenait régulatrice de la composition de l'architecte, de son esthétique. « Il faut la montrer nue, de toute manière, dans sa force et dans sa faiblesse. »

Mais le béton armé, qui dès sa création a copié l'ossature en bois ou en pierre d'avant son ère, devait de par son essence même amorcer depuis une génération une révolution dans les concepts théoriques du calcul et partant de l'architecte. Son essence est la *continuité*.

Le béton peut être façonné à volonté. Il peut être en forme de poutres de poteaux mais aussi en bloc massif et en coquilles aussi étendues, aussi fines, aussi planes, aussi courbes, qu'on peut le désirer.

Les théories des coques et des voiles minces voient le jour. Les propriétés géométriques des surfaces courbes, cylindriques, coniques, à double courbure, etc., façonnent directement l'orientation de ces recherches abstraites d'une part, matérielles de l'autre. Couvrir une surface donnée est un problème qui doit se poser de cette façon :

« Quelle est la forme géométrique que doit avoir la couverture pour que la quantité de matière qui constitue cette couverture soit minimum? »

A l'architecte, la nature avait déjà fourni des exemples de cette économie, de ce principe de la moindre action. Les coquillages marins ou terrestres, les coques des œufs, des crabes, des os, etc., lui suggèrent à chaque pas ces idées. C'est là qu'une heureuse rencontre aurait pu se produire chez l'architecte des années 1920-1930, entre le courant des arts plastiques et les recherches des surfaces géométriques plus économiques, plus rationnelles que la dalle plate et l'ossature.

Probablement l'architecture avait encore trop à faire pour combattre le pompiérisme des écoles d'architecture, pour consolider le purisme des membrures en béton et en acier, ce cher retour au cœur antique du sous-groupe rectiligne, cette dernière flambée superbe, avant son déclin qui est déjà amorcé.

L'architecte n'a donc pas compris le message des arts plastiques. Les ingénieurs et les staticiens se sont chargés de le faire. C'est avec timidité et lentement que le problème abstrait du moindre effort en matière de couverture oriente les calculateurs vers des solutions originales qui ouvrent une ère nouvelle à l'architecture, probablement plus révolutionnaire, plus originale que jamais. C'est à notre époque que l'*Architecture de translation*

semble terminer sa course magnifique mais restrictive qui a donné tant de produits éternels remplis d'intelligence et de poésie. C'est maintenant qu'on assiste à l'aube d'une autre architecture, réellement à trois dimensions, plus riche, plus surprenante. C'est l'architecture du *groupe volumétrique*.

LE PAVILLON PHILIPS

Une architecture volumétrique.

Initiative Philips. (M. L. Kalff).

« Je voudrais que vous fassiez le Pavillon Philips sans qu'il soit nécessaire d'exposer quoi que ce soit de nos fabrications. Une démonstration des plus hardies des effets du son et de la lumière, où le progrès technique pourrait nous mener dans l'avenir. »

C'est sur l'initiative de M. Louis Kalff, directeur artistique de Philips, que la direction de sa Maison s'adresse ainsi au début 1956 à Le Corbusier, lui demandant d'en assumer la création.

Acceptation de Le Corbusier.

« Je ne vous ferai pas un pavillon, mais un *Poème électronique* et une bouteille contenant le poème : 1° lumière, 2° couleur, 3° image, 4° rythme, 5° son, réunis dans une synthèse organique accessible au public et montrant ainsi les ressources des fabrications Philips. »

Généralités.

Le *Poème électronique* aura une durée de dix minutes.

Lumière, couleur, image sont coordonnées par Le Corbusier en personne. C'est lui qui fait le scénario optique du *Poème électronique*.

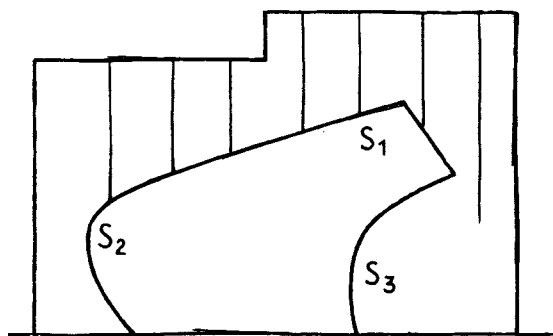
Pour la musique, Le Corbusier choisit un des plus grands compositeurs contemporains, le précurseur explosif de la désintégration des timbres, du rythme et du discours sonore, Edgard Varèse (huit minutes de sonorité).

Pour la musique de l'interlude de deux minutes, Le Corbusier me demande de la faire, ainsi que d'étudier l'architecture.

L'enveloppe du pavillon abritera quatre cents à cinq cents personnes, les appareils de la vision et ceux de l'auditeur, les magnétophones et les automatisateurs à thyatron. Tout sera inscrit sur bandes magnétiques, donc pas de place à l'improvisation.

Les grandes lignes du *Poème électronique* sont ainsi définies.

En octobre 1956, Le Corbusier me chargeait de dessiner ces idées et d'essayer « de les traduire par les mathématiques ». Il me remit un croquis que je transcris ici :



Idées de Le Corbusier sur l'architecture du Pavillon Philips

Pour Le Corbusier, le bâtiment devait être une « bouteille », contenant le « nectar du spectacle et de la musique ».

Pour le spectacle filmé il désirait des surfaces planes et verticales.

Pour des effets d'espace il voulait un goulot aérien dans le haut du pavillon où iraient se perdre les images projetées.

Pour les aurores de couleur il désirait des surfaces concaves et convexes. Là d'ailleurs, il rejoignait la volonté qui avait été exprimée par les architectes du Pavillon hollandais qui se trouve à proximité de celui de Philips.

« On demande une surface simple et convexe pour le dos du Pavillon Philips, afin de ne pas trop influencer la vue sur le jardin et la verdure qui entourent les constructions hollandaises. »

Toute autre idée de recherche plastique devait être écartée car elle nuirait au spectacle et à l'audition.

« Puisque c'est la nuit dans la 'bouteille', peut importe sa beauté. » Le Corbusier a immédiatement jeté tout son effort créateur sur le spectacle visuel. Il n'avait jamais eu dans sa vie l'occasion de faire un spectacle ou les moyens du cinéma et des projections en couleurs étaient entièrement à sa disposition. Il était profondément heureux de pouvoir s'exprimer d'une façon autre que celle de l'architecture ou de la peinture. Ce serait une vision synthétique, cinématique du monde, à sa façon, sa vision totale : réalisme, couleurs, atmosphères, créations personnelles qui dans une succession fulgurante devraient faire une fresque magnifiquement vivante.

« La raison de mon intervention n'est pas de faire un local de plus dans ma carrière, mais bien de créer avec vous autres un premier 'jeu électrique', électronique,

synchronique, où la lumière, le dessin, la couleur, le volume, le mouvement et l'idée font un tout étonnant et accessible, bien entendu, à la foule. »

C'est ainsi qu'il faut comprendre le sens que Le Corbusier donnait à l'architecture du pavillon.

« Le Pavillon Philips ne sera qu'un bâtiment qui coûtera très peu d'argent et qui sera plutôt une espèce de structure creuse au canon à ciment sans aucune existence 'architecturale', selon l'expression courante. »

Résumons les idées de Le Corbusier.

1° Forme creuse réalisée au canon à ciment abritant six cents à sept cents personnes.

2° Cette forme serait suspendue à un échafaudage métallique qui comporterait un toit-abri.

3° La forme devrait être constituée par des surfaces planes de projections filmées et par des surfaces courbes, concaves et convexes, pour les projections de couleur.

4° Un puits aérien prolongerait la forme pour permettre des apparitions et des disparitions d'images dans le lointain, ceci pour créer une impression de profondeur des volumes.

Première étude de Xenakis

Je fis plusieurs essais restés infructueux, basés essentiellement sur le dessin de Le Corbusier que je tenais à respecter au maximum.

D'autre part, les idées de Le Corbusier par leur généralité permettaient toutes sortes d'initiatives.

Pour ordonner les facteurs déterminants de la forme du Pavillon, je procédais à une nouvelle analyse :

1° Surface d'évolution du public :

Le public reste huit à dix minutes debout et est réparti d'une façon homogène sur toute la surface intérieure.

Résultat abstrait en plan : cercle avec deux boyaux, l'entrée et la sortie.

2° *Auditorium électro-acoustique* (réceptacle des développements actuels de la musique électromagnétique) : La réverbération doit être suffisamment faible.

Les surfaces planes parallèles doivent être bannies en raison des réflexions multiples.

Les angles trièdres également car il y a réverbération accumulée sur les plans bissecteurs des angles dièdres.

Par contre les surfaces courbes, non de révolution, à rayon de courbure variable sont excellentes. Les portions de sphère par exemple sont à rejeter car elles condensent le son au centre.

3° *Lumière en couleurs — projections :*

Les horizons en couleurs, les volumes que la lumière réfléchie engendre doivent être fantasmagoriques. Donc surfaces courbes fuyantes ou réceptives de lumières perpendiculaires, obliques, rasantes qui créent des volumes mouvants, s'enfermant, s'ouvrant, tournoyant.

4° *Construction — Technique :*

Parmi toutes les surfaces géométriques, lesquelles sont autoportantes, accessibles au calcul statique et réalisables sur un chantier normal?

C'est ce dernier chapitre qui devait me donner la clef, l'invariant qui répond aux deux autres questions.

Mes propres recherches musicales sur les sons à variation continue en fonction du temps (voir Le Corbusier, *Modulor* n° 2, dernières pages) me faisaient pencher pour des structures géométriques à base de droites : des surfaces réglées.

D'autre part, les recherches originales de précurseurs des pays étrangers, et en particulier celles de Bernard Laffaille, pionnier dans ce domaine en France, m'avaient familiarisé avec des surfaces réglées simples engendrées par des droites et des courbes planes, les paraboloides

hyperboliques et les conoïdes. Ces surfaces connues depuis longtemps par les géomètres avaient non seulement été étudiées depuis une génération par la statique et la théorie de l'élasticité des voiles minces, mais, de plus, avaient été récemment réalisées en béton armé, coffré, dans plusieurs pays mais toujours pour remplacer les toitures ou les toits-terrasses.

Jamais jusqu'ici, jusqu'au Pavillon Philips, ces surfaces n'avaient été utilisées synthétiquement en un tout à l'exclusion des parois verticales et à l'exclusion d'une ossature étrangère à leur nature.

C'était une occasion unique pour moi d'imaginer un édifice constitué, dans sa structure et dans sa forme, seulement par des paraboloïdes hyperboliques (P.H.) et par des conoïdes et qui soit autoportant.

On peut résumer tous ces cheminements convergents de la pensée par un vecteur sous forme de matrice :

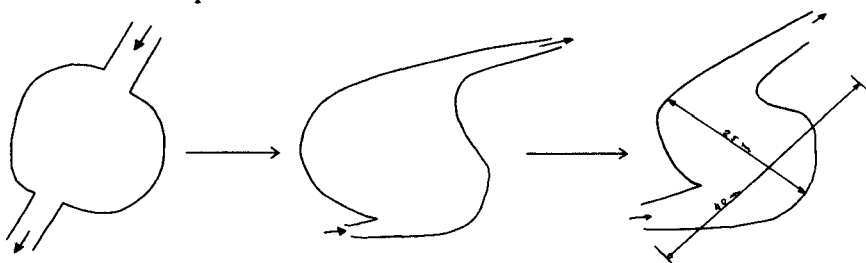
	Auditorim électro- acoustique	Lumière, cou- leurs, projec- tions filmées	Technique Construction
Surfaces planes	non	oui et non	oui
Surfaces courbes quelconques	oui	oui	non
Surfaces réalisables P.H. conoïdes	oui	oui	oui

On voit maintenant clairement la rigueur logique des raisonnements qui m'ont imposé la solution finalement adoptée : composition autant que possible totale en P.H. et en conoïdes.

A partir de ce moment, la logique, serait-elle stochastique, cesse de fonctionner. L'arbitraire de l'intuition prend la parole. Dans la ronde ininterrompue des croquis ci-dessous, le processus qui m'a fait aboutir au premier projet et à la première maquette est éloquent de par lui-même.

Par contre pour la fixation du deuxième projet, le mariage entre la plastique et les outils mathématiques deviendra une démonstration solide de la complémentarité des facultés humaines, réponse probante à ceux qui qualifient le calcul-outil de pédanterie sèche et à ceux qui ne voient dans l'intuition contrôlée que des divagations arbitraires.

Étude en plan :



Le croquis n° 11 est la forme définitive du premier projet. Elle est composée de deux conoïdes adjacents D et A de P.H., les K et G d'un cône de raccordement L et de deux triangles vides, les accès.

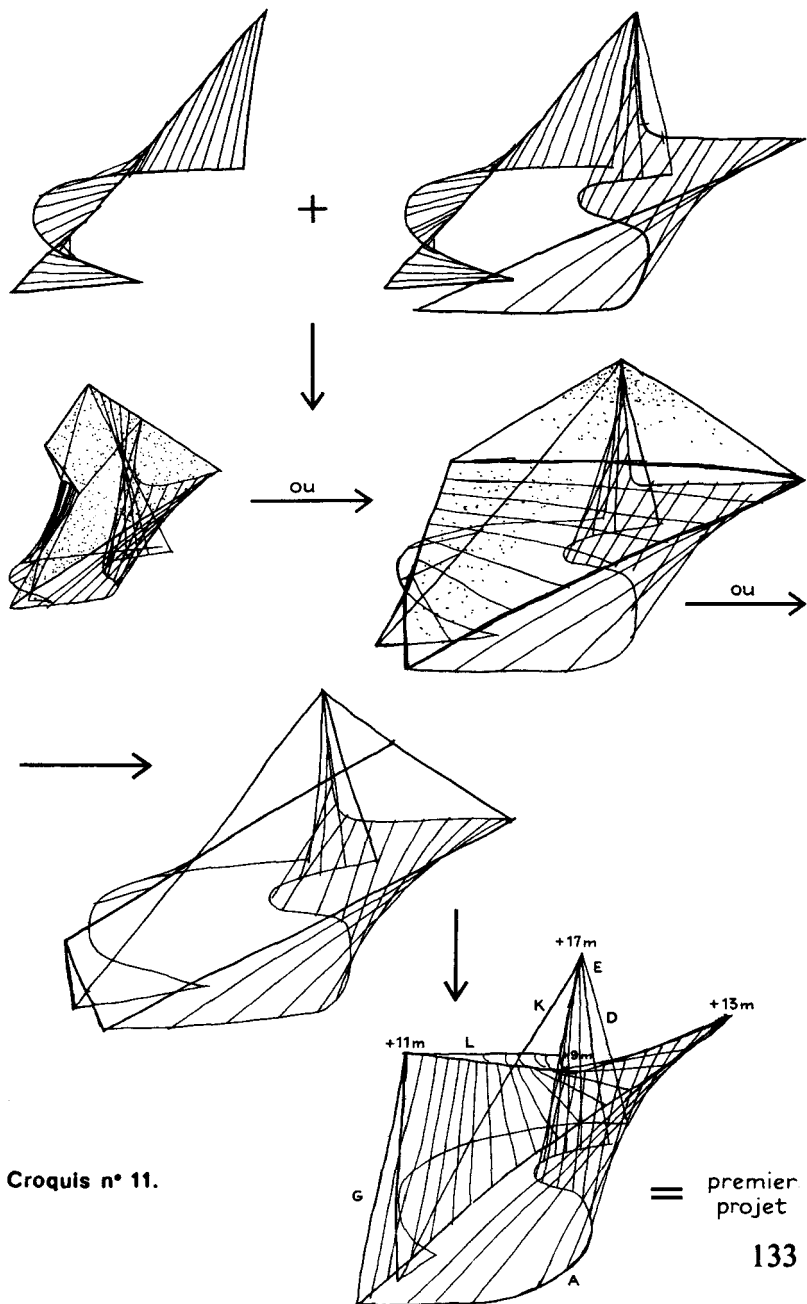
Dans le n° 11 la troisième pointe (+ 11 m) est créée. Elle équilibre plastiquement l'orientation brutale des deux premières (+ 17 et + 13 m). De plus elle crée une torsion générale de volume en direction de la première pointe.

La solution est-elle autoportante?

Probablement avec quelques retouches.

Le 15 octobre 1956, je présentai le croquis n° 11 à Le Corbusier et lui en proposai la formule.

Recherche spatiale :



Il l'approuva sans réserve et me demanda d'en faire une maquette pour rendre le croquis plus explicite pour que M. Kalff puisse le saisir plus facilement et pour que les ingénieurs d'une entreprise parisienne de constructions métalliques puissent établir une offre préliminaire.

Pour réaliser la maquette, il m'a fallu tendre des fils sur les arêtes de rencontre des surfaces et matérialiser ces arêtes par des cordes à piano coudées et encastrées dans la planche de bois. Les trois tiges verticales qui en ont résulté ont eu une conséquence inattendue et très importante. Elles ont fait dévier jusqu'à la fin, jusqu'au projet définitif, l'attention des ingénieurs des différentes entreprises qui ont été consultées et presque toutes passeront à côté de la solution autoportante.

Deuxième étude de Xenakis

Le deuxième projet est une variante du premier. Il est issu en partie de la rencontre que j'ai eue avec les ingénieurs de l'entreprise parisienne, en l'absence de Le Corbusier qui se trouvait aux Indes. Ces messieurs demandaient en conclusion les modifications suivantes :

Critiques des constructeurs :

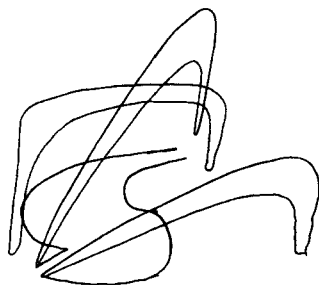
a) Les conoïdes devaient être transformés en P.H. pour simplifier le calcul et l'exécution. (Accepté.)

b) La construction ne pouvait être autoportante (coque mince).

Difficilement calculable et l'étude sur modèle réduit serait trop longue et onéreuse.

La solution canon à ciment sur toile métallique et câbles était dangereuse mais à vérifier. Solution logique : câbles à double courbure avec double paroi rubéroïde ou similaire = tente. (Rejeté pour manque d'isolation phonique.)

c) Ossature métallique suivant les cordes à piano de la maquette avec arêtes en forme de poutres courbes. (Refusé)



d) Contraction globale du volume 25 %. (Refusé.)

Ces critiques fondamentales me permirent de voir plus clair et d'étudier à fond et mathématiquement les surfaces et la composition.

Autocritique plastique :

a) Il n'y avait pas assez de différence entre la hauteur de la deuxième pointe (+ 13 m) et la hauteur de la troisième pointe (+ 11 m). Par contrecoup, le creux (+ 9 m) était trop haut.

b) Le cône L de raccordement manquait de générosité, il semblait indécis, à la limite de « l'existence ».

Pour étudier le pavillon dans sa nouvelle forme et pour dresser les plans que demandaient les ingénieurs il fallait choisir entre trois méthodes : 1° algébrique, 2° géométrique (géométrie descriptive), 3° expérimentale. Une combinaison des méthodes géométriques et expérimentales me parut la plus probante.

La géométrie descriptive donne une approximation aussi grande que l'algèbre.

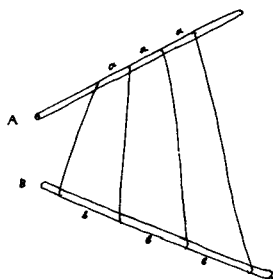
Elle a deux énormes avantages sur l'algèbre :

1° Les risques d'erreur sont moins grands et visuellement contrôlables.

2° Elle est suggestive.

Il est impensable de travailler à des combinaisons de telles formes, avec des fonctions algébriques totalement abstraites. Dans une recherche comme celle-ci, les finesses des courbures et leur dynamisme ne peuvent jamais être imaginés à travers des équations. Ce pavillon devait être *éminemment plastique*. Il n'était pas *déterminé* par des fonctions. Parmi une infinité de courbures possibles il fallait choisir la meilleure combinaison.

Donc l'outil expérimental que j'utilisai fut deux tiges métalliques, rectilignes, réunies par des fils élastiques attachés à des distances égales, sur chacune des dix tiges.

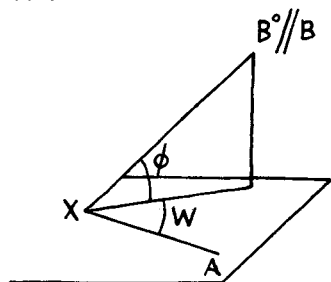


Le paraboloïde hyperbolique construit de cette manière est fonction :

1° de l'écartement des deux tiges A et B (distance des deux droites);

2° des intervalles a et b des points;

3° de deux angles ϕ et W définis par le schéma ci-après :

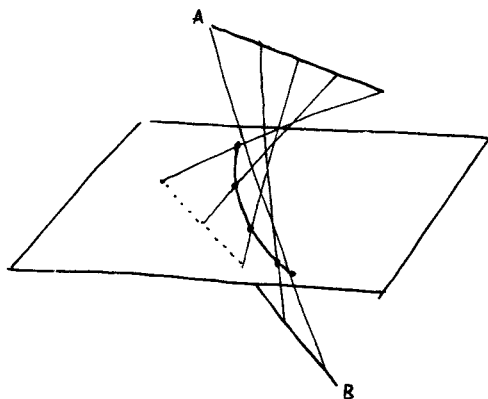


B' est une parallèle à B à partir d'un point quelconque X de A.

La variété des combinaisons de ces cinq variables est infiniment grande!

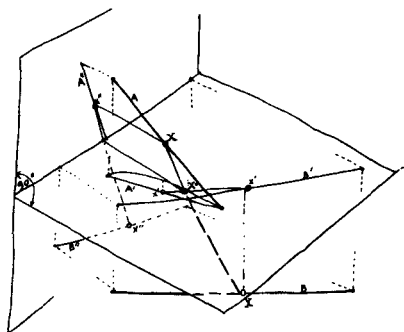
Par conséquent : Pour choisir une seule des surfaces du pavillon il fallait faire jouer *par tâtonnements* les cinq variables à la fois, puis, aussitôt la courbure admise, la fixer par le dessin géométrique.

Pour dessiner un P.H. il suffit de définir les projections sur le plan horizontal et sur le plan vertical, la position dans l'espace et la grandeur de deux droites directrices asymptotes.

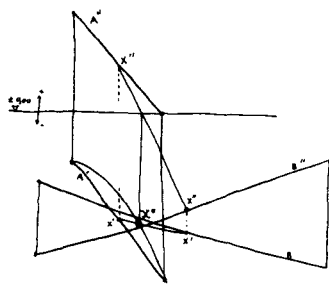


Puis on place sur A et B (directrice) un même nombre de points. On relie les points homologues par des droites (génératrices). La surface ainsi obtenue est un P.H. (Étant donné deux droites dans l'espace, une troisième droite qui coupe les deux premières engendre, lorsqu'elle se déplace, un paraboloid hyperbolique, si elle reste parallèle à un plan donné.)

Les traces de ces génératrices sur le plan horizontal (lorsque le P.H. est coupé par lui) dessinent l'intersection du P.H. et du plan horizontal qui peut être une portion de parabole d'hyperbole d'une droite ou un point.



vue axonométrique



même dessin en géométrie descriptive

Nous comprenons ici que, pour cette architecture à trois dimensions, l'architecte doit se servir d'une représentation géométrique à trois dimensions à l'aide de la géométrie descriptive. L'architecte qui ne sait travailler que sur le plan est incapable de concevoir une architecture à trois dimensions, car la troisième n'est plus simplement le résultat d'une translation parallèle, elle est réelle.

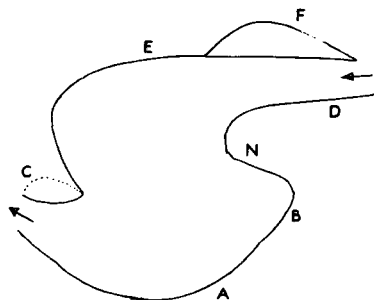
A priori, j'ai défini les nouvelles hauteurs des trois points et leur projection sur le plan horizontal :

- première pointe (+ 21 m);
- deuxième pointe (+ 13 m);
- troisième pointe (+ 18 m);

de façon à agrandir aussi le cône central L. Puis, par tâtonnements sur l'outil expérimental et par des tracés de géométrie descriptive et des va-et-vient entre les deux méthodes, j'ai défini les P.H. qui convenaient plastiquement et dont les intersections avec le plan horizontal (niveau + 0,00) s'adaptaient au mieux avec la figure primitive de l'estomac.

Le deuxième projet était ainsi entièrement créé sur le papier-calque, et rigoureusement défini à l'aide de la géométrie descriptive à l'échelle 1/200 le 8 décembre 1956.

C'est à partir de ces plans que j'ai construit une nouvelle maquette.



Nature des surfaces :

1° Les conoïdes A, D, E sont transformés en quatre P.H. Les A, B, N, D.

2° Le cône L est élargi.

3° Deux nouveaux P.H. sont formés : le P.H.C. et le P.H.F. qui, accolés au P.H.E., laissent le volume nécessaire au salon de l'automatisation vitré dans le bas, aux locaux de service et aux ventilateurs.

Les poteaux sont conservés pour donner aux entrepreneurs la possibilité d'étudier des solutions autoportantes pures ou semi-autoportantes.

Le Corbusier, en rentrant des Indes, accepta le deuxième projet sans aucune retouche, M. Kalff également.

C'était au tour des ingénieurs de jouer. Ils jouèrent trop cher. Le pavillon semblait périlcliter. Déjà des coupes sombres étaient envisagées, des falsifications de la pureté géométrique. On prit contact avec plusieurs entreprises étrangères, qui firent des propositions techniques et des offres. Parmi celles-ci, une seule adoptait presque totalement notre point de vue, la Société belge Strabed :

a) Coque en béton précontraint de 5 cm d'épaisseur.

b) Construction semi-autoportante. Elle utilisait quatre poteaux, dont l'un à l'intérieur du pavillon.

c) En raison d'une incompréhension de mes plans qui résumaient les P.H. qui n'avaient pas de contact avec le

sol, elle a interprété le cône L et le P.H.N. comme formant un seul P.H. le P.H.M.

d) Elle arrivait à un prix acceptable pour Philips.

Les autres entreprises préconisaient des ossatures plus ou moins compliquées avec double paroi pour les coques d'une épaisseur totale de 80 cm, en bois ou en métal ou en plâtre, etc.

C'est ici que je dois parler de l'étonnant M. Duyster, administrateur de la Société Strabed et ingénieur spécialiste du béton précontraint.

Il a imaginé le procédé original qui a abouti à la construction de notre pavillon. Il a décomposé les grands P.H. en petits de $1\text{ m} \times 1\text{ m}$, environ, coulés à plat sur du sable, empilés ensuite sur un échafaudage et comprimés par des câbles en acier (suivant les génératrices) ancrés sur les arêtes ou sur la ceinture des fondations. Il a fait tous les calculs statiques préliminaires en relevant les côtes sur une maquette issue de mes plans.

Avec M. Kalff, il s'adressa aux professeurs de l'Université de Delft MM. Vreedenburgh et Bouma pour faire des essais sur modèle réduit en plâtre qui ont vérifié ses calculs. Tout ceci se passa en quinze jours, temps énormément court. « Sans l'appui des essais, je ne me serais jamais lancé dans cette aventure », dit maintenant M. Duyster.

De plus, par la simplification qu'il a apportée en introduisant le P.H.M., la pureté géométrique du pavillon gagnait encore un point.

Mais la construction avait encore des poteaux, dont un était très gênant.

Je lui proposai une légère transformation du nouveau P.H.M. et du P.H.B. pour arriver à supprimer tous les poteaux. Il l'accepta en précisant que des calculs supplémentaires devaient le vérifier. Je transformais également le P.H.C. de concave en convexe, ce qui stabilisait aisément la troisième pointe qui est effectivement très

penchée. Puis je fermais les deux ouvertures triangulaires à l'aide de nouveaux P.H. adaptés aux anciens. Les accords sur les plans de géométrie descriptive étant ainsi établis, la structure devenait entièrement autoportante et nue, sans béquilles. Les P.H. affirmaient leurs propriétés étonnantes de résistance et de plastique éloquente. Le Pavillon Philips est un symbole de la collaboration des membres d'une équipe, depuis le client, en l'occurrence M. Kalff, jusqu'au chef de chantier qui a su comprendre une structure peu connue, puis expliquer les tâches et guider les ouvriers venus des différents pays d'Europe.

Le Pavillon Philips de par son architecture s'insère non seulement dans une démarche plastique nouvelle mais de plus a provoqué la découverte d'un moyen original et général de mise en œuvre sans coffrage de ces surfaces difficiles, qui réalisant ainsi une œuvre bâtie en tout point originale, appartient à une nouvelle architecture révolutionnaire, l'architecture volumétrique.

Le béton aura amorcé cette révolution. Mais il n'est pas dit qu'il restera pendant encore longtemps son support. Il sera certainement, et dans un proche avenir, remplacé par des matériaux légers, plus malléables, les composés chimiques, les matières plastiques, qui peut-être posséderont des propriétés biologiques d'autodéfense contre l'érosion, la corrosion, la chaleur, la fissuration, etc.

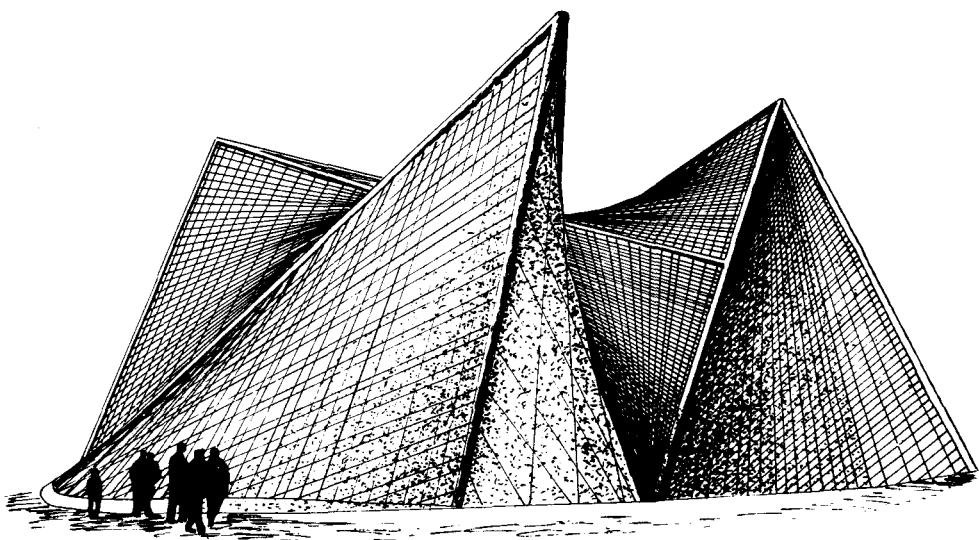
Pour l'instant, le béton seul est à l'origine de l'architecture nouvelle du groupe volumétrique. Il prépare le lit où les matières plastiques de demain formeront le fleuve riche de formes et de volumes que recèlent non seulement les êtres biologiques mais surtout les mathématiques les plus abstraites.

Le système de référence du corps humain ne sera plus l'angle droit et les surfaces planes, horizontales et verticales. Sa sensibilité se façonnera par un espace courbe. Du point de vue psychophysiologique, c'est un enri-

chissement nouveau, géant, aux conséquences encore imprévisibles.

Lorsqu'on se trouve dans le Pavillon Philips on ne raisonne pas sa géométrie, on subit l'influence de ses courbures. On est sensibilisé à tel point, que si par exemple on introduisait dans les surfaces de sa coque des portions brutalement planes, le résultat aurait été une cacophonie insupportable pour nos yeux et pour notre peau. La rigueur d'une loi abstraite de comportement des volumes est *immédiatement* perceptible. Le « filtre » de la logique n'est qu'un supplément hédonique.

Issu d'articles publiés dans *Gravesaner Blätter*, N° 9, 1957
et dans la *Revue Technique Philips*, Tome 20, 1958/59.



II

NOTES SUR UN « GESTE ELECTRONIQUE »

Il s'agit de mettre en relief certains réseaux actuels de la création artistique qui convergent vers une intégration des arts de la vue et de l'ouïe.

La peinture et la sculpture ont déjà, dans leurs intentions, rejoint les étapes toutes récentes de la pensée physique, mathématique et philosophique. Ce sont les étapes vers l'abstraction. L'abstraction est prise dans le sens de : manipulations conscientes de lois et de notions pures, et non pas d'objets concrets.

En effet, les jeux de formes et de couleurs détachés de leur contexte concret impliquent des réseaux conceptuels d'un niveau supérieur. Ces jeux représentent des comparaisons et des appréciations de notions pures qui existent dans les événements et les objets anecdotiques, mais qui s'en détachent pour former les concepts nécessaires à une perception et à un contrôle plus vaste, plus rapide, et plus simple de tous les rapports des volumes et de lumière. Par l'abstraction, ces deux arts s'approchent d'une philosophie des essences qui doucement éclot en mathématique et en logique.

Malgré cet heureux cheminement, ne peut-on faire une critique fondamentale à la peinture et à la sculpture ?

Deux arts qui, tout en utilisant les effets de la lumière au contact de la matière, sont restés enfermés dans leur immobilité séculaire. Le tableau (fresque, tapisserie, etc.) et la sculpture (objet, monument, outil, etc.) sont statiques. Le réseau conceptuel et sensoriel d'un tableau ou d'une sculpture est donné d'un bloc à l'instant où le regard s'y arrête. Le temps est suspendu.

Nous nous serions contentés de cette constatation sans désir modificatif, si l'art cinématographique ne fournissait

pas un terme de comparaison et même davantage : une issue, pleine de promesses, d'aventures surprenantes. Sans ironie, c'est seulement le cinéma qui a doté l'image d'une troisième dimension réelle, le temps.

Quittons pour cette fois la sculpture qui est peut-être plus tactile que visuelle, et concentrons notre attention sur une évolution possible de la peinture, mais en restant dans son domaine abstrait.

Lorsque nous manipulons des concepts, l'image statique donnée en bloc implique des références spatiales et les crée automatiquement. La droite et la gauche du plan du tableau sont ses bornes logiques. La topologie est son terrain. Sitôt que l'on veut créer des états classifiés, il est nécessaire d'utiliser de nouvelles bornes logiques, l'avant et l'après qui appartiennent à la catégorie temporelle.

Nous pouvons déduire que la peinture, du fait qu'elle s'est hissée au niveau de l'abstraction, est forcée de par sa nature propre à s'adjoindre le concept du temps. Une « peinture cinématique » doit logiquement plonger dans l'aventure temporelle l'expression la plus avancée de la peinture contemporaine.

Les moyens techniques du cinéma lui permettent, nous l'avons dit, cet épanouissement. Cette espérance, telle qu'elle vient d'être justifiée ici, se trouve consolidée par des débauches qui se multiplient et se perfectionnent tous les jours. Songeons aux premiers essais du surréalisme avec *Le Chien andalou*, de la peinture décorative avec *Le Ballet mécanique*, etc. Observons dans toutes les salles de cinéma actuelles certains courts métrages publicitaires vraiment riches d'idées abstraites et pleins de trouvailles de techniques cinématographiques. Nous comprenons que ce besoin d'une « peinture cinématique » ne soit pas un luxe mais un besoin vital de l'art de la couleur et des formes.

L'art de la couleur et des formes peut à l'heure actuelle non seulement se rafraîchir à la pellicule d'une projection filmée mais bondir réellement dans l'espace.

La chaîne cinématographique est ainsi :

Lumière blanche — pellicule = filtres colorés — écran plan.

Les obstacles qui s'opposent à ce saut spatial sont engendrés par certains maillons de cette chaîne.

1° L'écran plan. C'est une petite fenêtre, fût-elle panoramique, qui définit le volume spatio-visuel. Imaginons à la place de l'écran plan des écrans gauches, de courbures variant entre des limites très grandes. La focalisation ou le « flou » peuvent devenir des moyens très riches de contrainte artistique. De toute manière, le gauchissement complexe de l'écran plat accuse une réalité spatiale de la cinématique visuelle. Il est nécessaire.

Supposons de plus que l'écran ne se limite pas à un périmètre donné, mais qu'il se déplace sur toutes les parois d'une salle construite à cet effet entièrement en surfaces gauches. Les résultats seront d'autant plus surprenants.

2° L'obscurité d'une salle peut être abolie d'abord par le perfectionnement technique de la projection qui permettrait des ambiances colorées issues de jets rythmés et en couleurs et qui, avec leurs effets frissants ou perpendiculaires, transformeraient les configurations spatiales des surfaces gauches. Un jeu d'orgue, coloré intensément, pourrait être ajouté à l'usage du créateur des formes et des couleurs.

Nous constatons que les prolongements des jeux abstraits de la peinture moderne rejoignent naturellement des moyens que les techniques du cinéma et de l'éclairagisme ont perfectionnés tout récemment et rendent possibles des aventures colossales jamais imaginées jusqu'ici.

Nous constatons également à quel point est importante une conception architecturale nouvelle qui sortirait des

sentiers battus du plan et de la ligne droite (architecture de translation) pour créer un espace à trois dimensions réelles, en utilisant les coques les plus récentes de la théorie de l'élasticité.

Nous sous-entendons enfin à quel point le mouvement des caméras et des projecteurs en couleur nécessite une infrastructure électronique parfaite, régie automatiquement.

La musique a suivi elle aussi une route vers l'abstraction telle qu'elle a été définie au début de ce chapitre et, chose assez surprenante, environ aux mêmes époques que la peinture. Nous pouvons admirer la simultanéité de l'évolution abstraite dans d'autres domaines de l'activité humaine en faisant un parallèle avec la naissance de l'algèbre moderne (abstraite) qui se situe vers 1910. Le courant abstrait est tellement puissant et tellement important que ses détracteurs, dans le domaine des arts, paraissent atteints de débilité mentale.

Pour nous, le début de l'abstraction consciente en musique se situe à l'époque de la découverte de l'atonalité basée sur l'équivalence des douze sons tempérés. Loquin, qui était professeur au conservatoire de Bordeaux, en avait déjà imaginé cette possibilité vers 1895, bien avant les créateurs officiels de l'École de Vienne.

Par la suite, le principe sériel a permis, en se développant, des opérations portant sur des êtres purs, et a introduit des repères logiques entièrement nouveaux. En échange de cette avance conceptuelle formidable, la musique sérielle a dû céder sur un point qui, à notre avis, est important. Elle a imposé une restriction, une contrainte « linéaire » de structuration. Cette contrainte peut être levée à l'heure actuelle par une logique et une esthétique plus générales. Par une logique apparentée aux logiques « polyvalentes » et par une esthétique qui, elle, intégrerait les structuresérielles très fines. Par

ailleurs, la musique sérielle ne peut admettre les sons à variations continues. Variations continues portant sur toutes les composantes du son et en particulier sur la fréquence (glissando). Car elle est par définition ponctuelle. Pourtant la variation continue d'un son est un deuxième aspect complémentaire de son existence dans le temps. Elle nous fait songer à la complémentarité du corpuscule et de l'onde en physique ondulatoire. Il n'y a aucune raison de se priver de cet enrichissement de la notion de son.

Le dépassement donc de la restriction « linéaire » et le contrôle des variations continues des composantes du son peuvent être effectués à l'aide d'une musique plus complète, d'une « musique stochastique », qui utiliserait dans son essence la théorie et le calcul des probabilités avec introduction de toute une série de fonctions mathématiques¹.

D'une part, la musique sérielle et, de l'autre, les techniques électro-acoustiques ont favorisé un nouvel élargissement des tendances abstraites qui se manifeste sous deux formes principales : la musique issue du bruitage radiophonique du type « concrète » de Paris et la musique à base de sons sinusoïdaux du type « électronique » de Cologne. L'intérêt consiste dans les solutions qu'elles apportent à la création du son et de sa vie interne. Dans les deux cas, elles sont fondées sur les techniques électromagnétiques.

Nous allons explorer maintenant les possibilités spatiales que seule la chaîne électro-acoustique permet. Nous suivons ainsi une direction inverse à celle de la peinture. Mais il est remarquable que ces deux arts cherchent actuellement par leurs propres cheminements à intégrer leurs physionomies logiques, la peinture en

1. Pour plus de précisions, voir chap. I, 1^{re} partie.

s'adjoignant la catégorie temporelle et la musique, celle de l'espace.

La chaîne électro-acoustique est ainsi :

bande — magnétophone — haut-parleurs.

Nous fixerons notre attention sur le dernier élément de la chaîne, le haut-parleur. Pour simplifier, nous admettrons que le son audible est directionnel sur toute l'étendue de son spectre. Nous pouvons donc considérer un haut-parleur comme une source ponctuelle dans l'espace à trois dimensions, si le local est inerte acoustiquement.

Ces points sonores définissent l'espace au même titre que les points géométriques de la stéréométrie. Tout ce qui peut être énoncé pour l'espace euclidien pourrait être transposé dans l'espace acoustique. Supposons une droite acoustique définie par des points émetteurs de son. Le son peut surgir de tous les points de cette droite simultanément. C'est la définition statique de la droite. Nous pouvons supposer un réseau orthogonal de telles droites acoustiques définissant un plan acoustique. Nous pouvons, de la même manière, supposer des courbes dans le plan ou dans l'espace ainsi que des surfaces gauches réglées, etc.

Tout ce que nous venons de dire est une définition de la « stéréophonie statique ».

Nous pourrions également construire une droite acoustique à l'aide du mouvement, un son qui se déplace sur une droite de haut-parleurs. Les notions de vitesse et d'accélération acoustiques sont introduites ici. Toutes les courbures géométriques et toutes les surfaces peuvent être transposées cinématiquement à l'aide de la définition du point sonore.

Nous appellerons cette stéréophonie, la « stéréophonie cinématique ».

A l'aide de ces deux types de stéréophonie, la musique s'épanouit dans un véritable « geste sonore », car non

seulement elle met en liaison les durées, les timbres, les dynamiques, les fréquences qui sont inhérents à toute structure sonore, mais de plus elle est capable de régir l'espace mathématique et ses relations abstraites qui peuvent de la sorte devenir magnifiquement perceptibles à l'ouïe sans passer par la vision ou par les appareils physiques de mesure.

Nous constatons que, grâce aux techniques électro-acoustiques, la conquête de l'espace géométrique, nouveau pas dans le domaine de l'abstraction, est réalisable.

Nous constatons également l'importance de la forme architecturale de la salle qui, de par sa diversité adaptée aux effets stéréophoniques totaux, est obligée de puiser dans les nouvelles surfaces plus générales, les formes gauches. La configuration du volume d'air enfermé dans la coque ainsi architecturée a une influence primordiale sur la qualité acoustique (résonances propres) de la salle, même si la salle était totalement sourde, ce qui ne se produira jamais, ceci pour des raisons médicales. Il est d'autre part connu que les surfaces planes et les surfaces à rayon de courbure constant créent des endroits privilégiés de réverbération perturbatrice. Par contre, les surfaces gauches qui ont des rayons de courbure variables sont toutes désignées.

Nous concevons quelle complexité de programmation de télécommande et d'automatisation est demandée à l'infrastructure électronique.

Nous pouvons constater, après ce rapide tour d'horizon, que ces prolongements magnifiques de l'art de la vision et de l'art de l'ouïe ne sont rendus possibles et en partie créés que par les techniques électroniques. Elles permettent une vaste synthèse audiovisuelle en un « geste électronique total », jamais atteint jusqu'ici et qui, de plus, se situe dans le domaine de l'abstraction, qui est le climat naturel et indispensable à son existence.

Le Pavillon Philips de l'Exposition de Bruxelles représente, à cet égard, une première expérience de cette synthèse artistique du son, de la lumière, de l'architecture, une première étape vers un « geste électronique ».

Nous pouvons enfin conclure en disant qu'une conscience conceptuelle nouvelle, l'abstraction, et une infrastructure technique, l'électronique, muent à l'heure actuelle la civilisation humaine.

Nutida Musik, Stockholm, mars 1958.
Revue musicale, n° 244, Paris, 1959.

Couvent de Sainte-Marie-de-la-Tourette

« Ces deux solutions sont statiques. On a admis une troisième solution, dénommée provisoirement : Pans de verre musicaux².

» Ici, la dynamique du Modulator est mise en liberté totale. Les éléments sont confrontés, par masses, dans les deux directions cartésiennes horizontale et verticale. Horizontalement, on obtient des variations de densités des membrures d'une façon continue, à la manière des ondulations des milieux élastiques. Verticalement, on crée un contrepoint harmonique de densités variables. Les deux gammes rouge et bleue du Modulator sont utilisées soit séparément, soit entremêlées, créant ainsi des balancements subtils, totalisant les deux processus modulatoriques.

2. Voir fig. p. 166. Façade ouest du couvent.

» (En fin de compte et pour échapper aux morsures de couleuvres ou de vipères, nous avons adopté pour cette invention le qualificatif de : Pans de verre ondulatoires.) »

*
* *
*

« Cette mise au point des pans de verre du couvent a été faite par Xenakis, qui est ingénieur devenu musicien et travaille actuellement comme architecte, 35, rue de Sèvres. Trois vocations favorables sont réunies ici. Cette tangence de la musique et de l'architecture tant de fois évoquée au sujet du Modulator se trouve manifestée sciemment cette fois-ci dans une partition musicale de Xenakis : « Metastasis » composée avec le Modulator apportant ses ressources à la composition musicale... »

Extrait de LE CORBUSIER, *Modulator II*, Boulogne/Seine, 1955,
« Architecture d'aujourd'hui », page 340.

Pavillon Philips

« Deux minutes d'intervalle, et huit minutes de spectacle. Première décision : le contenant sera une sorte d'estomac, avec une entrée et une sortie différentes pour cinquante personnes. Deuxième décision : le public étant debout et regardant devant lui, disposer de deux parois concaves presque verticales, qui permettent aux spectateurs de voir au-dessus de la tête des voisins.

» On avait d'abord pensé construire en staff — qui est le matériel fondamental et fragile de l'exposition temporaire — une bouteille suspendue à une cage d'échafaudage tubulaire. Mais Xenakis, qui fut chargé, 35 rue de Sèvres, de l'étude, abandonna vite le plâtre. Xenakis, qui avait bien connu Bernard Lafaille, après avoir songé à la charpenterie et au béton, s'orientera vers les surfaces gau-

chies autoportantes. Ayant fait ses épures, Xenakis construisit une première maquette avec du fil de fer et du fil à coudre. Puis une seconde maquette qu'il revêtit de papier à cigarettes. »³

Extrait de LE CORBUSIER. *Le Poème électronique*,
in « Les Cahiers Forces vives »,
Paris, 1958, Éditions de Minuit, page 24.

3. Voir chap. I et fig. p. 166.

III

LA VILLE COSMIQUE

Il est nécessaire, devant le drame de l'urbanisme et de l'architecture contemporaine, de jeter des bases axiomatiques et de tenter une formalisation de ces deux « sciences ». La première question est celle de la décentralisation urbaine.

Le mythe de la décentralisation.

Il est bien vu, depuis plusieurs années, de parler de décentralisation des grands centres urbains, de dispersion des centres industriels sur tout le territoire national, autant que possible. Cette tendance s'est transformée en politique des gouvernements favorisant économiquement les transferts d'industries et la construction d'habitats; le transfert non seulement des industries grandes ou petites, mais également des administrations et des centres universitaires. La hantise de la décentralisation est, on peut l'affirmer, universelle; on la voit en France aussi bien qu'au Japon, aux U.S.A., etc., c'est-à-dire dans tous les pays où les concentrations urbaines sont importantes. Au reste, dans quelques générations, la « poussée démographique » rendra la situation des villes futures impossible, mortelle, si les urbanistes et les États ne changent pas d'optique et n'échappent pas à une mentalité traditionaliste, figée dans le passé, inefficace désormais. La solution donnée à la question de la décentralisation déterminera les cadres de tout urbanisme aussi bien que ceux de l'architecture.

Faut-il donc opter pour la décentralisation ou bien, au contraire, admettre la centralisation?

Tendance naturelle à la concentration.

D'abord, si nous nous plaçons en observateurs de l'histoire contemporaine, nous assistons au développement d'une force puissante, aveugle, irréversible, qui crée des concentrations urbaines en dépit de tous les freinages concertés des gouvernements; force qui augmente la densité et l'étendue des villes. Il semble même qu'une loi simple mais terrible peut être dégagée de cette observation : les grands centres augmentent plus que les petits, selon une courbe logarithmique.

Ensuite, si nous nous plaçons sur le plan socio-culturel aussi bien que sur celui de la technique et de l'économie, les grands centres favorisent les expansions et les « progrès » de toute nature. C'est une constatation historique, faite depuis des millénaires mais constamment oubliée et dont on pourrait trouver l'équivalent en d'autres domaines, par exemple dans celui des cultures biologiques complexes, ou tout simplement dans ces phénomènes de masses qui, en conformité avec la loi des grands nombres, rendent possible l'apparition d'événements exceptionnels, hautement improbables (= impossibles) dans des populations plus petites.

En revanche, la décentralisation conduit à un éparpillement des centres, à une augmentation de la longueur des voies et de la durée des échanges, à une spécialisation étanche des collectivités et à un marasme socio-culturel. Les cités universitaires le prouvent, aussi bien que les cités ouvrières et toutes les espèces de « cités » à l'intérieur d'un pays : par là sont mises en déroute les théories des *cités linéaires* et autres naïvetés.

Ces raisonnements et constatations sont dans l'air, et simples à faire même pour ceux qui n'ont pas le loisir de consulter ou ne savent pas lire les statistiques des services spécialisés.

Mais, pourquoi décentraliser?

En réalité, cette politique à contresens tient à deux directions maîtresses :

a) l'asphyxie des villes actuelles sous la masse des communications anarchiques et la mauvaise répartition des activités sur le territoire national;

b) une tradition mentale de géométrisation et de planification des ensembles urbains qui, resurgie avec une nouvelle vigueur au XIX^e siècle, s'est fixée et figée pendant les années 1920, sous l'influence du cubisme et du constructivisme. Une tradition qui a une véritable force d'inhibition.

Mythe de l'orthogonisme.

Cette deuxième direction a déjà montré qu'elle était impuissante à résoudre des problèmes plus simples, tels que la construction de villes neuves, même lorsque les urbanistes ont tout l'appui des gouvernements, comme c'est le cas pour Le Havre, Brasilia, Chandigarh, qui sont pour l'instant des villes mort-nées. Il est, en effet, impossible dans l'état actuel de formation des urbanistes et des architectes (formation conservatrice et simpliste) que des individus puissent résoudre, *a priori*, sur le papier, les problèmes de la naissance, de la constitution et du développement d'une ville, problèmes qui sont mille fois plus complexes que ceux d'un logis ou d'une unité d'habitation, eux-mêmes résolus tant bien que mal. Cette carence fait que les solutions urbanistiques sur le papier ne sont que des combinaisons pauvres de lignes droites et de rectangles, accommodés d'espaces incongrûment courbes (= espaces verts).

C'est cette même carence qui fait que ceux qui ont la responsabilité de l'aménagement du territoire sont obnubilés par la complexité biologique d'une ville sortie des siècles, comme l'est Paris; et, qu'empoisonnés par les vapeurs d'essence ou les longues attentes dans toutes

sortes de files, ils prônent l'explosion de cette complexité vivante, au lieu de s'attaquer, par exemple, au vrai problème de l'industrie automobile; sans parler des solutions données par des architectes urbanistes dits d'avant-garde, qui, en fait, ne sont que des naïvetés à courte vue et rampantes : car, pour ceux-là, prôner l'impossible décentralisation-panacée-à-tous-les-maux-urbains n'a pas été un cas de conscience.

Donc, sous la tyrannie de ces deux lignes de force, l'une réelle, l'autre mentale, on décentralise à tour de crayon en créant des villes-satellites (= villes-taudis modernes), villes-dortoirs ou villes spécialisées nanties d'une architecture cubique absurde (boîtes à chaussures = clapiers), standardisées, avec parfois une coquetterie décorative, grotesque, exemple Stockholm, ou sans coquetterie, exemple Paris ou Berlin.

Il est vrai aussi que l'algorithme du plan, de l'angle droit et de la ligne droite, venu du fond des millénaires et qui est la base de l'architecture et de l'urbanisme contemporains, a été fortement renforcé par les matériaux « nouveaux » : le béton (à cause du coffrage en planches), l'acier et le verre aussi bien que par la théorie relativement simple des éléments plans et surtout linéaires.

Seulement voilà! Si la concentration est une nécessité vitale pour l'humanité, il faut changer complètement les idées actuelles sur l'urbanisme et l'architecture et les remplacer par d'autres.

La ville cosmique verticale.

Nous allons esquisser un faisceau d'idées qui conduiront à la conception de la « ville cosmique verticale ».

Voici une liste des propositions axiomatiques s'impliquant les unes les autres, qui aideront à dégager son visage et à formaliser sa structure :

1° Nécessité absolue de rechercher les grandes concentrations de population, pour des raisons générales énumérées plus haut.

2° Une haute concentration et l'énorme effort technique qu'elle entraîne, impliquent une indépendance totale par rapport à la surface du sol et du paysage. Cela conduit à la conception de la ville verticale, à la ville pouvant atteindre des altitudes de plusieurs milliers de mètres. L'indépendance conduit en même temps vers une géante standardisation : la formalisation des conceptions théoriques et de la mise en œuvre sera nécessairement et seule efficace.

3° La forme que recevra la ville devra éliminer, dans sa structure, les efforts de flexion et de torsion anti-économiques.

4° La lumière devra pénétrer partout et la vue être directe de et sur les espaces. D'où une épaisseur relativement faible de la ville verticale.

5° Puisque la ville sera verticale, son occupation du sol sera minime¹. La libération du sol et l'essor technique d'une telle ville entraîneront la récupération de vastes étendues, une culture du sol automatique et scientifique, utilisant des ensembles électroniques de gestion et de décision : car le paysan classique, avec son travail manuel, devra disparaître.

6° La répartition des collectivités devra constituer, au départ, un mélange statistiquement parfait, contrairement à toute la conception actuelle de l'urbanisme. Il n'y aura pas de sous-cité spécialisée d'aucune sorte. Le

1. Pour une densité de 500 habitants à l'hectare, une ville comme Paris, de 5.000.000 d'habitants, couvre en gros 10.000 hectares. La ville que nous proposons couvrira au sol 8 hectares environ, soit moins d'un millièm.

brassage devra être total et calculé stochastiquement par les bureaux spécialisés de la population. L'ouvrier, les jeunes vivront dans le même secteur que le ministre ou le vieillard, pour l'avantage de toutes les catégories. L'hétérogénéisation de la ville viendra par la suite d'elle-même, d'une façon vivante.

7° En conséquence, l'architecture intérieure de la ville cosmique devra s'orienter vers la conception de locaux interchangeables (cf. l'architecture traditionnelle japonaise), s'adaptant aux utilisations les plus diverses : le nomadisme interne (mouvements des populations) tend à s'amplifier à partir d'un certain palier de progrès. L'*architecture mobile* sera donc la caractéristique fondamentale de notre ville.

8° Puisque cette ville sera façonnée par la technique universelle, elle sera également apte à loger les populations du Grand Nord (ou Sud) et celles des tropiques ou des déserts. Des conditionnements climatiques devront donc la munir en certaines de ses parties, de façon à rendre indépendants des contingences climatiques et météorologiques des centaines de millions d'humains, qui pourront accéder à des conditions de vie et de travail tempérées sous toutes les latitudes. Ainsi, la technique, entièrement industrialisée et formalisée, transformera la ville en un véritable *vêtement collectif, réceptacle et outil* biologiques de la population.

9° La communication se fera suivant des coordonnées cylindriques, avec l'avantage des grandes vitesses à la verticale, 100 à 200 km/heure.

10° Les communications par transport de matières (hommes ou choses) devront être assurées par des techniques nouvelles (exemple trottoirs ou rues roulantes à petites, moyennes ou grandes vitesses, déplacements pneumatiques-express pour passagers dans le sens hori-

zontal aussi bien que vertical, etc.). Donc, suppression de tout moyen de locomotion individuel sur roues².

11° Les transports à trois dimensions (aériens) seront favorisés par les pistes au sommet des villes cosmiques (économie considérable de carburant). Les temps morts entre villes et aérodrômes seront réduits à néant.

12° La grande altitude de la ville, outre la densité très élevée qu'elle permettra de réaliser (2.500 à 3.000 habitants par hectare), aura l'avantage de dépasser les nuages les plus fréquents, qui roulent entre 0 et 2.000-3.000 mètres, et de mettre les populations en contact avec les vastes espaces du ciel et des étoiles : l'ère planétaire et cosmique est commencée, et la ville devra être tournée vers le cosmos et ses colonies humaines, au lieu de rester rampante.

13° La transformation des déchets industriels et domestiques en circuit fermé prendra une ampleur très grande, au bénéfice de la santé et de l'économie.

14° La ville cosmique, par définition, ne craindra pas les dévastations de la guerre, car le désarmement sera gagné sur terre et les débouchés et autres expansions seront recherchés dans l'espace cosmique, les États actuels s'étant transformés en provinces d'un État géant mondial.

Solutions techniques.

Rapides données techniques de la ville cosmique :

Les quatorze points précédents entraînent certaines solutions techniques : utilisation des structures de coques, et notamment des surfaces gauches, telles que les para-

2. Plaie infligée aux villes modernes par les industries multiples des voitures automobiles. C'est un exemple de cancérisation sociale et économique vaine, difficilement enrayable en pays de libre concurrence.

boloïdes hyperboliques (P. H.) ou les hyperboloïdes de révolution, qui évitent les efforts de flexion et de torsion et n'admettent (sauf aux rives) que des efforts de traction, de compression et tranchants.

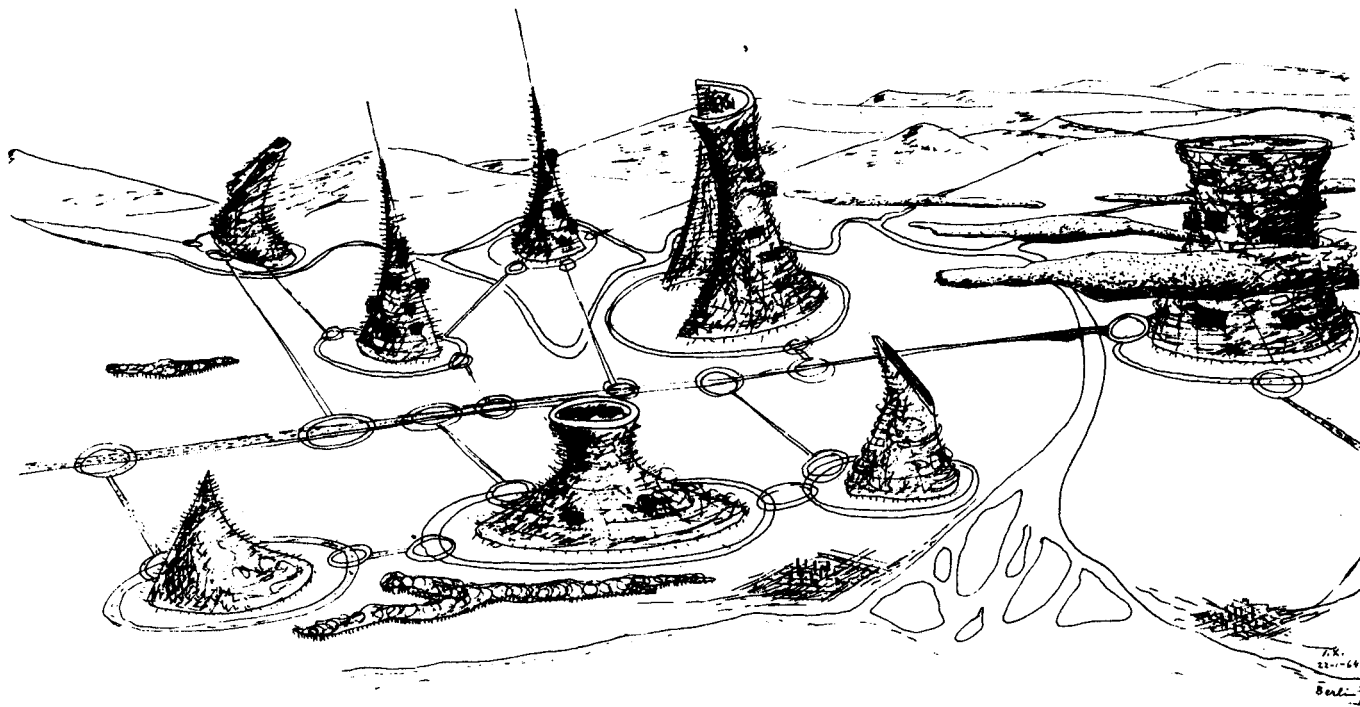
La forme et la structure de la ville seront donc une coque creuse à double paroi en treillis, en raison des surfaces réglées utilisées, ce qui, de plus, aura l'avantage d'employer des éléments linéaires, toujours meilleur marché.

Pour fixer les idées, supposons que la forme adoptée soit un hyperboloïde de révolution (H. R.), d'une altitude de 5.000 mètres et devant contenir dans sa coque creuse, épaisse de 50 mètres en moyenne, une ville de 5.000.000 d'habitants.

Les 5.000 mètres d'altitude sont à la limite de la pression et de l'oxygénation normales que peut supporter un homme de la rue sans aucun appareil spécial et sans adaptation préalable. Ce qui revient à dire que la ville cosmique peut « sauter » cette barrière et s'élever à plus de 5.000 mètres à condition de prévoir la pressurisation, l'humidification et l'oxygénation artificielles.

Si nous admettons un diamètre à la base égal à 5 km, la surface de la coque sera d'environ 60 km². Ce calcul approché est fait sur un cône tronqué d'une hauteur de 5 km et de bases 5 et 2,5 km. Puisque l'épaisseur de la coque portant la ville est de 50 mètres, le volume de la coque sera de 3 km³ environ. Or, une ville complète comme Paris (qui nous sert de modèle) d'une densité de 500 habitants par hectare, forme une couche d'une épaisseur de 22 mètres, et 5.000.000 d'habitants occupent en moyenne, avec leurs maisons, leurs bâtiments publics, leurs industries et leurs espaces verts ou de circulation, un volume de 2,2 km³ sur un développement de 10.000 hectares.

Soit, maintenant une charge moyenne de 400 kg par mètre carré de plancher (= matériaux ultra-légers, plas-



VILLES COSMIQUES

Groupe de villes cosmiques pouvant remplacer avantageusement l'océan des agglomérations répandues depuis Boston jusqu'à Washington en passant par New York et totalisant 25 millions d'habitants.

tiques ou métaux, de volume très faible grâce aux industries spatiales qui trouveront ainsi des débouchés terrestres); 7 étages. 400 kg/m^2 pour les $3/4$ d'hectare de la ville, le dernier quart étant formé par les voies et les espaces libres. Par conséquent, le poids total de la ville sera de : $(3/4) \cdot 10.000 \cdot 2.800 \text{ kg/m}^2 = 210.000.000$ tonnes à répartir sur un anneau circulaire au sol de 16 km de périmètre, sur 250 mètres de largeur pour une pression au sol de 5 kg/cm^2 .

Berlin, janvier 1964.

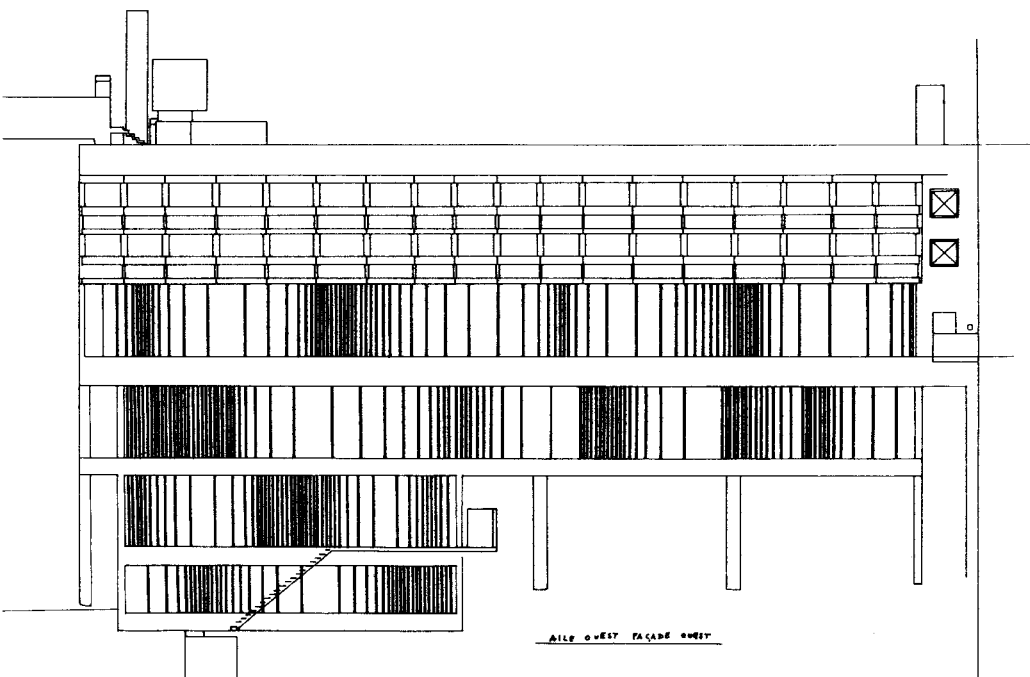
Publié dans Françoise CHOAY, *L'Urbanisme, Utopies et Réalité*, Le Seuil, 1965.

TROISIÈME PARTIE

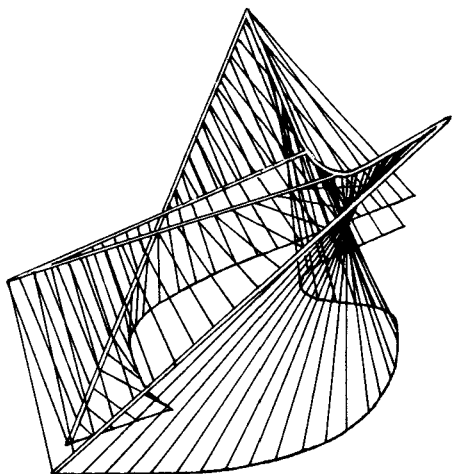
MUSIQUE. ARCHITECTURE

The image shows a page of an orchestral score for the opera *Metastasis*, composed in 1954. The page contains 12 systems of staves, each with a group of staves for a different instrument or voice part. The notation is dense and complex, featuring many notes, rests, and dynamic markings. The staves are numbered 1 through 12 on the left side. The page is divided into four systems of three staves each. The notation is in black ink on a white background.

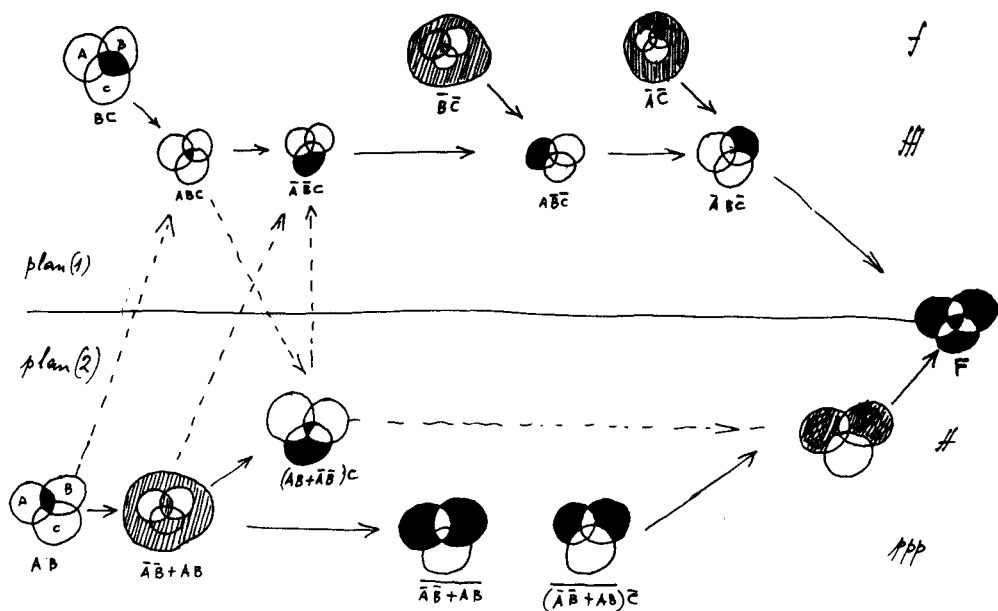
Metastasis, 1954. Page de partition d'orchestre.



Couvent de Sainte-Marie-de-la-Tourette à Evéux sur l'Arbresle, 1955. Pans de verre ondulatoires, façade ouest. Voir p. 150.

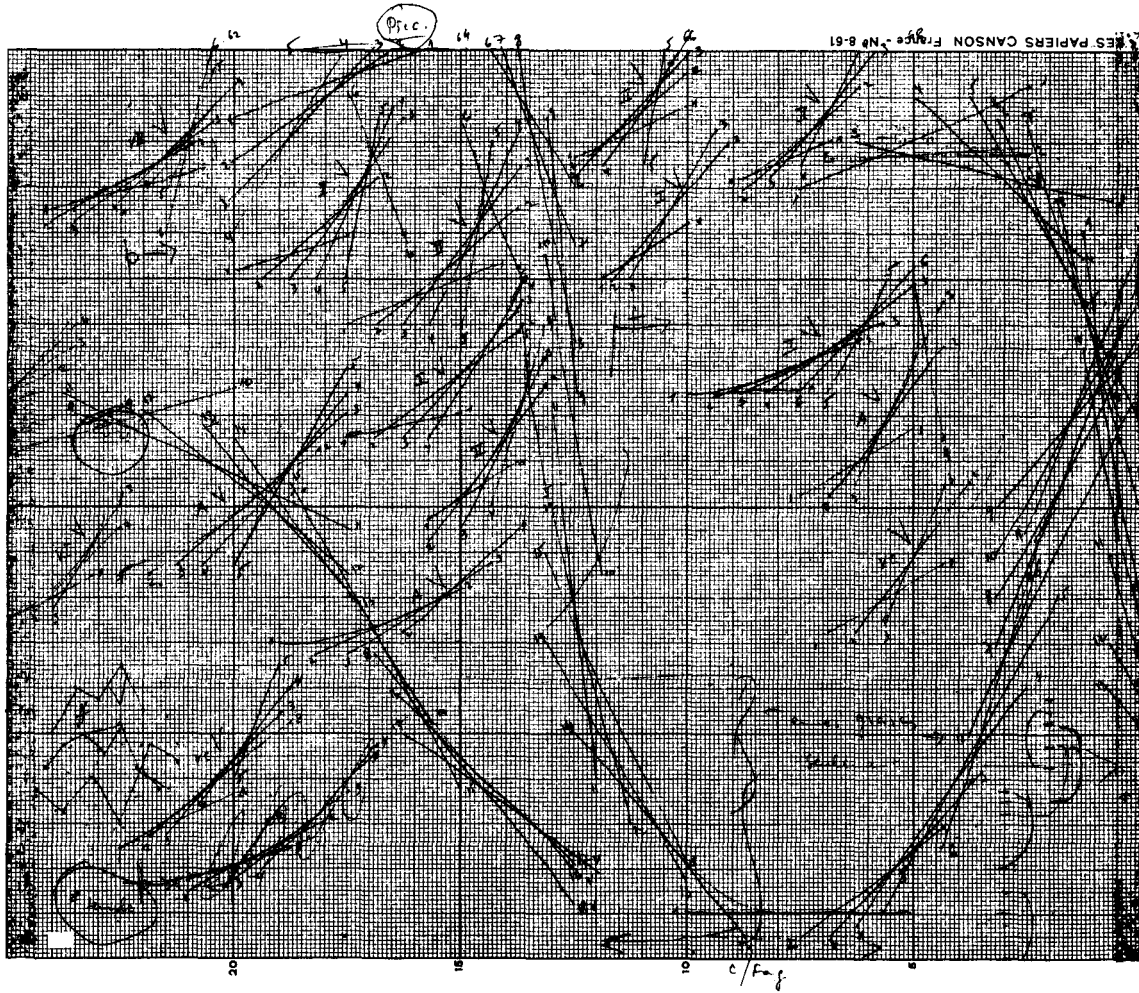


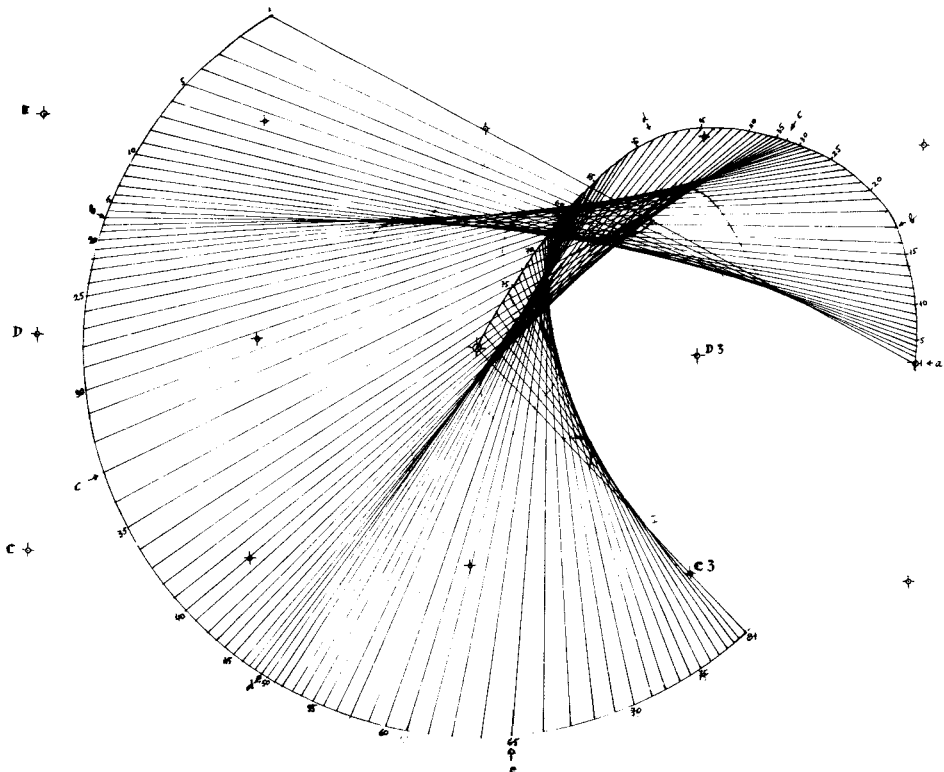
Pavillon Philips à l'Exposition universelle de Bruxelles, 1958. Dessin de maquette, 1956. Voir p. 151.



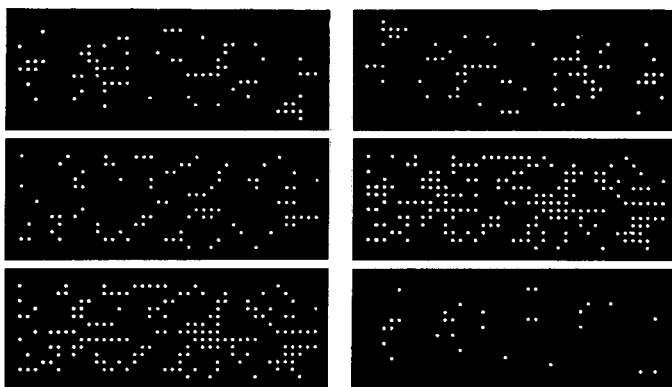
Herma, pour piano, 1961. Schéma formel de la composition.

Polla ta dhina, pour orchestre et chœur d'enfants, 1962. Extrait du graphique avant la transcription en notation musicale traditionnelle (à droite).

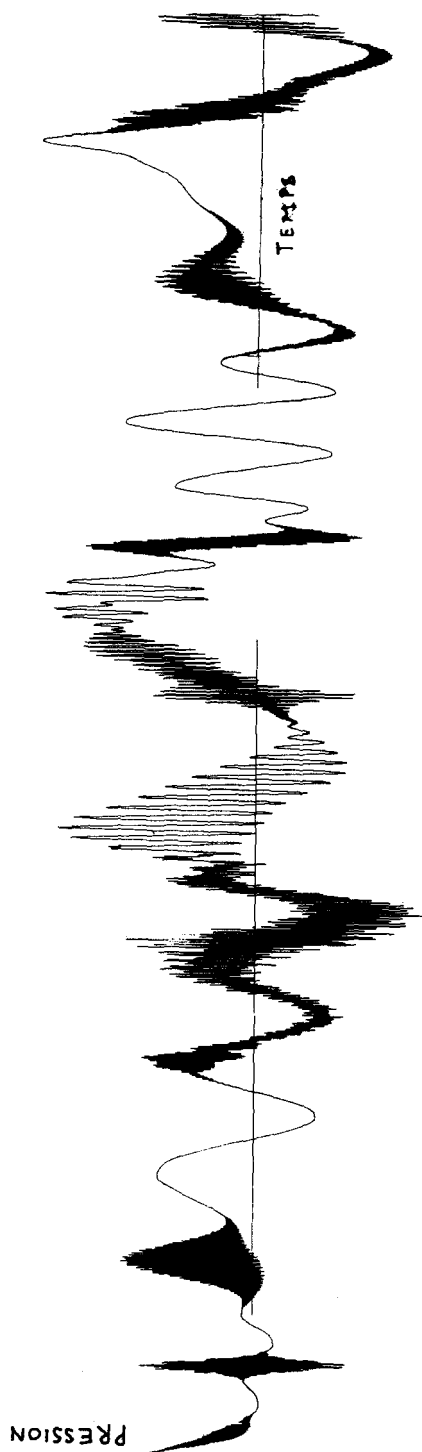




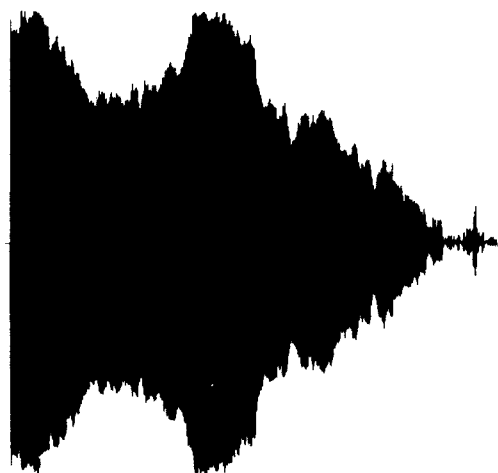
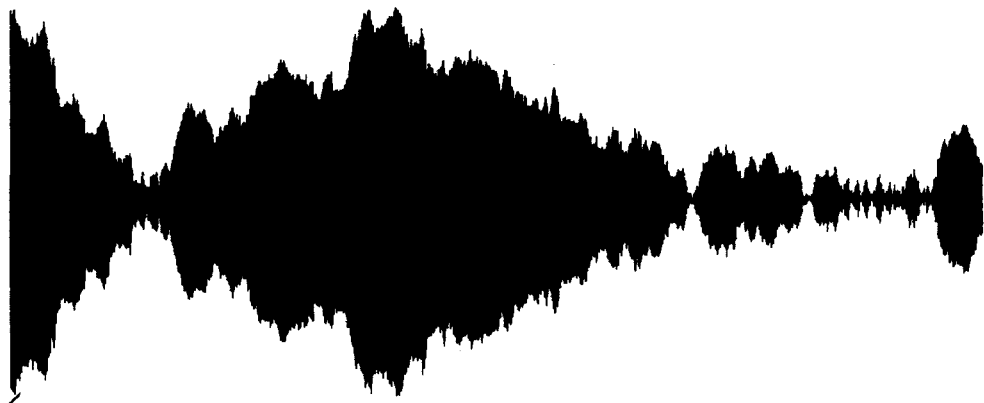
Polytope de Montréal au Pavillon français de l'Exposition universelle de 1967. Vue en plan de la nappe de câbles E, 1966.



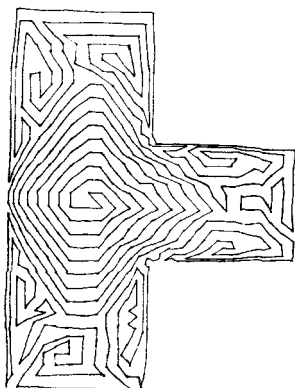
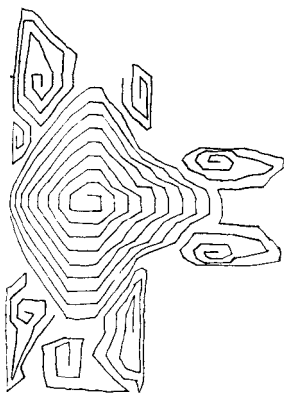
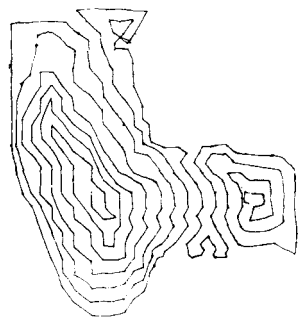
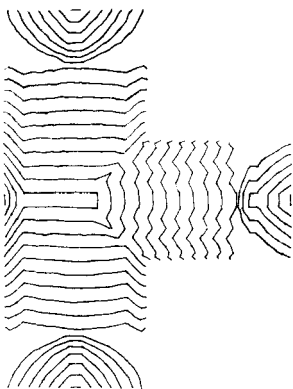
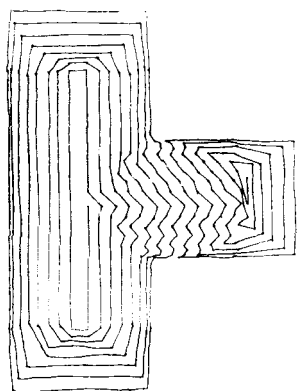
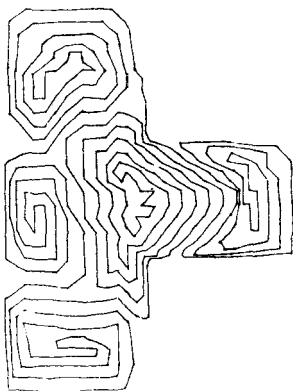
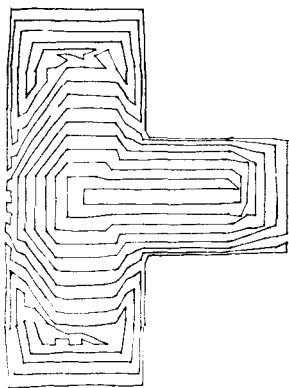
Polytope de Montréal au Pavillon français de l'Exposition universelle de 1967. Film de commande du spectacle lumineux. Chaque point blanc laisse passer un rayon du projecteur qui éclaire la cellule photo-électrique correspondant à l'un des 1.200 flashes qui se trouvent dans l'espace.

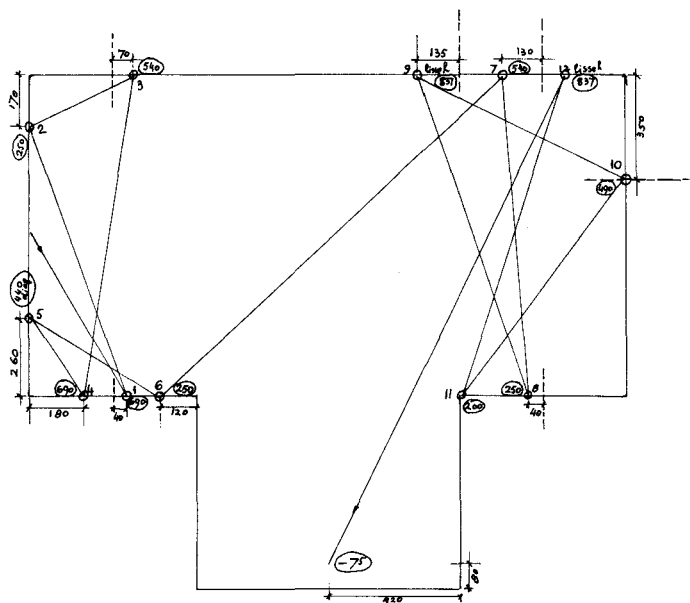
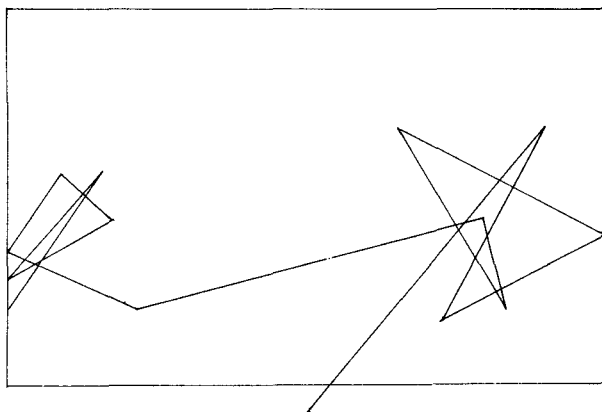


Synthèse de la musique par ordinateur couplé au convertisseur numérique /analogique. Ici, combinaisons de particules sonores, 1970.



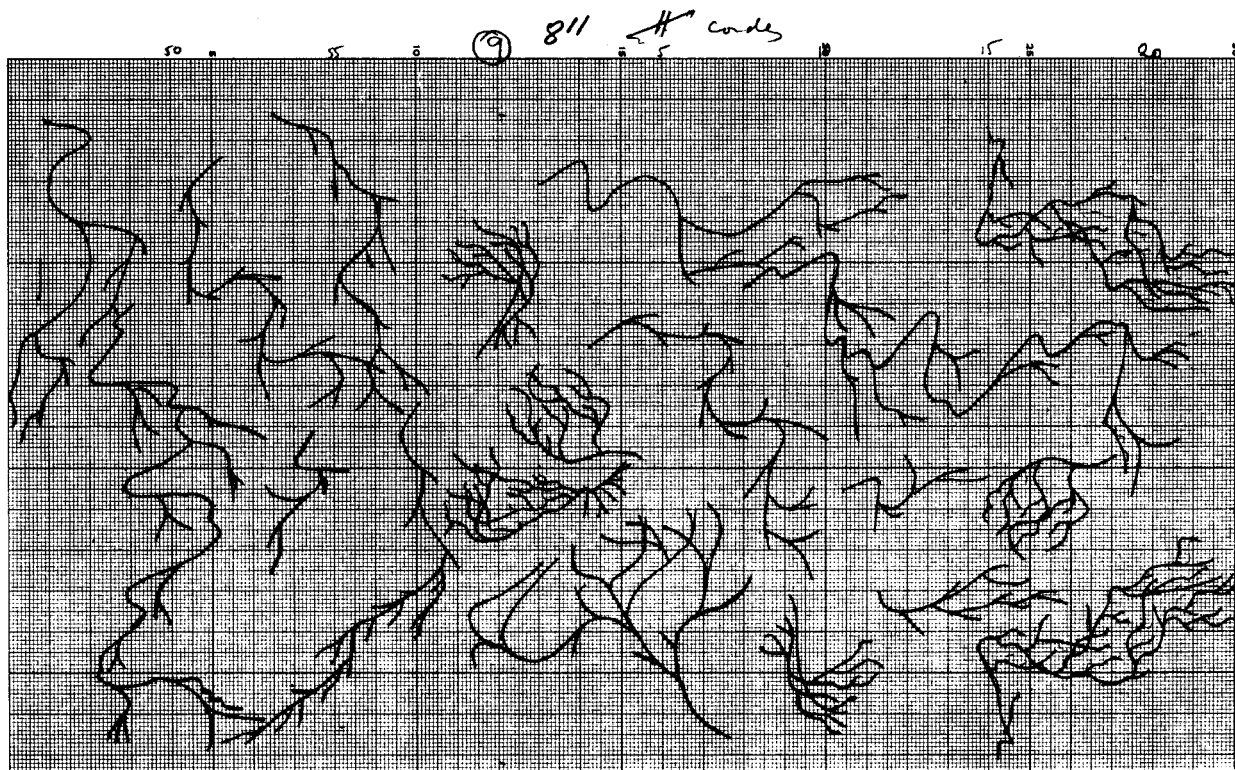
Synthèse de la musique par ordinateur couplé au convertisseur numérique/analogique. Ici, traitement spécial de la fonction de probabilité, dite « logistique », dans l'espace pression-temps (mouvement brownien, random walk), 1971.



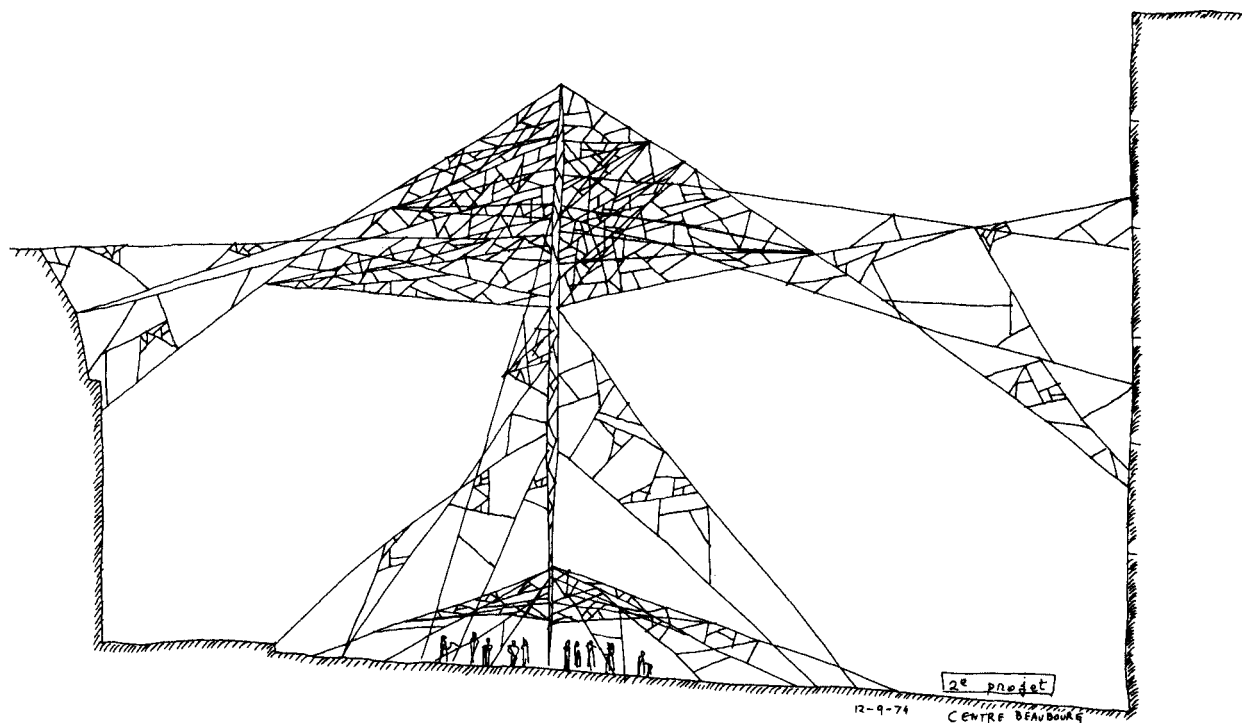


Ci-dessus : Polytope de Cluny, 1971. Toile d'araignée lumineuse d'un rayon laser. Élévation (en haut). Plan (en bas).

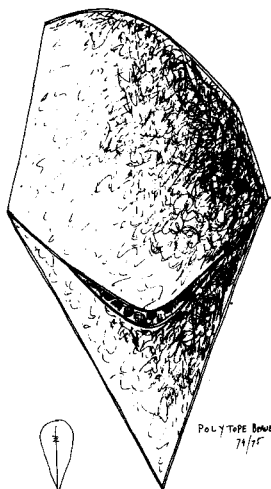
A gauche : Polytope de Cluny, 1971. Tracés de spirales lumineuses sur la voûte des thermes produites par les 600 flashes électroniques éclatant successivement tous les 25° de seconde et commandés individuellement par une bande digitale préalablement calculée sur ordinateur.



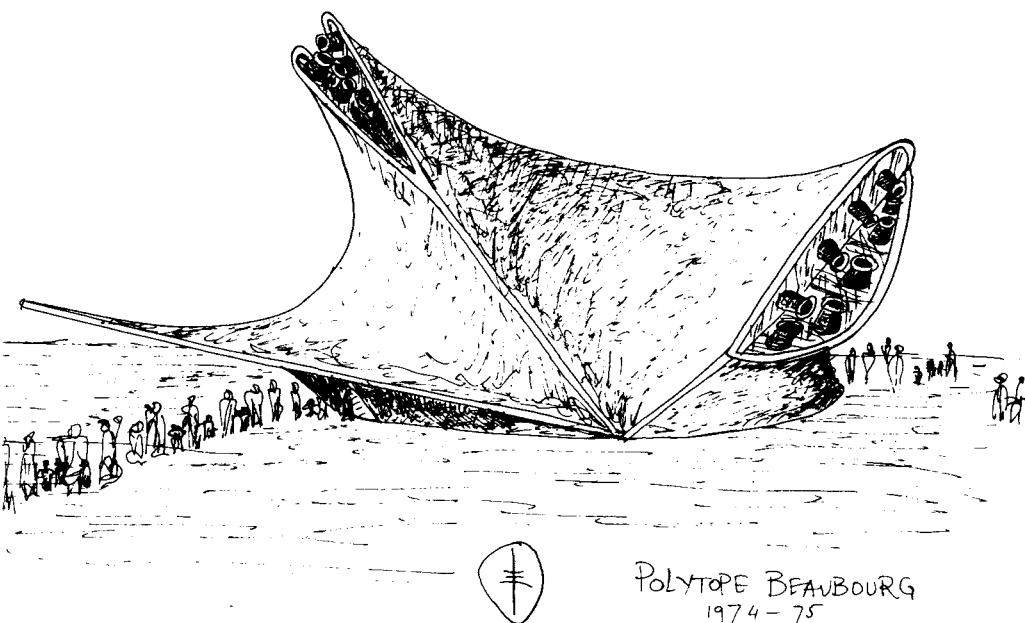
Erikhthon, pour piano et orchestre, 1974. Arborescence et leurs transformations « conformes » dans l'espace hauteur-temps.
Extrait du graphique avant la transcription en notation musicale traditionnelle.



Polytope de Beaubourg, 1974. 2^e projet (non retenu) pour l'inauguration du Centre National d'Art et de Culture Georges Pompidou. Toile d'araignée en trois dimensions, films et tubes, aux nœuds desquels sont accrochés des milliers de flashes électroniques commandés individuellement suivant une partition lumineuse calculée à l'ordinateur.



Polytope de Beaubourg, 1974-1975. Vue aérienne de la coque textile qui abrite le spectacle itinérant de flashes électroniques, de lasers et de musique électro-acoustique. Maquette retenue pour l'inauguration du Centre National d'Art et de Culture Georges Pompidou, au printemps 1977.



Polytope de Beaubourg, 1974-1975. Croquis perspectif de la coque textile qui abrite le spectacle itinérant de flashes électroniques, de lasers et de musique électro-acoustique. Maquette retenue pour l'inauguration du Centre National d'Art et de Culture Georges Pompidou, au printemps 1977.

I

VARIÉTÉ¹

Les univers des musiques classique, contemporaine, pop, folklorique, traditionnelle, d'avant-garde..., semblent former des unités en soi, parfois fermées, parfois s'interpénétrant. Ils présentent des diversités incroyables, riches de créations nouvelles, mais aussi de fossilisations, de ruines, de déchets, tout cela en formations et transformations continues, tels les nuages, si différenciés et si éphémères.

Cela s'explique par la proposition que la musique est un phénomène socioculturel, subordonné donc à l'instant de l'histoire. Pourtant, on peut distinguer des parties qui sont plus invariantes que d'autres et qui forment ainsi des matériaux de dureté et de consistance consécutives aux diverses époques des civilisations, matériaux qui se meuvent dans l'espace, créés, lancés, entraînés, par les courants des idées, se heurtant les uns aux autres, s'influençant, s'annihilant, se fécondant.

Mais de quelle essence ces matériaux sont-ils faits? Cette essence c'est l'intelligence de l'homme en quelque sorte solidifiée. L'intelligence qui quête, questionne, infère, révèle, échafaude à tous les niveaux. La musique et les arts en général semblent nécessairement être une solidification, une matérialisation de cette intelligence. Naturellement cette intelligence, quoique humainement universelle, est diversifiée par l'individu, par le talent, qui distancie l'individu des autres.

1. Publié avec l'autorisation de William B. CHRIST et de Richard P. DELONE, School of Music, Indiana University, Bloomington, U.S.A. Article à paraître dans l'ouvrage : *The Art of Music : Tradition and Change*.

Le talent est donc une sorte de qualification, de gradation, de la vigueur et de la richesse de l'intelligence. Car elle est, au fond, le résultat, l'expression de milliards d'échanges, de réactions, de transformations énergétiques des cellules du cerveau et du corps. On pourrait, à l'image de l'astrophysique, dire que l'intelligence est la forme que prennent les actes minimes des cellules dans leurs condensations et leurs mouvements, tels les soleils, les planètes, les galaxies, les amas de galaxies, issus de, ou se réduisant à la poussière interstellaire froide. Cette image, toutefois, est inversée (au moins sur un plan), car cette poussière froide, en se condensant, devient chaude à l'inverse de l'intelligence qui est un résultat froid des échanges entre les cellules chaudes du cerveau et du corps, un « feu froid ».

Ainsi les couleurs, les sons, le relief, sont des condensations dans notre système sens-cerveau, duquel système un aspect brutal et parfaitement superficiel, extérieur, est perçu et saisi au niveau conscient. Les vibrations périodiques du milieu électromagnétique de la lumière ou de l'air sont inaccessibles à la conscience mais magnifiquement (dans des limites bien sûr) bien suivies et converties par nos sens et notre cerveau dont les sens sont le prolongement. Les conversions, d'autre part, sont sur plusieurs niveaux, du niveau de la perception immédiate à celui de la comparaison, de l'appréciation et du jugement. Comment, pourquoi tout cela se produit, est un mystère élaboré, comme chez les animaux, depuis des millions et des milliards d'années.

De même, prenons un exemple qui a l'air d'être évident, celui des échelles en musique. Il y a eu, en Occident tout au moins, des condensations de plus en plus fortes : la quarte juste et ses tétracordes, et peut-être la quinte juste, d'abord, dont les origines sont parfaitement inconnues, puis l'octave, ensuite la construction des « systèmes » par juxtapositions de tétracordes qui ont engendré les échelles de l'antiquité dont l'échelle diatonique des touches blanches du piano est

une survivance, puis l'échelle chromatique à tempérament égal et enfin la continuité dans l'ensemble « hauteurs du son ».

Il ressort de cet exemple que la musique est une forte condensatrice, peut-être plus forte que les autres arts. C'est pourquoi je donne un tableau comparatif entre certaines conquêtes réalisées par la musique et quelques réalisations par les mathématiques, telles que l'histoire nous l'enseigne (cf. Annexe 1). Ce tableau montre un des chemins que la musique a pris dès l'origine (dès l'Antiquité) et qu'elle a gardé avec une fidélité remarquable à travers les millénaires en accélération forte au xx^e siècle, ce qui prouve que, loin d'être une mode, cette faculté de condensation vers l'abstrait est une nature profonde qui lui appartient sans doute plus à elle qu'à d'autres arts. Par conséquent, il semble qu'un type nouveau de musicien soit nécessaire, celui de *l'artiste-concepteur* de nouvelles formes abstraites et libres, tendant vers des complications puis vers des généralisations sur plusieurs niveaux de l'organisation sonore. Par exemple une forme, une construction, une organisation bâtie sur des chaînes de Markov ou sur un complexe de fonctions de probabilités interliées, peut être transportée simultanément sur plusieurs niveaux de micro-, méso- et macrocompositions musicales. On peut d'ailleurs étendre cette remarque au domaine visuel, par exemple dans un spectacle fait avec des rayons lasers et des flashes électroniques comme celui du Polytope de Cluny.

Rien ne nous empêcherait de prévoir désormais une nouvelle relation entre arts et sciences, notamment entre arts et mathématiques, dans laquelle les arts « poseraient » consciemment des problèmes pour lesquels les mathématiques devraient et devront forger de nouvelles théories.

L'artiste-concepteur devra posséder des connaissances et de l'inventivité dans des domaines aussi variés que la mathématique, la logique, la physique, la chimie, la biologie, la génétique, la paléontologie (pour l'évolution des

formes), les sciences humaines, l'histoire, en somme une sorte d'universalité, mais fondée, guidée, orientée par et vers les formes et les architectures. Il est d'ailleurs temps de fonder une nouvelle science de « morphologie générale » qui traitera des formes et des architectures, de ces diverses disciplines, de leurs aspects invariants et des lois de leurs transformations qui parfois ont duré des millions d'années. La toile de fond de cette science nouvelle devra être les condensations réelles de l'intelligence, c'est-à-dire l'approche abstraite, dégagée de l'anecdotique de nos sens et de nos habitudes. Par exemple, l'évolution formelle des vertèbres des dinosaures est un des documents paléontologiques à verser aux dossiers de la science des formes.

Plongeons maintenant dans le système fondamental sur lequel repose l'art. L'art participe du mécanisme inférentiel qui constitue les planches sur lesquelles se meuvent toutes les théories des sciences mathématiques, physiques, et celles des êtres vivants. En effet, les jeux des proportions réductibles à des jeux de nombres et de métriques dans l'architecture, la littérature, la musique, la peinture, le théâtre, la danse, ... ; les jeux de continuité, de proximité, dans le temps ou hors-temps, d'essence topologique, se font tous, sur le terrain de l'inférence, au sens strict de la logique. A côté de ce terrain et en activité réciproque existe le mode expérimental qui défie ou confirme les théories créées par les sciences, y compris par la mathématique. Car la mathématique a aussi montré que depuis les géométries non euclidiennes et les théorèmes comme ceux de Gödel, elle n'est qu'expérimentale, mais à terme beaucoup plus long que celui des autres sciences. C'est l'expérience qui fait et défait les théories, sans pitié, sans considération pour elles. Or les arts aussi sont régis, d'une manière plus riche et complexe encore, par le mode expérimental. En effet, il n'y a pas, il n'y aura jamais, sans doute, des critères objectifs de vérités absolues et éternelles de validité ou de vérité d'une œuvre d'art, tout comme aucune « vérité » scientifi-

que n'est définitive. Mais, en plus de ces deux modes, l'inférentiel et l'expérimental, l'art vit dans un troisième, celui de la *révélation* immédiate qui n'est ni inférentiel ni expérimental. La révélation du beau se fait d'emblée, directement, à l'ignorant du fait de l'art, comme au connaisseur. C'est ce qui fait sa force et, semble-t-il, sa supériorité sur les sciences, car, vivant dans les deux dimensions de l'inférentiel et de l'expérimental, l'art possède une troisième, la plus mystérieuse de toutes, celle qui fait que les objets d'art échappent à toute science de l'esthétique tout en se permettant les caresses de l'inférentiel et de l'expérimental.

Mais d'un autre côté, l'art ne peut vivre que par le mode de la révélation. Il lui faut, l'histoire de l'art de tous les temps, de toutes les civilisations, nous le montre, il lui faut, il a un besoin impérieux d'organisation (y compris de celle du hasard), donc d'inférence, et de sa confirmation, donc de sa vérité expérimentale.

Pour rendre plus évidente cette trinité des modes de l'art, imaginons, dans un avenir lointain, le pouvoir d'action de l'artiste augmenter comme jamais auparavant dans l'histoire (c'est le chemin que suit l'humanité dans la création et la dissipation des quantités d'énergie croissantes). En effet, il n'y a aucune raison à ce que l'art ne sorte, à l'exemple de la science, dans l'immensité du cosmos et à ce qu'il ne puisse modifier, tel un paysagiste cosmique, l'allure des galaxies.

Ceci peut paraître de l'utopie et en effet, c'est de l'utopie, mais provisoirement, dans l'immensité du temps. Par contre, ce qui n'est pas de l'utopie, ce qui est possible aujourd'hui, c'est de lancer des toiles d'araignées lumineuses au-dessus des villes et des campagnes, faites de faisceaux lasers de couleur, tel un polytope géant : utiliser les nuages comme des écrans de réflexion, utiliser les satellites artificiels comme miroirs réfléchissants pour que ces toiles d'araignées montent dans l'espace et entourent la terre de leurs phantasmagories géométriques mouvantes ;

lier la terre à la lune par des filaments de lumière ; ou encore, créer dans tous les cieux nocturnes de la terre, à volonté, des aurores boréales artificielles commandées dans leurs mouvements, leurs formes et leurs couleurs, par des champs électromagnétiques de la haute atmosphère excités par des lasers.

Quant à la musique, la technologie des haut-parleurs est encore embryonnaire, sous-développée, pour lancer le son dans l'espace et le recevoir du ciel, de là où habite le tonnerre.

Mais le son en rase-mottes, dans les villes et les campagnes, est déjà possible grâce aux réseaux nationaux des alarmes antiaériennes par haut-parleurs. Il suffirait de les affiner².

Si l'économie des pays n'était pas torturée par les besoins stratégiques et l'armement, c'est-à-dire le jour où les armées des nations se seront dissoutes dans de simples polices non répressives, alors, financièrement, l'art pourra survoler la planète et s'élancer dans le cosmos. Car technologiquement, ces choses sont faisables aujourd'hui.

Dans ces types de réalisations artistiques, planétaires ou cosmiques, il est évident qu'il est indispensable que l'artiste (par conséquent l'art) soit à la fois rationnel (inféren-

2. J'ai déjà présenté, en avant-projets, deux de ces idées :

a) Le réseau laser sur Paris reliant les points hauts de la ville et jouant avec les nuages, les haut-parleurs des sirènes antiaériennes émettant de la musique spéciale. Ce projet devait saluer l'inauguration du Centre National d'Art et de Culture Georges Pompidou.

b) Le réseau de rayons lasers, réfléchis par les satellites artificiels et reliant les continents en des points précis situés auprès d'agglomérations importantes où des sortes de centrales polytopiques locales, ouvertes au public, pourraient réagir entre elles, intercontinentalement, suivant des règles de jeux préétablies à la manière de mon jeu musical pour 2 chefs et 2 orchestres « Stratégie » ou de « Linaia-Agon ».

Ce projet, je le présentais pour saluer le bicentenaire de la Révolution américaine. Les deux projets furent rejetés car trop chers, quoique techniquement faisables.

tiel), technicien (expérimental) et avec du talent (révélateur); trois modes indispensables, coordonnés, qui éviteraient des échecs fatals étant donné les dimensions de ces projets et les risques très grands d'erreurs.

Cette complexité plus grande du système fondamental des trois modes qui régissent l'art, conduit à la conclusion qu'il est plus riche et plus vaste et qu'il doit forcément prendre la tête dans la création des condensations et des concrétions de l'intelligence. Servir donc de guide universel aux autres sciences.

Pour que cette universalité soit réelle, il faut que l'exercice de l'art, en particulier de la musique, favorise la condensation de l'intelligence à tous les âges de l'individu à partir de sa naissance jusqu'à sa mort. Ceci engage aussi la pédagogie. Voici quelques exemples pour un enfant de sept à huit ans dans des pays plus ou moins industrialisés. L'apprentissage de la musique devra passer par les seuils d'abstraction et de formalisation en même temps que les mathématiques, les sciences et les autres arts. Parallèlement à l'exposition de l'enfant, par l'écoute, aux musiques : classique, d'avant-garde, orientale, extrême-orientale, africaine, il apprendra le concept d'échelle, notamment celui de l'échelle « chromatique tempérée également » mais avec comme module intervallique le ton, le demi-ton, le tiers de ton, le quart de ton, ..., le comma. L'apprentissage sera à la fois théorique et pratique, par le chant, les instruments, mais aussi à l'aide de l'Unité Polyagogique Informatique du C.E.M.A.Mu. (U.P.I.C.) (cf. Annexes 2 et 3) que nous allons préciser plus loin. Ce concept d'échelle chromatique sera immédiatement mis en relation avec le concept des nombres et sera une autre manifestation de la concrétion « échelle ». Il apprendra aussi à opérer sur les intervalles mélodiques à la manière des musiciens, c'est-à-dire par l'addition d'intervalles contigus, et apprendra plus facilement le triple sens du nombre qui représente à la fois le rang (ordinal), la quantité (cardinal), l'intervalle (relatif). Il sera

ainsi naturellement initié à cette autre concrétion qui est ici le groupe additif des intervalles contigus mélodiques ou de celui des entiers.

Aux côtés de la caractéristique hauteur il apprendra à jouer avec les mêmes abstractions et formalisations du rythme, du temps et même de l'intensité et peut-être avec celles de quelques autres caractéristiques du son, telles que la densité ou le degré de désordre. Tout cela sera rendu infiniment plus facile grâce à l'U.P.I.C. Si on ajoute à cela la ligne droite, les points et les intervalles de points, l'enfant aura appris, au départ, l'interpénétration et l'isomorphisme de ces domaines, en apparence (encore aujourd'hui!) si éloignés mutuellement. Qu'on n'aille pas prétendre que l'enfant est incapable d'abstraction. C'est encore une projection des incapacités de l'adulte sur l'enfant. Un enfant est, à cet âge, facilement et naturellement capable de compter en des systèmes de numération autre que la décimale, en binaire, ternaire, ..., ainsi que de chanter des échelles chromatiques à demi-tons, quarts de tons, ... Ce que l'enfant ne possède pas, c'est le système référentiel de mémorisation de l'adulte, et il oublie aussi facilement qu'il a appris. Il est ensuite tout naturel de lui enseigner la « théorie des cribles » (cf. Annexe 4) et la construction de cribles (gammes) quelconques qu'il pourra tester, modifier en chantant ou à l'aide de sons tirés de la banque de sons de l'Unité Informatique, écoutés au fur et à mesure que l'enfant construit. Comme, grâce à cette U.P.I.C., il pourra noter avec un crayon spécial tout ce qu'il fait et qui sera automatiquement enregistré en mémoire centrale ou périphérique de l'U.P.I.C., il aura automatiquement rattaché les structures de l'espace à celles des mathématiques et de la musique. Il aura aussi appris implicitement le triple codage des caractéristiques du son : le codage graphique, numérique et sonore. Il pourra, réciproquement, représenter les nombres, ou les points de son entrée visuelle dans l'U.P.I.C., par les deux autres codes restants. Plus tard, il prendra naturelle-

ment conscience de la distinction entre ce qui est pensé ou réalisé dans le temps et ce qui est hors-temps, tout en sachant que le temps lui-même, par la mémoire, peut être pensé ou réalisé hors-temps.

Ce qui précède ne constitue qu'un petit ensemble de propositions qui devront entailler la dure surface des traditions rétrogrades et pernicieuses de l'enseignement de la musique. Elles devront être bien sûr développées à la lumière de l'expérience et de la théorie pédagogique.

Il est, d'autre part, absolument indispensable que toute cette démarche fasse partie de l'enseignement de base : de la maternelle, de l'école primaire, du lycée, de l'université, des recyclages d'adultes, c'est-à-dire régis par l'Éducation nationale et non pas par les sortes de ghettos que sont devenus les conservatoires. Ou alors les conservatoires, pour revenir à la lumière, devront continuer l'idée du perfectionnement mais, naturellement, remis à jour et sans doute affiliés à l'université en raison de cette interdisciplinarité indispensable, en somme, devenir une autre faculté.

Parmi les condensations premières, les concrétions dures, telles que nous les concevons encore aujourd'hui, sont quelques-unes des fameuses catégories, véritables cadres ultimes de notre mental, cataloguées par Aristote. Elles ont traversé le Moyen Âge et ont abouti à Kant. Pendant tout ce temps, il a été très difficile d'aller plus profondément dans leur essence. Ce n'est peut-être que depuis environ un siècle qu'une percée s'est produite, initiée non pas par les philosophes mais par les mathématiciens qui, sans le vouloir, inconsciemment, ont projeté une forte lumière sur les bases mêmes des notions et des méthodes mathématiques. Les structures qu'ils ont découvertes, de pré-ordre, d'ordre, d'équivalence..., sont comme des concrétions à l'arrière de condensations plus profondes des vieilles catégories, des sortes de précatégories. Et Jean Piaget a montré expérimentalement une trajectoire que suit le cerveau de

l'enfant pour organiser des constructions étagées de l'intelligence. Mais nous ne sommes encore qu'au début d'un « dévoilement » des essences dures de notre mental. Il me semble qu'une ère nouvelle est amorcée de cette façon, parallèle à celle, ancienne déjà, du regard que porte l'homme sur la nature. C'est l'ère du démontage, de la décortication d'abord, de notre mental dur et profond, de sa transformation ensuite. Je ne parle pas ici de mutations de type génétique, ou de transformations éventuelles de la parapsychologie ; j'entends, en fait, une métamorphose de nos cadres mentaux des profondeurs. Pour essayer d'entrevoir le sens de ce que j'avance, songeons à certaines cultures d'Afrique ou d'Australie où l'ubiquité spatiale, partie de cultes, admet la présence simultanée en deux endroits éloignés du même individu. Ainsi, en modifiant profondément, par exemple, la structure d'ordre du temps, il ne serait pas impensable de « voir » que nous appartenons à l'ubiquité spatiale ou temporelle et qu'ainsi l'immortalité de l'univers, des choses et des êtres vivants pourrait tout à coup gagner un contenu inattendu de nouveauté. Ce qui signifie que nous sommes peut-être « éternels » en tant qu'individus. Mais dans un sens impossible encore à « voir ». Ce qui signifie encore que nous pourrions entrer dans un autre univers, plus large, plus vrai que celui dans lequel, en apparence, nous vivons ; et que toutes ces « visions » sont rendues impossibles par nos moules mentaux, les catégories. Car ils existent, peut-être, ces univers physiques formés par l'anti-matière, l'anti-énergie, l'anti-temps,... analogues à l'anti-khthon (l'anti-terre) des pythagoriciens. Mais tous ces univers appartiennent toujours à, sont façonnés impitoyablement et rigidement par, notre propre « univers mental », fait de concrétions fort anciennes de l'intelligence, trop dures pour ne pas avoir été brisées jusqu'ici. Ces univers physiques ne seraient donc que des déformations réfléchies par nos propres concrétions, d'un univers plus vrai. Ce que par conséquent nous « voyons » actuellement,

en fait ce que nous créons, ne sont pas les ombres des formes placées dans la lumière derrière nous et au-dehors de la « caverne », dans laquelle nous sommes enchaînés et regardant son fond, mais des jeux de notre configuration des catégories mentales qui, elles, constituent véritablement notre caverne. Elle est dans nous, nous ne sommes pas dans elle. Dans cette nouvelle ère, l'homme devra briser la coquille de ses catégories mentales et sauter librement dans un univers plus cohérent, plus vrai.

Ceci est peut-être l'un des rôles profonds que s'assigne ou que doit s'assigner l'art, car il a cette capacité, plus que toute autre activité créatrice de l'homme, et tout particulièrement la musique, qui est peut-être la plus avantagée pour nous guider dans cette voie.

II

ANNEXES

ANNEXE 1

Tableau de correspondances entre certains développements de la musique et de la mathématique.

MUSIQUE

— **500 ans.** Les hauteurs et les longueurs des cordes sont mises en relation. La musique ici donne une merveilleuse poussée à la théorie des nombres et à la géométrie. La musique invente les échelles incomplètes.

Pas de correspondance en musique.

— **300 ans.** Invention des intervalles de hauteur, ascendants, descendants et nuls, dans le langage additif introduit par Aristoxène qui invente également, en théorie, la gamme chromatique complète à tempérament égal avec comme module (le pas) le douzième du ton. En parallèle, le langage

MATHÉMATIQUES

Découverte de l'importance fondamentale des nombres naturels et invention des rationnels positifs (les fractions).

Nombres irrationnels positifs. Ex. : la racine carrée de 2 (le théorème de Pythagore).

Pas de réaction en mathématiques. La théorie des nombres est laissée derrière par rapport à la théorie de la musique et à sa pratique et reste dormante pendant plus de quinze siècles, en dépit du concept de l'infini et du calcul différentiel et

multiplicatif (géométrique) des intervalles de hauteur, traduits en longueurs de cordes (Euclide), continue.

Ainsi, la théorie musicale met en relief la découverte de l'isomorphisme entre les logarithmes (intervalles musicaux) et les exponentielles (longueurs de cordes) plus de quinze siècles avant leur découverte en mathématique ; aussi une prémonition de la théorie des groupes par Aristoxène.

intégral pressenti par Archimède.

+ **1000 ans.** Invention de la représentation spatiale bidimensionnelle des hauteurs en liaison avec le temps par le truchement de portées et de points (Guido d'Arezzo), en avance de trois siècles sur les coordonnées d'Oresme et de sept siècles (1635-1637) sur la magnifique géométrie analytique de Fermat et de Descartes.

Pas de parallèle en mathématique.

+ **1500 ans.** Pas de réponse ni de développements des concepts précédents.

Le zéro et les nombres négatifs sont adoptés. Construction de l'ensemble des rationnels.

+ **1600 ans.** Pas d'équivalence, pas de réaction.

Les ensembles des nombres réels et des logarithmes sont inventés.

+ **1700 ans.** Redécouverte, par la pratique, de l'échelle chromatique bien tempérée (J.-S. Bach). La musique est maintenant dépassée dans le champ des structures de base. Mais, par contre, les structures tonales, la polyphonie et l'invention de macro-formes (fugue, sonate) sont en avance et mettent en lumière les semences qui vont très certainement inoculer une vie nouvelle à la musique d'aujourd'hui et de demain. La fugue, par exemple, est un automate abstrait conçu deux siècles avant la naissance de la science des automates.

Aussi, inconsciente manipulation de groupes finis (groupe de Klein), dans les quatre variations d'une ligne mélodique qu'utilise le contrepoint.

+ **1900 ans.** Libération du joug tonal. Première acceptation de la neutralité du total chromatique (Loquin 1895, Hauer, Schoenberg).

+ **1920 ans.** Première formalisation radicale de macrostructures par le système sériel de Schoenberg.

La théorie des nombres est en avance, mais n'a pas encore d'équivalent dans les structures temporelles. Ces dernières viendront bien plus tard avec les processus stochastiques, la théorie des jeux, les automates, etc. Invention du corps des nombres complexes (Euler, Gauss) et des quaternions (Hamilton), définition de la continuité (Cauchy) et invention des structures de groupe (Galois, Abel).

Les nombres infinis et transfinis (Cantor).

L'axiomatique, des nombres naturels de Peano. La belle théorie de la mesure (Lebesgue, Borel, Heine).

Pas de nouveau développement de la théorie des nombres. Il y a un arrêt, mais encore une discus-

sion de quelques contradictions plus anciennes de la théorie des ensembles. (La musique pourra rattraper son retard dans les années qui suivent.)

+ **1930 ans.** Réintroduction de gradations plus fines par l'utilisation du quart — sixième — etc. du ton, quoique encore plongée dans le système tonal (Wichnegradsky, Haba, Carillo).

+ **1950 ans.** Deuxième formalisation radicale des macrostructures avec les permutations, les modes à transpositions limitées et les rythmes non rétrogradables (Messiaen).

+ **1953 ans.** Introduction de l'échelle continue des hauteurs et du temps (emplois des nombres réels) dans le calcul des caractéristiques du son, même si, pour des raisons de perception et d'interprétation, les nombres réels sont approximatés par des rationnels. (Ceci constitue ma contribution personnelle, aussi bien théorique que musicale, qui incluait également l'utilisation de domaines variés des mathématiques tels que les probabilités, le calcul logique, plusieurs structures, y compris la structure de groupe. Elles vont, plus tard, jouer un rôle important en macro et en micro-composition.)

+ **1957 ans.** Nouvelles formalisations en musique sur le plan des macrostructures : processus stochastiques, chaînes de Markov, quoique utilisées de manières très différentes (Hiller, Xenakis), aussi, emploi des ordinateurs (Hiller).

+ **1960 ans.** Axiomatique des échelles musicales à l'aide de la théorie des « cribles » et introduction des nombres complexes en composition (ceci aussi est le résultat de mon travail personnel).

+ **1970 ans.** Nouvelles propositions dans la micro-structure des sons, par l'introduction d'une discontinuité continue à l'aide d'une quelconque loi de probabilité (marche erratique, mouvement brownien). Elle est étendue aux macro-structures, introduisant ainsi un autre aspect architectural sur un macro-plan, par exemple, en musique instrumentale (ceci aussi est le résultat de mon travail personnel).

ANNEXE 2

C. E. M. A. Mu.

(Centre d'Études de Mathématique et Automatique Musicales)

**Programme de recherche musicale et pédagogique
pour les années 1976 et 1977**

Finalité et projets.

Ce programme doit être, bien entendu, étalé sur plusieurs années d'activités et ne concerne donc pas seulement l'année 1976 mais aussi les suivantes.

A. Recherche musicale :

1. synthèse des sons à partir de fonctions et d'architectures mathématiques telles que les quanta sonores, les chaînes de Markov, les mouvements browniens, les cribles ;

2. combinatoire des sons à l'aide de processus stochastiques, ou à périodicité finie ;

3. types de structures macroscopiques en composition musicale (ou visuelle) issus de 1. et 2.

B. Retombées acoustiques et psychophysiologiques : les recherches précédentes permettront d'élucider des phénomènes frontaliers des seuils de la perception en rapport avec l'échantillonnage. Des collaborations avec d'autres centres sont prévues.

C. Construction de logiciels (logiciels) permettant des traitements fonctionnels des sons et des structures musicales du paragraphe A. Par exemple : la fonction filtre, la fonction modulateur en anneau, la fonction somme de séries de Fourier, transformations dans des plans complexes de schèmes en deux ou trois dimensions. En outre, grâce à la banque de sons : électroniques, numériques ou concrets,

contenue dans les mémoires périphériques de notre unité informatique, seront réalisés des montages et mixages automatiques, sans ciseaux ni collants, sur l'écran cathodique ou symboliquement. C'est-à-dire, sera réalisée une première prise en charge, d'une manière automatique, de plusieurs opérations manuelles des studios de musique électro-acoustique.

D. Projet de pédagogie visuelle et musicale.

Sens et buts.

Donner à l'enfant de cinq à dix-huit ans (puis à l'adulte) la possibilité de, et l'inciter à, penser des sons, des couleurs, des formes, mais aussi des structures (des constructions ou architectures au sens abstrait), de les réaliser, les tester, les transformer et de les manifester à l'aide d'événements visuels ou sonores.

Donc pas seulement des crayons de couleur, des matériaux ou des cubes, ou bien des tambours, des cloches, des claviers, des boîtes de conserve, mais aussi les façons de les mettre ensemble, les modes de « composition », les choix, les décisions. Puis, à un stade supérieur, créer des architectures et même de nouveaux objets.

Exemples :

1. ne pas se contenter d'enseigner des chansons sur une échelle donnée mais aussi en construire une, voire plusieurs échelles, et chanter ou faire sonner des sons sur ces échelles de manière graduellement plus abstraite, avec des références engendrées uniquement par les prémisses prises au départ ;

2. non seulement utiliser des formes figées : carrés, cercles, triangles, mais aussi des transformées de ces éléments avec la succession temporelle, continue ou discontinue, explosive ou imperceptiblement lente ;

3. dans les deux cas, jouer avec des configurations d'éléments visuels (points), ou sonores (sons brefs), en

nombre assez grand et former des nuages changeants, en modifiant les caractères statistiques : densités, moyenne par régions, écart type ...

Rattacher ainsi d'une manière naturelle l'enseignement scientifique (maths, physique ...) à l'expression créatrice et artistique. Par exemple encore : les classes, les sous-classes, les produits cartésiens, les combinaisons logiques des sous-classes, ou encore les structures d'ordre, d'équivalence, les probabilités, les topologies...

Donner ainsi à l'enfant (ou à l'adulte) les outils théoriques et technologiques pour qu'il puisse exercer sa créativité et son esprit de recherche dans le domaine de la pensée abstraite allié au domaine de la sensibilité et de la réalité artistique. Faire donc de l'homme un tout.

Des collaborations avec des conservatoires de la région parisienne et avec l'Université Paris I sont prévues. De même, notre participation à une manifestation publique organisée par la Direction de la Culture de la Ville de Bonn est prévue en mai 1976. La réalisation de ce projet pédagogique ne sera possible qu'avec l'Unité Informatique que le C.E.M.A.Mu. est en mesure d'acquérir et de développer dans les années qui viennent avec l'aide constante de l'État.

ANNEXE 3

L'Unité Polyagogique Informatique du C.E.M.A.Mu. (U.P.I.C.)

Le C.E.M.A.Mu. possède déjà un convertisseur numérique analogique pouvant décoder, en variations de tension, des informations numériques (de 16 bits tous les 1/52.000 sec. au maximum), écrites par ordinateur sur une bande magnétique, un dérouleur Ampex (800 b.p.i., 150 i.p.s., 9 pistes) et une chaîne basse fréquence de haute fidélité.

Ce convertisseur a été construit spécialement par le C.N.E.T. à l'aide de subventions de la Fondation Gulbenkian et du C.N.E.T. En 1976 le C.E.M.A.Mu. acquerra, grâce à une subvention du Secrétariat aux Affaires culturelles, une Unité Polyagogique Informatique du C.E.M.A.Mu. (U.P.I.C.) pilote, originale, constituée par :

- 1) Une unité de calcul ultra-rapide.
- 2) Des mémoires sur disques.
- 3) Des dérouleurs (800 b.p.i. ou 1600 b.p.i., 45 i.p.s., 9 pistes).
- 4) Des convertisseurs d'entrée, analogiques-numériques.
- 5) Des convertisseurs de sortie, numériques-analogiques.
- 6) Un large écran cathodique Tektronix de visualisation.
- 7) Une table d'entrée avec crayon magnétique.
- 8) Un lecteur de cartes.
- 9) Un télétype.

Cette U.P.I.C. sera conversationnelle et aura trois types de mission :

a) acquisition et formation d'une banque de sons de toutes natures comprenant des sons électroniques, instrumentaux, concrets ou de synthèse numérique-analogique ;

b) un fichier de fonctions pouvant agir sur les éléments de la banque de sons. Ces fonctions, groupées par catégories, permettront d'opérer numériquement sur les éléments de la banque de sons, suivant tous les modes d'opérations des studios de musique électro-acoustique telles que les filtrages, les additions (mixages), les multiplications (modulateurs à anneaux), les contractions temporelles ou spectrales, les montages à l'aide d'instructions, etc.; en un mot, elles remplaceront tous les systèmes analogiques d'une part, toutes les opérations manuelles de l'autre. C'est-à-dire elles permettront à l'U.P.I.C. de se substituer aux studios de musique électro-acoustique les plus perfectionnés. Mais aussi elles permettront des transformations de types nouveaux, comme celles des transformations conformes des nombres complexes, des rotations dans plusieurs dimensions, des convolutions, etc.

Des sous-programmes structurels : Stochastiques sans mémoire, de chaînes markoviennes, de marches erratiques simples ou complexes (random walk, mouvements browniens), de groupes finis, de constructions de « cribles », etc., compléteront les architectures sur plusieurs plans, micro-meso-macro.

D'autres fonctions auront aussi pour mission l'analyse spectrale, l'analyse statistique, etc., des sons ou des musiques introduites ou calculées dans l'U.P.I.C.

c) L'U.P.I.C. sera pratiquement conversationnelle grâce aux modes d'entrées des instructions à tous les étages de l'U.P.I.C. par : 1) le lecteur de cartes perforées; 2) le télétype et surtout par 3) le dessin électrique sur la table spéciale reliée aussi à la visu Tektronix qui permettra des entrées et des corrections graphiques immédiatement visualisées. Les résultats des calculs seront écrits sur la bande du dérouleur de sortie et entendus presque immédiatement.

Cette U.P.I.C., instrument de recherche et de pédagogie pour la musique, sera dans un deuxième temps rapidement

complétée par des périphériques permettant d'entrer et de traiter l'image, même de couleur, en cinétique. Un accès en temps partagé par plusieurs usagers simultanément est prévu.

ANNEXE 4

Ce qui suit est une axiomatisation des cribles, plus naturelle que celle décrite dans les chapitres V et VI.

Hypothèses de base.

1. Dans chaque classe de sensations, il existe des caractéristiques qui prennent des valeurs discrètes (assimilées à des arrêts). Exemple : dans la classe des sensations sonores on distingue des caractéristiques du son telles que les hauteurs, les instants, les intensités, ..., chacune de ces caractéristiques prend des valeurs discrètes (assimilées à des arrêts), telles que les diverses sensations de hauteur, d'instants, d'intensités, ... Nous allons identifier ces valeurs à des points.

2. Les sensations que l'on compare entre elles créent des *différences* entre ces points. Une différence peut être considérée comme le mouvement, le déplacement, ou le pas, d'une valeur discrète de la caractéristique à une autre valeur, d'un point à un autre point.

3. Il est possible de répéter, itérer, enchaîner les susdits pas.

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

Formalisation. Ensembles : les trois hypothèses précédentes engendrent trois ensembles fondamentaux : Ω , Δ , E , respectivement. De la première hypothèse, les caractéristiques appartiennent à des domaines spécifiques de Ω . De la seconde, les déplacements (ou les pas) d'un domaine spécifique de Ω , appartiennent à un ensemble Δ , indépendant de Ω . De la troisième, les concaténations, les itérations des éléments de Δ , forment un ensemble E . Les deux orientations de la quatrième hypothèse peuvent être représentées

par les signes + et —, respectivement. Ensembles produits : a) $\Omega \times \Delta \subseteq \Omega$ (exemple : un point-hauteur combiné avec un déplacement produit un autre point-hauteur). b) $\Delta \times E \subseteq \Delta$ (un déplacement combiné avec une itération produit un autre déplacement). Il est facile d'identifier E à l'ensemble N des nombres naturels, plus le zéro. En outre, la quatrième hypothèse nous conduit directement à la définition de l'ensemble Z des entiers, à partir de E.

Nous avons ainsi court-circuité l'utilisation directe de l'axiomatique de Peano, introduite dans les chapitres V et VI pour engendrer la *Gamme Chromatique à Tempérament Égal* (= un crible GCHATE). En effet, il suffit de choisir un quelconque déplacement élémentaire (= DEL) appartenant à l'ensemble Δ et de former le produit $\{ \text{DEL} \} \times Z$. Par ailleurs, l'ensemble Δ (par exemple, l'ensemble des intervalles mélodiques) est muni d'une structure de groupe.

III

ENTRETIENS¹

L'entretien réunissait, autour de Iannis Xenakis (X), trois de ses amis : le musicien François-Bernard Mâche (M), l'esthéticien Olivier Revault d'Allonnes (R) et le mathématicien François Genuys (G). Comme dans tout entretien, il y a des longueurs, des flottements, des trous. Les interlocuteurs ne se comprennent pas toujours, et il arrive que les réponses passent à côté des questions. J'ai pris le parti de ne retenir de cette longue conversation que les passages qui me paraissaient les plus significatifs pour cerner la personnalité de Xenakis. Mais j'ai conservé autant que possible l'aspect improvisé des propos : il ne s'agit pas, ici, d'analyser exhaustivement une pensée, mais plutôt de la rendre présente, avec ses simplifications inévitables, ses reprises insistantes, et parfois ses contradictions.

Bernard Pingaud.

I. EXPRIMER L'INTELLIGENCE

— Xenakis a dit un jour de la musique qu'elle consistait à « exprimer l'intelligence par des moyens sonores ». Nous pourrions partir de là.

R. — Cette définition est intéressante. Elle montre que Xenakis se situe volontairement dans un champ pythagoricien et parménidien, c'est-à-dire dans une certaine tradition de la rationalité grecque et occidentale. Les modèles

1. L'auteur et l'éditeur remercient tout particulièrement la revue « L'Arc » pour l'autorisation qu'elle a bien voulu leur donner de reproduire ce texte.

mathématiques, entre autres, sont sortis de cette rationalité, et puisqu'elle a triomphé sur toute la surface du globe, il est clair que l'intelligence humaine, en Extrême-Orient comme en Occident, est une. C'est un premier point.

Néanmoins, il existe, hors de l'Occident, des musiques « autres ». Le projet de Xenakis est d'arriver à en rendre compte comme des musiques occidentales, en termes pythagoriciens. C'est ce que signifient, notamment, ses tentatives de formalisation. Elles visent à prouver que ces musiques elles-mêmes, qui nous paraissent totalement différentes, sont porteuses d'une certaine rationalité. Ainsi on peut analyser l'échelle des hauteurs, dans toutes les musiques du monde, en utilisant la théorie des « cribles ».

Maintenant, rien n'interdit de retourner la phrase : « exprimer la musique par des moyens intelligibles ». L'image que Xenakis se fait des musiques du passé ou des musiques « autres » est liée à sa vision de la musique de demain. Et pour lui, la continuité est assurée par cette correspondance étroite et constante entre l'intelligence et les moyens sonores.

M. – La définition qu'on vient de citer pose un problème politique, et non seulement épistémologique. Cette rationalité qui prétend à une valeur universelle est-elle une forme d'impérialisme ? Nous y reviendrons. Ensuite, je suis frappé par la tonalité humaniste de la formule. Xenakis semble écarter toute conception qui se refuse à assimiler la musique à une invention ou une convention humaine, et où il ne s'agit pas, pour la conscience, d'« exprimer » quelque chose, mais de révéler une réalité préexistante.

X. – Je ne crois pas que mon point de vue soit particulièrement « humaniste ». Pour moi, il y a de l'intelligence partout. Je pars du principe qu'il existe un monde objectif. Je ne peux pas le prouver, bien sûr, c'est une option. Mais à partir du moment où nous prenons cette option, nous découvrons autour de nous un univers intelligible.

M. – L'homme mesure de toutes choses ?

X. – Peut-être. Mais à côté de Protagoras, et de son solipsisme brutal, il y a Parménide : l'être est un, unique, et ne change pas.

M. – Tout de même, « exprime » se réfère à la psychologie humaine.

X. – C'est une image. Pourquoi penser à l'homme comme à un être détaché de l'univers et en contradiction avec lui ? Ça, c'est l'humanisme romantique. D'ailleurs, quand j'ai essayé d'expliquer dans *La Nef* ce que représente la musique pour moi, je n'ai pas parlé d'intelligence. L'intelligence est une notion intuitive, qui évoque l'astuce, l'habileté. Pour revenir à la définition initiale, je dirais plutôt : « exprimer une conception du monde ».

G. – Quand une structure te paraît fructueuse dans un domaine quelconque, tu cherches à le transposer dans le domaine musical. Est-ce simplement par curiosité ? Pour voir ce que ça donnera ?

X. – La question n'est jamais : est-ce que je peux utiliser ça ? J'ai toujours une idée au départ, mais c'est une idée qui ne sait pas. À ce moment-là, je cherche à m'informer, à comprendre. Je lis tel ou tel ouvrage de théorie parce que j'ai besoin de le lire. Ainsi, j'ai commencé à m'intéresser au calcul des probabilités vers 1950. C'était un gros effort pour moi, parce que je comprends difficilement les mathématiques. Mais j'étais convaincu qu'il fallait prendre les problèmes de la musique par là. Plus tard, je me suis aperçu que le calcul des probabilités m'avait permis de résoudre certains problèmes, mais qu'il y en avait d'autres qui restaient dans l'ombre : le temps, les structures mentales. D'une façon générale, il est vrai qu'en raison de mon éducation grecque, et spécialement du goût que j'ai toujours eu pour la Grèce archaïque, j'étais naturellement orienté vers les mathématiques. Mais ces réflexions étaient subordonnées à mon besoin de musique. Lorsque j'ai étudié la stratégie des jeux, qui m'amusait, je me suis demandé ce qu'elle pourrait donner en musique. Mais il y avait déjà en moi

l'idée d'un conflit. Je savais déjà que certaines musiques de l'Inde s'inspiraient de cette idée.

R. – Il t'arrive de parler de l'« intelligence de l'oreille ». Tu désignes par là son pouvoir de discrimination et d'identification. L'intelligence consiste à ne pas confondre. Être intelligent, c'est rapprocher, différencier, introduire des relations que l'on peut ensuite symboliser.

X. – On ne peut pas les symboliser totalement, sinon la musique ne serait plus nécessaire. La musique touche aussi à l'irrationnel. Ce que j'essaye d'analyser, c'est sa part la plus flagrante, la plus commune. Mais au bout du compte, que peut-on répondre à : « J'aime ça » ?

R. – Tu disais à l'instant que la théorie des jeux t'amusaient.

M. – Être scientifique est aussi un choix. On fait de la science parce qu'on « aime ça ». Le désir n'est jamais rationnel.

X. – En tout cas, la rationalité fait partie des moyens que l'homme s'est donnés pour agir d'une certaine façon. Il n'y a rien à faire, on bute contre cette évidence. Voyez l'exemple des Chinois.

M. – Le choix de l'industrialisation est un choix politique.

X. – Non, c'est une question de survie.

M. – Pourtant, dans les sociétés industrielles, cette attitude est de plus en plus contestée. À ton avis, on ne peut pas éviter le passage par la technologie ?

X. – Pour moi, l'intelligence ne se réduit pas à ça. Ce n'est pas seulement la rationalité au sens du déterminisme classique. Les mathématiques travaillent aussi dans l'irrationnel, elles construisent des édifices irrationnels.

M. – Comment te situes-tu par rapport au sursaut d'irrationalisme que l'on observe dans nos sociétés technologiquement avancées ?

X. – C'est comme la pluie et le beau temps, ça varie. Il est trop facile d'apposer rationalité et irrationalité. En fait,

les deux sont étroitement liés. En plus, ce qu'on dit, ce qu'on pense, ce qu'on fait est toujours provisoire, même si ce provisoire doit durer des millénaires. Par exemple, nous raisonnons toujours en fonction du temps. Mais le temps est une structure acquise dans la vie de l'homme. Il faudrait se demander si on ne peut pas la changer.

II. CHANGER L'HOMME

— Vous parlez rarement de beauté. Vous préférez dire qu'une œuvre est « intéressante ». Qu'est-ce que cela signifie pour vous ?

X. — Je ne pourrais pas définir la beauté. J'ai eu beaucoup de déceptions dans ce domaine. Je croyais que certaines choses étaient belles, et puis je me suis aperçu qu'elles ne m'intéressaient plus, que c'était une sensation passagère. Qu'est-ce donc qui est permanent ? L'accélération de l'acquis, la différence entre le point de départ et le point d'arrivée. Par rapport à quelque chose de donné, faire quelque chose de nouveau : voilà l'intéressant. Quand j'utilise la loi de Poisson, je ne crée rien à proprement parler. Mais je change le contexte. Mon travail consiste dans l'extension de la formule. Imaginez que nous puissions dresser l'inventaire de toutes les possibilités musicales : le fait de les combiner de telle ou telle manière sera toujours quelque chose de plus que l'inventaire lui-même et que les lois qu'on peut lui appliquer. La formule de Poisson est un caillou dont on s'est servi autrefois pour la construction d'un certain temple. Je m'en sers pour faire autre chose.

R. — Je remarque que ton point de départ est toujours une idée. Tu n'es pas hédoniste, tu ne te sens pas attiré par le plaisir que procurent, par exemple, certains timbres.

X. — Si, il y a parfois un son qui me plaît beaucoup. Mais si tu décortiques cette qualité musicale, tu t'aperçois qu'elle n'a plus rien de sensuel. Disons qu'il reste une petite

marge, encore obscure, parce qu'on ne dispose pas d'une perception assez aiguë pour l'analyser. Tout ce qu'on pense, encore une fois, est provisoire. La géométrie euclidienne a régné longtemps, avant de se défaire petit à petit, en douceur. Maintenant, on sait que la géométrie euclidienne n'est qu'une partie de la géométrie. De même en logique.

R. — Ta position n'est donc pas purement fonctionnaliste. Tu as conscience d'un progrès. Ce qui remplace la beauté, pour toi, c'est la nouveauté.

X. — Je ne sais pas si c'est un progrès. Je dirai : un changement. Car en même temps que le domaine du savoir s'élargit, il est vrai qu'il perd de sa substance. La géométrie euclidienne, c'était le nid, l'œuf, à l'intérieur duquel se posaient des problèmes passionnants.

— Vous opposez beauté et permanence ?

X. — Qu'un polyèdre isolé soit beau, c'est un épiphénomène. Nous rencontrerons d'autres polyèdres, qui seront différents. Disons-nous alors que la beauté a plusieurs aspects ? On ne peut plus parler de beauté. Il faudrait parler plutôt d'une certaine quantité d'intelligence qui est présente dans l'objet. Pour moi, faire quelque chose est beau en soi. Le beau est dans l'accélération, non pas dans les objets.

R. — Qu'appelles-tu « quantité d'intelligence » ? C'est difficile à mesurer.

X. — Peut-être, mais c'est communicable. Tout le monde peut s'entendre là-dessus. Quand je dis qu'une musique est « intéressante », je pense à l'intelligible qu'il y a dedans, à son efficacité. L'intelligence est aujourd'hui l'arme la plus féconde de l'homme. Grâce à l'intelligence, il nous est donné de produire des choses nouvelles à partir d'un montage de choses existantes. Mais nous n'en sommes qu'au début. Je pense que la physique arrivera à démontrer qu'il y a des trous ou des fuites, par où l'énergie peut surgir de rien. Nous sommes enfermés dans une mentalité très

étroite parce que nous n'avons pas les outils nécessaires pour aller plus loin.

Je crois, par exemple, à l'existence de phénomènes parapsychiques, parce que je les ai constatés, même si je n'en connais pas le secret. On pense à quelqu'un, et l'instant d'après, il téléphone. Ce n'est pas un simple hasard, on le sent bien. Après, tu le dis : « Oui, c'était ça ». Sur le moment, il y a une certaine oscillation. On ne sait pas ce qui se passe. Il faudrait s'entraîner à reconnaître de telles perceptions. Je dirais la même chose de beaucoup de légendes, ou de mythes. Il n'y a pas de raisons de penser que ça n'existe pas. Mais sous quelle forme ? Pour le moment, il s'agit encore de choses irrationnelles. Demain, nous comprendrons peut-être.

R. — On a l'impression que tu es installé dans la modernité, mais qu'en même temps, tu ne t'y sens pas à l'aise. Tu aperçois des lézardes dans les murs, tu sens que quelque chose se passe là derrière. Alberti, Gassendi se trouvaient à l'aise dans l'espace classique ; Descartes, Leibniz, non. C'est la même chose pour toi. Tu n'es pas convaincu, par exemple, que le temps soit unidimensionnel, irréversible.

— A ce propos, pourriez-vous préciser ce que vous entendez par « hors-temps » ? C'est une notion qui joue un rôle central dans votre conception de la musique.

X. — Tous les musiciens accordent une importance énorme au temps. Je me suis demandé pourquoi. Que reste-t-il de la musique une fois qu'on a enlevé le temps ? Il reste une foule de sensations qui ont besoin du temps pour apparaître, mais qui existent sans lui. La musique ne se passe pas vraiment dans le temps. Notre perception est fragmentaire et se fonde essentiellement sur la mémoire. Un homme qui n'aurait pas de mémoire, même s'il avait une intelligence supérieure, serait un homme fichu. La mémoire est la condition de la conscience, de l'activité, de la vie. Or la mémoire, c'est la négation du temps : en le fixant, elle nous arrache à lui. Il y a là une contradiction fondamentale

dans laquelle nous vivons et qu'on oublie trop facilement. D'où l'intérêt du zen qui se contente de répéter inlassablement : « ici et maintenant », qui enseigne à vivre dans l'instantanéité. Et c'est vrai qu'on est obligé de passer par la fixité, par ce qui est mort : cela fait partie de l'art comme de la science.

R. – D'autres musiciens, comme Varèse ou Stockhausen, essaient de lutter contre le temps en détruisant la phrase. Ils font de l'instantanéisme. La musique de Stockhausen pourrait se résumer par cette formule : à chaque instant, ce seul instant. L'attitude de Xenakis est exactement inverse : ses œuvres reposent sur des structures hors-temps ; mais elles se réalisent dans le temps. Xenakis assume la temporalité, la continuité, avec les enchaînements qui en découlent ; mais c'est une façon de faire valoir le hors-temps. Le temps, chez lui, n'est qu'une tactique.

X. – Avec la mémoire, nous possédons un réservoir d'objets manipulables, une sorte de sac où nous pouvons puiser à volonté. C'est ça, la partie hors-temps. Exemples : la définition d'une gamme ou d'une échelle mélodique, les rapports entre les différents intervalles. Mais si vous voulez inscrire une mélodie sur cette échelle, vous avez besoin du temps, de l'ordonnancement. Le temps, comme l'espace, est une structure de base. Reste à savoir ce qui se passerait si on arrivait à changer ces catégories de base.

Je reviens toujours à la formidable phrase de Parménide : « C'est la même chose de penser et d'être ». L'être n'est donc pas l'objectivité, c'est un concept plus général. Si l'on peut imaginer quelque chose, ça existe, ou ça pourrait exister. Nous ne sortons pas de la logique binaire ; mais puisque nous sommes capables de la nier, nous devrions pouvoir aussi en sortir. Il faudrait seulement trouver des techniques nouvelles pour cela, quelque chose d'analogue au « brain-storming ». Au fond, la mystique, le mystère, c'est encore de la tactique.

R. – On peut prendre l'exemple de l'alchimie. Autrefois

la commutation du plomb en or était une sorte de fantasme. Mais la physique contemporaine lui a donné un contenu véritable. La même remarque vaut pour beaucoup de pratiques para-médicales qui relèvent à la fois de l'incantation et de la prémonition.

X. — Le rationalisme a balayé tout cela. Mais en même temps, il a fait voir ses propres limites.

R. — Quand tu parles d'irrationalité, c'est-à-dire de ce qui n'est pas encore rationnel, tu ne penses donc pas du tout en romantique. Tu restes fondamentalement dans la ligne des pré-socratiques.

X. — Les expériences qui font appel à l'indicible, aux choses enfouies, me laissent froid. La drogue, par exemple. Je ne crois pas que la drogue mène à une connaissance supérieure. Elle ne fait qu'aiguiser la sensibilité. Edgar Poe à jeun aurait écrit de meilleurs poèmes que saoul. La drogue produit des états de pensée, de sensations qui serviront à quelque chose si, et seulement si un travail très lent les consolide après coup. La base, c'est l'homme, dans sa continuité.

— Que pensez-vous de la psychanalyse ?

X. — L'intéressant, à mon avis, n'est pas de se raconter, mais de créer, d'agir. Je préférerais une forme de thérapie active, grâce à laquelle les obstacles que rencontre le malade deviendraient pour lui des moyens de création, de dépassement.

R. — La réminiscence peut aussi être une façon de développer les facultés créatrices.

X. — C'est ce que disent les psychanalystes. Le patient et l'analyste vivent de ce mythe. Mais je n'y crois pas.

R. — De toute façon, la théorie psychanalytique n'a pas encore de statut rationnel. Pourquoi le fait de prendre conscience d'un affect nous en délivrerait-il ?

X. — La tactique qu'enseigne la vie, c'est la lutte, le dépassement avec ses victoires et ses échecs, c'est la production. Tout le monde est plus ou moins malade, tout le

monde a ses inhibitions, ses terreurs. On en triomphe par l'effort de travail et de pensée dans la lutte quotidienne, et non en s'enfermant dans le vase clos de la psychanalyse.

Il y a un siècle, Marx parlait de changer le monde. Aujourd'hui, il nous faut changer l'homme lui-même, car nous savons que le monde n'est rien d'autre que la vision que nous en avons.

R. — Tu reviens au solipsisme.

X. — Non, je veux dire que le monde, même s'il existe, — et je crois qu'il existe, je ne suis pas solipsiste — nous reste mal connu. On n'est jamais sûr de l'avoir atteint. Le monde existe à la limite, ce qui n'enlève rien à son objectivité. En revanche, le monde connu, celui que nous croyons connaître, est une fiction provisoire qui change avec nos tactiques mentales. C'est pourquoi le temps me paraît venu d'utiliser l'énorme pouvoir que l'homme s'est forgé, non plus pour transformer l'univers directement, mais pour le transformer par la transformation mentale de l'homme. Je crois que nous irions ainsi beaucoup plus vite dans la conquête de l'univers, si conquête il doit y avoir.

On dit changer la vie. Je suis d'accord, mais dans quel sens ? S'il s'agit simplement d'aller vivre à la campagne, pour moi, c'est une défaite. Il est normal qu'on soit terrorisé devant l'immensité des connaissances accumulées, devant cette force aveugle de la technologie. Mais la solution ne peut pas être de détruire, pas plus qu'elle n'est de se suicider, ou d'aller chez le psychanalyste. Il faut que nous nous en sortions en utilisant la totalité des moyens disponibles. Si les ouvriers détruisaient les machines, que se passerait-il ? Nous retournerions simplement en arrière, le pouvoir de l'homme serait moins grand.

— Si je comprends bien, vous ne partagez pas les idées à la mode sur l'arrêt de la croissance ?

X. — Il est certain que les forces que nous avons développées échappent de plus en plus au contrôle humain, et, qu'en ce sens, on va vers la catastrophe. Mais ce problème,

qui paraît insurmontable, est soluble. C'est précisément là qu'intervient l'artiste, parce qu'il est le plus libre dans le domaine intellectuel. Les sciences expérimentales ont deux armes de base : l'expérience, c'est-à-dire la réitération, et la théorie, c'est-à-dire l'inférence. Les arts ne peuvent être inférentiels que partiellement. Mais ils sont expérimentaux : c'est la multiplicité des expériences qui fait la vérité d'une œuvre d'art. Or il y a des choses que les savants ne connaissent pas, qui échappent totalement aux sciences expérimentales, dans le domaine psychique par exemple. Les artistes, eux, ont la possibilité de travailler sur un champ beaucoup plus large, beaucoup plus riche. Ils pourraient donc exercer un rôle de guides dans la conquête du mental, s'ils acceptaient de devenir des penseurs universels, qui s'appuient sur des connaissances scientifiques. Évidemment aucun homme ne peut faire ça tout seul. Il faudrait utiliser les ressources de tous.

R. – Que se passe-t-il quand les artistes s'emparent des instruments de la technique moderne, l'ordinateur par exemple, pour en faire un autre usage ? Cette subversion n'est-elle pas la véritable voie de l'élargissement ?

X. – A vrai dire, je ne suis pas sûr de faire de l'ordinateur un autre usage. On pourrait se demander si cette utilisation n'était pas déjà inscrite, en quelque sorte, en filigrane dans la machine elle-même. Au fond, l'invariant que l'on retrouve derrière toutes les activités humaines, c'est l'homme lui-même, c'est le mental. L'artiste n'est rien d'autre que l'homme à l'œuvre partout. En ce sens, les scientifiques peuvent être aussi des artistes. L'art n'appartient pas à une élite. Être artiste, c'est une destination de l'esprit.

III. DU BON USAGE DE L'ORDINATEUR

R. – Xenakis pense qu'aujourd'hui la création ne saurait ignorer la technologie. Mais s'agit-il d'une contrainte ou

d'un choix ? Il faut distinguer l'usage que la société fait d'instruments comme l'ordinateur et celui qu'en fait Xenakis. D'une façon générale, les ordinateurs servent à embêter les gens. Un ordinateur, ça travaille, ça traite une situation en vue d'un but déterminé. Mais jamais on ne l'utilise pour la joie. Xenakis est le seul à faire de l'ordinateur un instrument joyeux. Je crois que ce détournement de la machine est quelque chose d'essentiel. On ne peut pas dire que Xenakis est obligé de passer par l'ordinateur. Il s'agit bien d'une conquête.

M. – Pour Xenakis, la musique est aussi un moyen de connaissance. Il ne veut donc pas seulement jouer avec l'ordinateur. L'emploi d'une machine pour composer de la musique est un pari intellectuel.

G. – Le propre de l'artiste est d'utiliser les « gadgets » de son temps. A cet égard, je ne vois pas ce qui distingue un ordinateur d'un violon, par exemple.

X. – Il est évident qu'une part importante de l'intelligence et de la créativité de l'homme doit passer par le rationnel. L'artiste peut-il rester libre tout en se soumettant à cette contrainte ? Toute la question est là. En fait, la plupart des gens ont peur de l'ordinateur parce qu'ils ne le connaissent pas. Ils le déifient.

G. – Un des avantages de l'ordinateur est d'enrichir considérablement les possibilités de notation de la musique.

M. – Sans doute. Seulement, il ne faut pas oublier que la majorité des musiques connues dans le monde ne sont pas notées. Dans la musique balinaise, par exemple, l'important c'est le geste, ou le timbre, tandis que les intervalles ne sont pas définis. On peut certainement mettre une telle musique en formules mathématiques. Mais est-ce la manière la plus authentique de l'aborder ?

G. – Je ne crois pas que l'emploi de l'ordinateur marque une coupure dans l'évolution de la musique. La preuve en est que Xenakis a composé à la main des musiques tout aussi complexes.

M. – Justement : l'ordinateur ne sera-t-il pas toujours en retard sur la pratique ?

X. – Il l'est aujourd'hui. Mais c'est parce que nous ne savons pas encore bien l'utiliser.

M. – Je crains que ce ne soit l'inverse. Pour se servir de l'ordinateur, il a fallu symboliser des aspects de la musique qui sont hétérogènes les uns aux autres : l'intensité, la durée, et ainsi de suite.

X. – Ils ne sont hétérogènes qu'en surface. Si tu grattes un peu, tu t'aperçois qu'en profondeur, il existe des structures d'ordre qui font la liaison.

M. – Reste que, comme tu le reconnais toi-même, tu ne pourras pas mettre en symboles la totalité de la musique. Tu feras un choix, portant sur les éléments symbolisables. Il y a donc un risque d'appauvrissement, de sclérose. Ce que l'on introduit dans l'ordinateur, ce sont des composantes sonores, mais pas des composantes musicales.

G. – Vous auriez raison si le compositeur ne définissait pas une structure préalable.

M. – Dans le domaine du timbre, je ne vois pas comment on pourrait découvrir des structures d'ordre. Les timbres sont par nature hétéroclites.

G. – A ce compte, le choix était encore beaucoup plus limité pour un compositeur comme Bach, puisqu'il ne connaissait qu'un nombre de paramètres restreint.

X. – C'est vrai. D'ailleurs, l'ordinateur n'amplifie pas l'intelligence. Il multiplie, il réitère. La technique sérielle, par exemple, était beaucoup trop simpliste. Messiaen a cru faire un pas considérable en utilisant l'interversion dans sa musique. Mais malgré sa prescience, c'était encore du bricolage. Il est évident que le calcul des probabilités ouvre des possibilités beaucoup plus riches.

R. – La démarche de Xenakis part d'un fait d'observation très simple : la musique accuse un retard historique considérable sur les mathématiques. Le musicien de notre temps se pose des problèmes de permutations qu'il n'arrive

pas à résoudre, alors que le premier mathématicien venu pourrait lui fournir la solution. Comme l'a écrit Xenakis, ce qui a manqué à Schönberg, c'est une meilleure connaissance des sciences de son époque. S'il avait été mieux informé, au lieu d'essayer d'introduire un déterminisme rigoureux dans l'atonalité — ce qui a donné la musique sérieuse —, il aurait peut-être entrevu la musique stochastique.

M. — A l'inverse, on peut dire que si Xenakis a réussi à passer de la semi-formalisation de Messiaen à une formalisation radicale, c'est qu'il avait déjà l'intuition d'une musique beaucoup plus complexe et fourmillante qu'il voulait contrôler.

X. — Messiaen, comme Schönberg, s'est tenu à l'écart de l'évolution de la pensée scientifique. On retrouve, là encore, les dangers du romantisme. Du temps de Rameau, la musique et la science faisaient bon ménage. D'ailleurs, l'idée d'utiliser des machines nous est venue parce que nous avions des machines. Ce n'est pas, à proprement parler, une nécessité musicale.

R. — On peut dire, en gros, que l'évolution a pris la forme d'un élargissement progressif. Un compositeur comme Xenakis connaît et utilise aujourd'hui plus de possibilités que n'en avaient ses prédécesseurs. C'est un phénomène analogue à l'expansion économique ou militaire. On peut évidemment se demander quel en est le moteur.

X. — Je dirai : la curiosité.

M. — Ne sommes-nous pas au bout de cette expansion ? Je suis frappé de voir comme on revient, aujourd'hui, à des musiques simplettes.

X. — L'ordinateur est capable également de calculer des musiques linéaires, raréfiées. C'est ce que j'ai essayé dans *Nomos Alpha* : produire, avec un instrument très riche, des atmosphères très raréfiées, des températures très basses.

M. — Je crois, malgré tout, qu'entre la connaissance pure et la connaissance musicale, il y a une différence essentielle : la première est cumulative, la seconde ne l'est pas.

G. – Votre première affirmation me paraît douteuse. Pour apprendre la physique moderne, il n'est pas nécessaire de passer par tous les stades précédents du développement scientifique.

X. – Prenons un exemple : Beethoven. Tout le monde écoute la musique de Beethoven comme on l'écoutait au XIX^e siècle. Mais il serait possible de l'entendre autrement, de réinterpréter l'harmonie de l'époque à partir de conceptions abstraites. L'histoire est un cimetière où l'on rencontre des revenants et des nouveau-nés. Il n'y a pas qu'accumulation et juxtaposition. Il y a des révoltes, des inventions nouvelles qui sont incompatibles avec d'autres.

M. – Je pense plutôt que toute la matière musicale est là, depuis toujours. Seulement, on n'en utilisait qu'une partie. Par exemple, les glissandi étaient considérés comme quelque chose de vulgaire jusqu'au jour où Xenakis en a fait un usage complètement neuf.

R. – Il faut ajouter l'effet d'ennui, de grisaille qui est propre à la répétition. A force d'écouter la *Cinquième* symphonie, je n'entends plus rien. Et puis, le développement de la consommation musicale pose un problème considérable. On ne peut pas toujours remettre le même disque de Chopin.

X. – Il n'y a pas que l'ennui. Il y a une impulsion vitale, le besoin de dépassement.

M. – On ne s'ennuyait pas quand l'art était fixé une fois pour toutes. Les peintres tibétains reproduisent indéfiniment le même schéma. Quand l'art a une fonction sociale, cette répétition ne gêne personne.

IV. RATIONALITÉ ET IMPÉRIALISME

X. – Je n'ai malheureusement pas le temps d'analyser des musiques différentes. Mais je suis persuadé qu'on pourrait leur appliquer la même méthode qu'aux musiques occi-

dentales. Mes propositions d'axiomatisation sont tellement élémentaires qu'elles ont une portée universelle. Tout le monde compte le temps et utilise des intervalles. Que ces opérations soient conscientes ou non, peu importe : l'essentiel est qu'il s'agit des données de base de toute pratique musicale et qu'on peut les analyser comme des objets.

M. – Je ne suis pas sûr que les structures de base aient un caractère si général. Il existe des langues qui ne distinguent pas entre l'avant et l'après, entre le singulier et le pluriel, entre les personnes. A supposer que ces données soient universelles, on peut se demander, alors, si elles présentent une signification quelconque. Elles se situent à un niveau d'abstraction tel qu'il devient inutile de les formuler.

X. – A côté des structures d'ordre, il y a les structures partiellement ordonnées, que les mathématiciens ont étudiées depuis un siècle.

M. – Rechercher une structure accessible à l'intelligence dans une musique déterminée est déjà un acte d'appropriation sociale. As-tu le droit de le faire ? Admets-tu la relativité des systèmes de pensée ? Accepterais-tu, par exemple, qu'on analyse la musique de Xenakis en fonction d'autres systèmes ?

X. – Parfaitement. J'admets le relativisme. Je prétends seulement que l'approche rationnelle se fonde sur des moyens qui lui donnent une plus grande puissance, une plus grande universalité.

M. – Il faudrait le prouver par des exemples.

X. – Dire que tous les musiciens appréhendent le temps, les intervalles, les intensités n'a rien d'arbitraire. C'est un fait expérimental, valable partout dans le monde. D'ailleurs, la notation l'implique.

M. – On connaît des civilisations qui ne notent pas leur musique. Il y a aussi des systèmes musicaux où les hauteurs ne sont pas fixes.

X. – Les musiciens sont au moins conscients des diffé-

rences entre les intervalles. C'est élémentaire, on ne peut pas y échapper.

M. – Alors, pourquoi les musiciens ne l'ont-ils pas vu jusqu'à présent ?

X. – Parce qu'ils s'en moquent. Ce sont les théoriciens qui ont dégagé ces lois mathématiques. Tu trouves la même chose en psychologie : Piaget a découvert une coïncidence entre les phénomènes qu'il observait chez les enfants et certaines structures mathématiques et logiques.

M. – Les Hindous ont échafaudé des théories sur le symbolisme des notes. Elles remettent en cause la croyance dans la formalisation. Estimes-tu qu'elles sont aberrantes ?

X. – La formalisation ne relève pas de la croyance. Elle s'appuie sur des faits.

M. – A condition de laisser tomber toute une partie de ces théories.

X. – Si tu dis qu'une note représente autre chose, tu entres dans le domaine des relativités socio-culturelles. Ça ne m'intéresse pas pour l'instant. Moi, j'ai un objet devant moi, et je veux l'étudier sous l'aspect qui le met en communication avec la science et l'universalité.

M. – Passons à la deuxième question. C'est un fait, aussi, que le rationalisme a été utilisé, dans une perspective pragmatiste, pour imposer notre civilisation aux autres peuples. Cela ne te gêne pas ?

X. – Si, bien sûr. Je n'approuve pas l'usage que les Occidentaux ont fait d'un système de pensée pour détruire d'autres civilisations aussi riches, ou plus riches que la leur. Mais cela ne remet pas en cause le système lui-même, qui a une portée universelle. Que nous le voulions ou non, nous sommes voués à une banalité planétaire. On le voit bien, d'ailleurs, dans la musique actuelle. Les différences locales, les excentricités qu'il faudrait sauvegarder à tout prix s'effacent. Les musiciens de tous les pays font maintenant la même musique. C'est vrai même de la musique populaire, et je le déplore.

M. – Tu le déplores, mais ton propre travail contribue à ce nivellement.

X. – Pas du tout. Quand j'écoute de la musique japonaise ou chinoise, et que, pour mieux la comprendre, j'essaie de forger des outils nouveaux, en m'appuyant sur une rationalité universelle, je ne la détruis pas.

M. – Tes analyses peuvent être contraires à sa mentalité.

X. – Je ne vois pas comment.

M. – L'outil rationnel a sa place parmi d'autres. Mais il est difficile de prétendre qu'il a plus d'importance que l'outil symbolique ou l'outil mythique, par exemple. Eux aussi sont universels.

X. – Non. J'essaie, moi, de prendre une distance par rapport à l'objet. Je ne cherche pas à en parler du dedans. Ça, c'est une régression.

M. – Néanmoins tu t'empares de l'objet. Tu essaies de faire le bonheur des gens malgré eux.

X. – Pourquoi? Mon but est de comprendre et d'expliquer les choses d'une manière qui soit valable pour tous. Rester à l'intérieur du système pour en rendre compte est une position plus faible.

M. – Mais tu ne sors pas, toi-même, de ton propre système. Tu es un produit de la Grèce.

X. – La force de la rationalité ne vient pas de ce qu'elle est grecque. L'expérience prouve que la même pensée est à l'œuvre à chaque instant, partout : dans les mathématiques des Chinois ou des Hindous, chez les architectes mexicains. Ce qui s'est produit en Grèce se reproduit sur l'ensemble de la planète.

M. – La tendance à symboliser par des rapprochements irrationnels est universelle, elle aussi.

X. – Oui, dans la mesure où on y retrouve des rapports, des relations logiques, donc du rationnel.

M. – Instituer une relation entre le registre aigu, la lumière et le divin, est-ce vraiment rationnel? On dit : le rationnel est le progrès. Mais c'est une pétition logique,

puisqu'on a d'abord défini le progrès comme le rationnel.

X. – Les conséquences de la rationalisation, et notamment l'impérialisme, sont des épiphénomènes. Il se trouve que le pythagorisme est devenu planétaire parce que c'est en Occident qu'on a su exploiter cette découverte avec le maximum d'efficacité. La science, c'est vrai, permet de fabriquer des bombes. Mais les victimes ne se sauveront pas en invoquant Zarathoustra. C'est ce que les Japonais ont compris. Ils sont devenus une grande puissance industrielle.

M. – Reste que cette expansion pourrait bien être un échec. Les gens ne sont pas plus rationnels aujourd'hui qu'il y a 5.000 ans. Au contraire : plus on met l'accent sur la rationalité, plus la part irrationnelle, refoulée, pèse lourd. Elle resurgit ailleurs, et les choses qu'on a laissées dans l'ombre se vengent.

X. – Le rationalisme moderne a évidemment ses défauts et tu peux contester l'emploi qui en est fait. Mais je ne vois pas pourquoi il faudrait mettre tout le système à bas sous prétexte qu'il se révèle destructeur ici ou là. D'ailleurs, quand je travaille, c'est toujours cahin-caha, à l'aveuglette. J'y vois clair après coup, quand j'essaie de mesurer les résultats. Je ne fais pas une œuvre rationaliste.

M. – Bien sûr, sinon tu serais seulement un philosophe. Tu fais de la musique, et par là même, tu découvres l'autre face, celle qui nous reste inconnue.

X. – Les deux vont de pair. Mais je ne parle que de ce dont je peux parler. Je ne parle pas de l'inaccessible. L'inaccessible, je l'atteins par ma musique.

Extrait de la revue *L'Arc*, n° 51, 1972
numéro spécial Xenakis.

IV

CATALOGUE DES ŒUVRES MUSICALES DE XENAKIS

établi d'après les travaux de Maurice Fleuret.

1953-54

Metastasis, pour orchestre de 61 instruments : piccolo, flûte, 2 hautbois, clarinette basse, 3 cors, 2 trompettes, 2 trombones ténor, timbales, percussion et cordes (12, 12, 8, 8, 6). Éditions Boosey & Hawkes. 7 minutes.

1955-56

Pithoprakta, pour orchestre de 50 instruments : 2 trombones ténor, xylophone, woodblock et cordes (12, 12, 8, 8, 6). Éditions Boosey & Hawkes. 9 minutes.

1956-57

Achorripsis, pour 21 instruments : piccolo, hautbois, clarinette en mi bémol, clarinette basse, basson, contrebasson, 2 trompettes, trombone ténor, xylophone, woodblock, grosse caisse, 3 violons, 3 violoncelles et 3 contrebasses. Éditions Bote und Bock. 7 minutes.

1957

Diamorphoses, musique électro-acoustique pour bande magnétique 4 pistes. R.T.F. 7 minutes.

1958

Concret PH, musique électro-acoustique pour bande magnétique 4 pistes. R.T.F. 2,45 minutes.

1959

Duel, jeu pour deux orchestres : 2 piccolos, 2 hautbois, 2 clarinettes en si bémol, 2 clarinettes en mi bémol, 2 clarinet-

tes basses, 2 bassons, 2 contrebassons, 4 trompettes, 2 trombones, percussion (2 caisses claires, 2 tambours, 4 bongos, 6 congas) et cordes (2, 2, 0, 8, 4). Éditions Salabert. Durée variable.

Syrmos, pour 18 ou 36 instruments à cordes (6, 6, 0, 4, 2 ou le double). Éditions Salabert. 14 minutes.

Analogiques A & B, pour 9 instruments à cordes (3, 3, 0, 2, 1) et bande magnétique 4 pistes. Éditions Salabert. 7 minutes.

1960

Orient-Occident, musique électro-acoustique pour bande magnétique 4 pistes. R.T.F. 12 minutes.

1960-61

Herma, pour piano. Éditions Boosey & Hawkes. 9 minutes.

1956-62

ST/4, pour quatuor à cordes. Éditions Boosey & Hawkes. 11 minutes.

ST/10, pour 10 instruments : clarinette, clarinette basse, 2 cors, harpe, percussion (5 temple-blocks, 4 toms, 2 congas, woodblock) et quatuor à cordes. Éditions Boosey & Hawkes. 11 minutes.

Morsima-Amorsima, pour piano, violon, violoncelle et contrebasse. Éditions Boosey & Hawkes. 11 minutes.

1956-62

Atrées, pour 10 instruments : flûte, clarinette, clarinette basse, cor, trompette, trombone, percussion (maracas, cymbales suspendues, gong, 5 temple-blocks, 4 toms, vibraphone), violon et violoncelle. Éditions Salabert. 15 minutes.

1956-62

ST/48, pour orchestre de 48 instruments : piccolo, flûte, 2 hautbois, clarinette, clarinette basse, basson, contrebasson, 2 cors, 2 trompettes, 2 trombones, 4 timbales, percussion (4

toms, 5 temple-blocks, woodblock, tambour, vibraphone, marimbaphone) et cordes (8, 8, 6, 6, 4). Éditions Boosey & Hawkes. 11 minutes.

Stratégie. Jeu pour deux orchestres : 2 piccolos, 2 flûtes, 2 hautbois, 2 clarinettes en si bémol, 2 clarinettes en mi bémol, 2 clarinettes basses, 2 bassons, 2 contrebassons, 4 cors, 4 trompettes, 4 trombones ténor, 2 tubas, percussion (2 vibraphones, 2 marimbaphones, 2 maracas, 2 cymbales suspendues, 2 grosses caisses, 2 x 4 toms, 2 x 5 temple-blocks, 2 x 4 wood-blocks, 2 x 5 cloches à chèvres) et cordes (12, 12, 8, 8, 6). Éditions Boosey & Hawkes. Durée variable.

1962

Polla ta dhina, pour chœur d'enfants et orchestre : 20 voix d'enfants, piccolo, flûte, 2 hautbois, clarinette, clarinette basse, basson, contrebasson, 2 cors, 2 trompettes, 2 trombones, percussion et cordes (8, 8, 6, 6, 4). Éditions Modern Wewerka. 6 minutes.

Bohor, musique électro-acoustique pour bande magnétique 8 pistes (existe également en version 4 pistes). Éditions Salabert. 23 minutes.

1963-64

Eonta, pour piano et 5 cuivres : 2 trompettes, 3 trombones ténor. Éditions Boosey & Hawkes. 18 minutes.

1964

Hiketides, musique de scène pour chœur de femmes et ensemble instrumental : 50 altos ou mezzo-sopranos jouant des percussions (crotales, triangles, maracas, cloches, sonnaïlles, tambours), 2 trompettes, 2 trombones, 2 violons, 2 violoncelles, 2 contrebasses. Éditions Salabert. 30 minutes.

Idem, suite instrumentale pour 2 trompettes, 2 trombones et cordes (6 premiers violons, 6 seconds violons, 8 violoncelles, 4 contrebasses ou un multiple). Éditions Salabert. 10 minutes.

1964-65

Akrata, pour 16 instruments à vent : piccolo, hautbois, clarinette en si bémol, clarinette en mi bémol, clarinette basse, basson, 2 contrebasses, 2 cors, 3 trompettes, 2 trombones ténor et tuba. Éditions Boosey & Hawkes. 11 minutes.

1965-66

Oresteia, musique de scène pour chœur mixte et orchestre de chambre : piccolo, hautbois, clarinette, clarinette basse, contrebasson, cor, trompette, trompette piccolo en ré bémol, trompette ténor, tuba, percussion (instruments traditionnels et inusités) et violoncelle. Éditions Boosey & Hawkes. 100 minutes.

Idem, suite de concert pour chœur mixte et orchestre de chambre. Éditions Boosey & Hawkes. 46 minutes.

Terrêtektorh, pour orchestre de 88 musiciens éparpillés dans le public : piccolo, 2 flûtes, 3 hautbois, clarinette en si bémol, clarinette en mi bémol, clarinette basse, 2 bassons, contre-basson, 4 cors, 4 trompettes, 4 trombones ténor, tuba, percussion et cordes (16, 14, 12, 10, 8) chaque musicien devant posséder en plus : 1 woodblock, 1 fouet, 1 maracas et 1 sirène Acmé. Éditions Salabert. 18 minutes.

1966

Nomos alpha, pour violoncelle seul. Éditions Boosey & Hawkes. 17 minutes.

1967

Polytope, spectacle lumineux et sonore, avec une musique pour quatre orchestres identiques : piccolo, clarinette, clarinette basse, contrebasson, trompette, trombone ténor, percussion (grand gong, woodblocks japonais, 4 toms), multiples de 4 violons et 4 violoncelles. Éditions Boosey & Hawkes. 6 minutes.

Nuits, pour 12 voix solistes mixtes a cappella. Éditions Salabert. 11 minutes.

Medea, musique de scène pour chœur d'hommes (jouant également des rythmes avec des galets de rivière ou de mer) et ensemble instrumental : clarinette, contrebasson, trombone, violoncelle et percussion. Éditions Salabert. 25 minutes.

1967-68

Nomos gamma, pour orchestre de 98 musiciens éparpillés dans le public : piccolo, 2 flûtes, 3 hautbois, clarinette en si bémol, clarinette en mi bémol, clarinette contrebasse, 2 bassons, 3 contrebassons, 6 cors, 5 trompettes, 4 trombones ténor, tuba, percussion et cordes (16, 14, 12, 10, 8). Éditions Salabert. 15 minutes.

1968-69

Kraanerg, musique de ballet pour bande magnétique 4 pistes et orchestre : piccolo, hautbois, 2 trompettes, 2 trombones et cordes (multiples de 3, 3, 2, 2, 2). Éditions Boosey & Hawkes. 75 minutes.

1969

Anaktoria, pour octuor : clarinette, basson, cor, 2 violons, alto, violoncelle et contrebasse. Éditions Boosey & Hawkes. 11 minutes.

Synaphai, pour piano et orchestre : 3 flûtes, 3 hautbois, 3 clarinettes, 3 bassons, 4 cors, 4 trompettes, 4 trombones, tuba, percussion et cordes (16, 14, 10, 10, 8). Éditions Salabert. 14 minutes.

Persephassa, pour 6 percussionnistes disposés autour du public. Éditions Salabert. 24 minutes.

1969-70

Hibiki-Hana-Ma, musique électro-acoustique sur 12 pistes magnétiques (existe également en version 4 pistes) pour un spectacle audio-visuel, à base d'orchestre. Éditions Salabert. 18 minutes.

1971

Charisma, pour clarinette et violoncelle. Éditions Salabert. 4 minutes.

Aroura, pour 12 instruments à cordes (4, 3, 2, 2, 1) ou un multiple. Éditions Salabert. 12 minutes.

Persepolis, spectacle lumineux et sonore avec musique électro-acoustique pour bande magnétique 8 pistes (existe également en version 4 pistes). Éditions Salabert. 57 minutes.

Antikhthon, musique de ballet pour orchestre : 3 flûtes, 3 hautbois, 3 clarinettes, 2 bassons, contrebassons, 4 cors, 3 trompettes, 3 trombones ténor, tuba, percussion et cordes (10, 8, 6, 6, 4). Éditions Salabert. 23 minutes.

Mikka, pour violon solo. Éditions Salabert. 4 minutes.

1972

Linaia-Agon, pour cor, trombone ténor et tuba. Éditions Salabert. Durée variable.

Polytope de Cluny pour 4 pistes magnétiques. Éditions Salabert. 24 minutes.

1973

Eridanos, pour 2 cors, 2 trompettes, 2 tubas et cordes (multiples de 2, 2, 2, 2, 2). Éditions Salabert. 11 minutes.

Evryali, pour piano solo. Éditions Salabert. 11 minutes.

Cendrées, pour chœur mixte de 72 voix et orchestre : 2 flûtes (piccolo), 2 hautbois, 2 clarinettes si bémol (clarinette basse), 2 bassons, 2 cors, 2 trompettes, 2 trombones, 1 tuba, cordes (16, 14, 10, 10, 8). Éditions Salabert. 25 minutes.

1974

Erikhthon, pour piano et orchestre : bois par 3 plus clarinette basse, contrebasson, cuivres par 4 plus 1 tuba, cordes (16, 14, 12, 10, 8). Éditions Salabert. 15 minutes.

Gmeeoorh, pour orgue. Éditions Salabert. 29 minutes.

Noomena, pour grand orchestre : 3 flûtes, 1 piccolo, 3 hautbois, 1 cor anglais, 1 clarinette mi b., 3 clarinettes, 1 clarinette basse, 3 bassons, 1 contrebasson, 5 trompettes, 4 trombones, 1 tuba, cordes (18, 16, 14, 12, 10). Éditions Salabert. 17 minutes.

1975

Empreintes, pour orchestre : 1 piccolo, 2 flûtes, 3 hautbois (cor anglais), 1 clarinette mi b., 2 clarinettes (clarinette basse), 2 bassons, 1 contrebasson, 4 cors, 4 trompettes, 4 trombones ténor, 1 tuba, cordes (16, 14, 12, 10, 8). Éditions Salabert. 12 minutes.

Phlegra, pour 11 instrumentistes : flûte (piccolo), hautbois, clarinette si b. (clarinette basse), basson, cor, trompette, trombone, violon, alto, violoncelle, contrebasse. Éditions Salabert. 14 minutes.

Psappha, pour percussion solo. Éditions Salabert. 18 minutes.

N'shima, pour 2 cors, 2 trombones, 2 mezzo-soprani, 1 violoncelle. Éditions Salabert. 17 minutes.

1976

Khoai, pour clavecin. Éditions Salabert, 15 minutes.

V

DISCOGRAPHIE ET BIBLIOGRAPHIE

France

Barclay 920217, *Anaktoria, Morsima-Amorsima*, par l'Octuor de Paris.

Boîte à Musique 070, *Diamorphoses* (+ Schaeffer, Ferrari, Philippot, Sauguet).

CBS 34-61226, *Akrata*, dir. R. Dufallo (+ Del Tredici, Nono, Takemitsu).

EMI CO63-10011, *Akrata, Achorriopsis, ST/10, Polla Ta Dhina*, dir. K. Simonovitch.

EMI CVC 2086, *Atrées, Nomos Alpha, ST/4, Morsima-Amorsima*, avec P. Penassou, quat. Bernède, dir. K. Simonovitch.

EMI MCV 2086 c, *Idem* (mini-cassette).

EMI CVB 2190, *Herma*, par G. Pludermacher (+ Boucourechliev, Jolas).

Erato STU 70457, *Nuits*, par les Solistes des Chœurs ORTF, dir. M. Couraud (+ Messiaen, Penderecki), Grand Prix du Disque 1968.

Erato STU 70526, *Syrmos, Medea, Polytope*, dir. M. Constant, Grand Prix du Disque 1969.

Erato STU 70527/28, *Kraanerg*, dir. Constant, Grand Prix du Disque 1969.

Erato STU 70529, *Nomos Gamma, Terretektorh*, dir. Ch. Bruck, Grand Prix du Disque 1969.

ERATO STU 70530, *Bohor I, Diamorphoses II, Orient-Occident III, Concret PH II*, Grand Prix du Disque 1969.

Erato STU 70565, *Oresteia*, dir. M. Constant.

Erato LDEV 523 (45 t.), *Medea*, *Polytope*, dir. M. Constant.

Le Chant du Monde LDX A 8368, *Metastasis*, *Pithoprakta*, dir. M. Le Roux, *Eonta* avec Y. Takahashi, dir. K. Simonovitch, Grand Prix du Disque 1966.

Le Chant du Monde K60, *Idem* (mini-cassette).

Philips 835485/86 AY, *Orient-Occident* (+ Berio, Ferrari, Maderna, Henry, etc.).

Philips 835487, *Concret PH*, *Analogiques A et B*, dir. K. Simonovitch.

Philips 836897 DSY, *Orient-Occident* (+ Berio, Ferrari, Maderna, Dufrène, Barronnet).

Philips 90 119 CAA, *Orient-Occident* (+ Berio, Kagel) (mini-cassette).

Philips 652 1020, *Persephassa*, par les Percussions de Strasbourg.

Réalisations sonores n° 5, *Xenakis parle*.

Philips T 652 1045, *Persépolis*.

Allemagne

Hör Zu (Elektrola), *Medea*, *Concret PH II*, *Orient-Occident III*.

Deutsche Grammophon 2530562 (Polydor International), *Nomos Alpha*, par Siegfried Palm (+ Webern, Kagel, Zimmermann, Penderecki, Brown, Yun).

États-Unis

Angel S-36560, *Atrées*, *Nomos Alpha*, *ST 4*, *Morsima-Amorsima*.

Angel S-36655, *Herma* (+ Boucourechliev, Jolas).

Angel S-36656, *Akrata*, *Achorriopsis*, *ST/10*, *Polla Ta Dhina*.

Boîte à Musique 070, *Diamorphoses* (+ Schaeffer, Ferrari, Philippot, Sauguet).

Candide 31049, *Syrmos, Medea, Polytope*.

Columbia MS-7281, *Akrata* (+ Del Tredici, Nono, Take-mitsu).

HMV S-ASD 2441, *Atrées, Nomos Alpha, ST/4, Morsima-Amorsima*.

Limelight 86047, *Orient-Occident* (+ Berio, Ferrari, Maderma, Dufrène, Barronnet).

Mainstream 5000, *Herma*, par Y. Takahashi (+ E. Brown, Reynolds, Takahashi).

Nonesuch 7120, *Akrata, Pithoprakta*, dir. L. Foss (+ Penderecki).

Nonesuch H-71246, *Bohor I, Diamorphoses II, Orient-Occident III, Concret PH II*.

Vanguard Cardinal 10030, *Metastasis, Pithoprakta, Eonta*.
MHS 1187, *Nuits, Medea* (extraits) (+ Messiaen)

Grande-Bretagne

Cybernetics Serendipity Music ICA 01,02, *Stratégie* (extraits), dir. S. Ozawa et H. Wakasugi.

HMV, *Nuits* (+ Messiaen, Penderecki).

DECCA, Headline Series, HEAD 13, *Antikhthon, Synaphai, Aroua*, dir. E. Howarth.

Grèce

Lyra 251, *Metastasis, Pithoprakta, Eonta*.

Hollande

Jeugden Muziek, Middelburg BVHAAST 007, *Eonta, Herma*, Evryali au piano Geoffrey Madge, dir. P. Eötvös.

Japon

Distribution Nippon Columbia :

Erato STU 70526, *Syrmos, Medea, Polytope*.

Erato STU 70527/28, *Kraanerg*.

Erato STU 70529, *Nomos Gamma, Terretektorh*.

Erato STU 70530, *Bohor I, Diamorphoses II, Orient-Occident III, Concret PH II*.

La série de ces quatre disques a obtenu le Grand Prix du disque au Japon.

RCA Victor Japon, *Stratégie*, dir. S. Ozawa et H. Wakasugi.

SJV 1513

JRZ 2501, *Hibiki-Hana-Ma*, dir. S. Ozawa (+ Takemitsu, Takahashi).

Sony CBS SONC 10163, *Akrata* (+ Del Tredici, Nono, Takemitsu).

Nippon Phonogram SFX 8683, *Persépolis*.

Bibliographie des écrits de Xenakis.

L'œuvre écrite de Xenakis comprend d'innombrables articles publiés dans des revues de différents pays. Les plus anciens se trouvent dans les numéros 1 (1955) et 6 (1956) des *Gravesaner Blätter*, publiées à Gravesano (Suisse) par H. Scherchen. Les plus importants de ces articles ont été repris dans les livres de Xenakis, qui sont :

Musiques formelles (Paris, éditions Richard-Masse, numéro spécial 253-4 de la *Revue musicale*, 1963, 232 pages). Ce livre donne une excellente vue d'ensemble des problèmes de la composition et de la création tels que les conçoit Xenakis ; la lecture attentive du détail suppose des connaissances en mathématiques.

Musique. Architecture (Paris, Casterman/Poche, 1971, 160 pages) est un livre plus accessible. On y trouve à la fois les idées de Xenakis sur le passé de la musique, l'exposé de ses méthodes de création, les perspectives qu'il entrevoit pour l'art.

Formalized Music, Thought and Mathematics in Composi-

tion (Bloomington - London, Indiana University Press, 1971, 273 pages) est l'édition en anglais de *Musiques formelles*, mais augmentée notamment d'un chapitre IX, "New Proposals in Microsound Structure", très important parce qu'il indique les directions vers lesquelles s'oriente la création musicale de Xenakis. On y trouve en outre une analyse de *Nomos gamma*, et des pages de philosophie de la musique.

Bibliographie sommaire des écrits sur Xenakis (en français).

CHARLES (Daniel), *La Pensée de Xenakis* (Paris, Boosey et Hawkes, 1968).

BOIS (Mario), *Xenakis, musicien d'avant-garde* (Paris, Boosey et Hawkes, Bulletin d'information n° 23, septembre 1966), comprenant notamment un important entretien entre Xenakis et Mario Bois, du 4 mars 1966.

VANDEBOGAERDE (Fernand), « Analyse » de « Nomos alpha », in *Mathématiques et Sciences humaines*, École pratique des hautes études, n° 24, 1968.

ROSTAND (Claude), *Xenakis* (Paris, Salabert, 1972), catalogue des œuvres et biographie.

FLEURET (Maurice), *Iannis Xenakis* (Paris, Discothèque de France, 1972), étude bibliographique et catalogue des œuvres, discographie.

Musique en jeu (Paris, Seuil, n° 1, 1970), entretien de Xenakis avec Daniel Durney et Dominique Jameux.

Xenakis, numéro spécial de *L'Arc* (Aix-en-Provence, 1972), articles de Bernard Pingaud, Daniel Durney, Olivier Revault d'Allonnes, Maurice Fleuret, François Genuys, François-Bernard Mâche, Hanspeter Krellmann, Amadeus Jakob Droschke, Louis Marin (bibliographie, discographie, et entretiens avec Xenakis).

REVAULT D'ALLONNES (Olivier), *La Création artistique et les promesses de la liberté* (Paris, Klincksieck, 1973, 301 pa-

ges), chapitre VII : « L'artiste et l'avenir : Iannis Xenakis et la modernité », pp. 217-260.

FLEURET (Maurice), *Xenakis* (Paris, éditions Joël Cuénot, en préparation).

REVAULT D'ALLONNES (Olivier), *Xenakis/Les Polytopes* (Paris, Balland, 1975, 135 pages).

TABLE DES MATIÈRES

Première partie

Musique

I. Théorie des probabilités et composition musicale ...	9
II. Les trois paraboles	16
III. Formalisation et axiomatisation de la composition musicale	20
IV. Trois pôles de condensation	26
A. Musique stochastique (libre)	26
B. Musique stochastique markovienne	33
C. Musique symbolique et ensembliste	35
V. Vers une métamusique	38
VI. Vers une philosophie de la musique	71

Deuxième partie

Architecture

I. Le Pavillon Philips à l'aube d'une architecture	123
II. Notes sur un « geste électronique »	143
III. La ville cosmique	153

Troisième partie

Musique. Architecture

Cahier d'illustrations	165
I. Variété	181
II. Annexes	192

III. Entretiens	205
IV. Catalogue des œuvres musicales de Xenakis	224
V. Discographie et bibliographie	231

iannis xenakis

musique. architecture

Ce livre comprend les écrits théoriques de Xenakis qui est sans doute avec Pierre Boulez et Stockhausen le musicien contemporain le plus célèbre. Son œuvre est à la fois celle d'un ingénieur et d'un architecte. Xenakis fait intervenir dans la composition le calcul des probabilités et la théorie des informations. Il commente dans ces essais les positions qu'il a prises vis-à-vis de Bartok, de la musique sérielle et de Le Corbusier. L'ouvrage contient également une vision urbanistique, « la ville cosmique », où Xenakis se révèle aussi à l'avant-garde en architecture qu'en musique.

iannis xenakis



Né en 1922. Xenakis a introduit en musique le concept des nuages et des galaxies d'événements sonores, le calcul des probabilités (musique stochastique), la théorie des jeux (musique stratégique) et les structures mathématiques (musique symbolique). Parmi ses compositions musicales les plus importantes, il faut citer : *Metastasis*, 1954; *Eonta*, 1964; *Terretektorh*, 1966; *Nuits*, 1968. Également architecte, Xenakis fut pendant douze ans le collaborateur de Le Corbusier. Il a réalisé, en 1967, le Polytope de Montréal pour l'Exposition universelle, le Polytope de Cluny pour le Festival d'automne de 1972 et le Polytope pour l'inauguration du Centre national d'art et de culture Georges Pompidou, en 1977.

Photo J. Rancy.

ISBN 2-203-23112-2