

INSTITUTE OF SONOLOGY - UTRECHT STATE UNIVERSITY

# ELECTRONIC MUSIC REPORTS

the situation in musical research  
an acoulogical performance model  
serial and aleatoric composition methods  
sound and image

a new sequencer

new productions



E L E C T R O N I C M U S I C R E P O R T S

published by the Institute of Sonology at Utrecht State University

---

No. 4

September 1971

---

EDITORIAL STAFF

Gottfried Michael Koenig, Stan Tempelaars, Frits Weiland

Appears aperiodically once or twice annually.  
Single numbers 2.35 guilders (outside Europe \$ 1.00),  
subscription for five numbers 10.50 guilders (\$ 4.60).  
If use is not made of an International Post Order the prices will  
be increased by 1.50 guilders (\$ 0.40).

No article may be reproduced without permission from the author.

---

CONTENTS

---

6	Francis Régnier	Situation de la Recherche Musicale face a la revolution informatique
31	Otto E. Laske	An Acoulogical Performance Model for Music
66	Frits Weiland	Relations between Sound and Image (translated by Ruth Koenig)
95	G.M. Koenig	Serielle und aleatorische Verfahren in der elektronischen Musik
119	David Johnson	A Voltage-Controlled Sequencer
130	-	New Productions in The Netherlands

The fourth issue of ELECTRONIC MUSIC REPORTS marks the end of the initial phase of this publication. The magazine has met with such great interest during the past two years that we not only feel that its outward appearance should be improved, but also that it should not involve such a high degree of preparatory work for which the Institute of Sonology is not equipped. The Seminary for Musicology at Ghent, whose activities complement those at Utrecht to a certain extent, is faced with a similar publication problem. We have therefore decided to enter into editorial collaboration, supported by Swets and Zeitlinger, the Amsterdam publishers, who will in future produce one magazine for both institutes.

The new publication will be called INTERFACE, and will appear twice a year. The first issue is planned for Autumn 1971 and will count as a free fifth issue of ELECTRONIC MUSIC REPORTS for our subscribers. New subscribers wishing to start with the second issue of INTERFACE should contact the publishers directly (see the leaflet enclosed in this issue).

As far as the contents are concerned, the Institute of Sonology intends to continue on the lines of ELECTRONIC MUSIC REPORTS. Collaboration with Ghent will widen the area of subjects, but in a way that had already been planned for ELECTRONIC MUSIC REPORTS.

The Utrecht editorial board wishes to thank its readers for the interest they have shown up to now, and hopes that this interest will remain for the continued work under the title of INTERFACE.

## THE SITUATION IN MUSICAL RESEARCH WITH REGARD TO THE INFORMATION REVOLUTION

Francis Régnier

Musical research covers widely varying activities, which makes it difficult to speak of basic research. The prime aim of musical research ought not to be that of helping composers to adapt their compositional tools to their own wishes or to those of their public, but should be devoted to bringing those who make music (composers, instrument-makers, interpreters) closer together. There are several ways in which the computer can be used in musical research, one of them being to ask the computer to deliver scores which can be performed by instrumentalists, and another being to use the computer for purposes of synthesis.

The first part of this article explains why this second manner appears to be better suited to prevailing circumstances in the musical situation, some of the elements of this situation being indicated. A broad outline then follows of the syntheses carried out at Bell Telephone Laboratories by M.V. Mathews. A more detailed study of the logical structure of the corresponding programme then follows, a programme which provides a practical method of writing down the results, even if this is not actually notation. It will be shown that two complementary working methods are possible: first, of establishing psychoacoustic knowledge, and secondly, of creating new sounds in a more general attempt to put new life into instrument construction. Existing analysis procedures are examined with a view to finding laws which are general enough to aid developments in instrument construction.

The article concludes with a discussion of a general programme calling on the computer as an instrument of synthesis for musical research.

## SITUATION DE LA RECHERCHE MUSICALE FACE A LA REVOLUTION INFORMATIQUE

---

Francis Régnier

### INTRODUCTION

La recherche musicale recouvre un certain nombre d'activités si diverses (recherches acoustiques, mathématiques, techniques, etc.) qu'il semble difficile de parler d'une recherche fondamentale.

Le but premier d'une recherche musicale ne devrait-il pas être de rendre des services aux compositeurs, de façon qu'ils puissent mieux adapter leurs outils de composition à leurs désirs propres ainsi qu'à ceux du public. Les chercheurs devraient donc côtoyer le plus possible ceux qui font vivre la musique, les compositeurs, les luthiers, les instrumentistes le cas échéant.

En tant qu'ingénieur attaché au Groupe de Recherches Musicales de l'O.R.T.F. j'ai pu apprécier que de tels contacts ne sont pas toujours faciles, et qu'il est souvent malaisé d'adapter l'offre à une demande formulée en termes vagues et qu'il faut savoir interpréter et peser.

Il était normal que certains chercheurs s'enthousiasment pour les applications de l'ordinateur dans la musique, dès les débuts de l'informatique. Cet engouement a cependant pris plusieurs formes, que l'on demande à l'ordinateur le calcul de partitions exécutables par les instrumentistes (c'est une recherche mathématique de modèles) ou qu'on l'utilise dans le sens de la synthèse, c'est à dire dans une rôle instrumental.

Nous expliquerons dans une première partie les raisons pour lesquelles ce second mode d'utilisation nous semble mieux adapté aux circonstances actuelles de la situation musicale, et nous indiquerons quelques éléments de cette situation. Après quoi, nous rappellerons les grandes lignes du procédé de synthèse des sons mis au point aux Bell Telephone Laboratories par M.V.Mathews.

Nous étudierons ensuite plus en détail la structure logique du programme correspondant, dont l'étagement en plusieurs niveaux permet sinon une notation, du moins une écriture pratique. Nous verrons que, privés de données suffisantes, sur les corrélations entre les paramètres physiques d'un son et notre façon de le percevoir et de le décrire, nous avons deux méthodes de travail complémentaires possibles: d'une part constituer un corps de connaissances psychoacoustiques, d'autre part créer de nouveaux sons dans un effort plus général pour renouveler la lutherie. Dans la mesure où un travail de synthèse doit s'inspirer de modèles, nous examinerons les procédés d'analyse existants et leur demandant de faire apparaître de lois suffisamment générales pour servir dans le sens du développement de la lutherie. La conclusion de cet exposé sera la discussion d'un programme général faisant appel à l'ordinateur instrument de synthèse pour la recherche musicale.

#### LA SITUATION DU COMPOSITEUR FACE AUX NOUVELLES TECHNIQUES

A l'occasion d'une conférence, François Bayle à qui l'on demandait d'indiquer quel était selon lui son métier, a répondu sans humeur qu'il se considérait comme un gentleman-farmer. John Cage, de manière symétrique, nous dit que " tout ce que nous faisons est musique". L'impression qui domine notre époque est que l'artiste en musique est avant tout artiste de lui-même, de sa vie, de sa vision des choses. C'est par la manière dont il se définit, dans un subtil contrepoint par rapport aux êtres et aux choses, que le compositeur aime à se distinguer.

Ainsi, il ne fait pas de doute, comme l'exprime Knut Wiggen (1), que " La vie est la source de l'Art". Mais une telle constatation serait plus réconfortante si les passages que décèlent les artistes n'étaient pas si souvent obscurs de la vie à l'art, et si les indices qu'ils retiennent n'étaient pas plutôt ceux d'un monde de désordre, de gadgets et de sollicitations contradictoires entre lesquelles on se refuse à effectuer un choix.

Le compositeur a à peine profité du bain de boue miraculeux de la Musique concrète, salutaire retour aux sources, que déjà des progrès scientifiques et technologiques spectaculaires le sollicitent dans de nouvelles directions. Médiateur du monde qu'il observe, il n'a ni le moyen ni le droit de refuser les outils qui proposent de nouvelles formes à son imagination. Il succombera assurément, aujourd'hui à l'ordinateur, demain à on ne sait trop quel mariage des "cyborgs" et de "boîtes noires".

Pourtant, d'une façon qui n'étonnera sans doute personne, le compositeur, séduit par les mêmes mythes que l'homme de la rue, a tendance à attendre de la part de l'ordinateur plus qu'une aptitude à calculer et à combiner rapidement; il s'intéressera à quelque utilisation marginale et il aura tendance à utiliser l'ordinateur de façon "anthropomorphique" dans la recherche de solutions à ses problèmes propres.

Une telle attitude ne devrait pourtant pas être mal considérée à priori, car il est sûr que l'ordinateur est actuellement utilisé surtout pour le calcul scientifique et la gestion, et que beaucoup d'imagination sera nécessaire pour trouver sa meilleure application à la musique. Imaginons donc un instant que tout est possible, que l'ordinateur saura résoudre tous les problèmes que le compositeur se pose, et demandons nous à quoi il rêve...

Je citerai à cette occasion H.Brun (2) pour qui le compositeur cherche avant tout à se placer dans une situation, un environnement, un contexte, qui lui posent des problèmes de toutes sortes, susceptibles de stimuler son imagination dans le sens de la recherche heuristique de certains modèles de solutions. Notons que le problème de l'adéquation des moyens techniques à sa disposition ne se pose au compositeur qu'après coup. En fait, il fera feu de tout bois et exploitera un système à fond avant de se résoudre à adapter ou reviser sa technique.

C'est pourquoi on pourrait penser que le compositeur se tournera vers l'ordinateur non pas pour renouveler son langage ou sa lutherie, mais plus naturellement pour l'assister dans des tâches d'imagination, face à des informations de toutes natures.

Dans l'hypothèse d'une théorie de l'information qui s'étendrait aux Arts, l'ordinateur dont on aime souvent retenir qu'il est doté d'une mémoire, enregistrerait des données de toutes natures ainsi que les réactions humaines en face de ces données. Par des méthodes d'analyse nécessairement statistiques, l'ordinateur serait alors en mesure, comme le pense William Skyvington (3) de déceler entre données sonores et "concepts" des associations, des passages privilégiés. Il démêlerait le naturel (permanent) du culturel (circonstanciel) en identifiant les associations essentielles.

Devenu intelligent, l'ordinateur décelerait dans la musique du compositeur les traces d'un déterminisme lié à sa personne, à sa sensibilité particulière. Devenu un double, un miroir du compositeur, il doserait le déterminé et l'indéterminé, le gratuit et le significatif... Arrêtons nous!

En face de cette escalade et de ce rêve anthropomorphique, essayons de garder la tête froide. Tout d'abord, la technologie et l'informatique, dans leur développement actuel, sont à peine en mesure de nous faire imaginer ce que pourrait être ce fantastique cyborg musical. Il faudra des années de recherche pour avoir des réponses satisfaisantes aux questions de la "reconnaissance des formes" et de "l'intelligence artificielle".

Nous ne sommes pas opposé à de telles recherches théoriques, mais il est certain que les compositeurs eux-mêmes ne devront en attendre des résultats dans un avenir proche. S'il ne semble pas réaliste de demander à l'ordinateur de nous assister dans des tâches d'imagination, posons nous des questions plus proches du "métier" de compositeur; et demandons nous quels sont ses problèmes les plus immédiats.

### L'ESPACE MUSICAL: TOUS LES SONS, TOUS LES STYLES...

Le problème le plus grave du compositeur contemporain est certainement l'élargissement quasi à l'infini de l'espace musical, aussi bien au niveau de la palette sonore qu'au niveau du langage musical.

La Musique Concrète a pu voir le jour en 1948 grâce au phénomène nouveau de l'enregistrement; celui-ci, en permettant d'isoler un

fragment quelconque d'un son ainsi séparé de son contexte causal ou musical, a forcé compositeurs et public à une modification radicale de leurs habitudes d'écoute. C'est ainsi que, dans les "Variations pour une porte et un soupir" de Pierre Henry, on oublie volontiers la référence causale (la porte) ou psychologique (le soupir) pour n'entendre bientôt que les sons pour eux-mêmes, pour leurs qualités plastiques ou énergétiques. En conséquence, de nombreux bruits ou sons qui n'avaient jamais paru susceptibles d'une utilisation musicale, sont venus renouveler et agrandir notre palette sonore de façon très notable.

Mais alors, quels sons choisir? en fonction de quels critères? Tous les objets sonores ne sont-ils pas égaux devant l'oreille, les critères du "beau" ne sont-ils pas éminemment subjectifs?

Existe-t-il des règles d'agencement des sons, règles auxquelles nous nous conformons, sans que nous soyons en mesure de les expliciter, ni même d'en être conscients? Si ces règles existent, sont elles naturelles à l'homme et donc liées à notre physiologie et à nos modes de perception, ou au contraire sont-elles purement d'ordre culturel? Avouons qu'à ces diverses questions: "Quels sons? Pourquoi? Agencés comment?" nous n'avons actuellement aucun élément de réponse. Les méthodes de travail en studio sont restées très empiriques, malgré les nombreuses innovations techniques des vingt dernières années. Si la technique concrète consistait, à l'origine, à rassembler un matériau sonore quelconque sur une bande magnétique et à le classer en vue d'expériences d'assemblage, la tendance actuelle est en effet plutôt à la recherche de quelques états sonores privilégiés, équilibrés, choisis parmi les propositions toujours plus raffinées du studio électroacoustique. Loin de se lasser de la douce des sons concrets ou électroniques, le compositeur contemporain est simplement devenu plus exigeant. Il fait parfois penser, face au flux de propositions sonores du studio électronique, au pêcheur à la ligne: attentif à chaque remous, il est là prêt à ferrer dès qu'apparaîtra "le" son bien profilé. Une telle attitude est entièrement empirique, sensiblement plus d'ailleurs que la technique concrète des débuts qui partait d'éléments réels chargés d'indices divers.

Cet enrichissement de la palette sonore et son corollaire, notre difficulté à choisir un son, ont introduit une certaine confusion dans la situation musicale. Il était possible aux compositeurs qui écrivaient pour l'orchestre d'imaginer approximativement le résultat sonore produit par des instruments classiques. Par contre, il est impossible au compositeur électroacoustique une fois sortie de son studio, d'imaginer abstraitemen le résultat d'un échafaudage de sons de toutes provenances.

Si certains efforts ont été faits au Groupe de Recherches Musicales dans le sens d'une description typologique et morphologique des sons, les critères qui ont été dégagés et sur lesquels nous reviendrons dans les prochains chapitres, ne sont pour la plupart ni situés par rapport à une quelconque échelle, ni calibrés. Il s'agit là d'une carence particulièrement grave, dans la mesure où elle se traduit par l'impossibilité actuelle de penser et d'écrire la musique. De façon très paradoxale, cette "atomisation" de l'espace sonore, au lieu de contraindre le compositeur à resserrer son écriture et à recourir à des structures très rigoureuses, semble avoir agi comme un euphorisant. En fait, la curiosité du compositeur s'est trouvée agrandie, comme en témoigne l'intérêt récent pour les musiques extra-européennes, le jazz, etc... qui proposent une nouvelle gamme de sonorités. Mais cette curiosité n'est pas restée confinée aux simples sonorités: une des caractéristiques de la situation est l'extrême variété des solutions musicales contemporaines. Au-delà des attitudes concrète, électronique et instrumentale déjà classiques, se trouvent les musiques mixtes, les musiques calculées (algorithmique et stochastique), les improvisations, les musiques de dispositifs, auxquelles il faut ajouter les musiques extra-européennes, La Pop Music, etc... On assiste à une incroyable "foire aux musiques", qui a pour conséquence une esthétique de "collages" entre les styles les plus divers. On comprendra sans peine que l'embarras du compositeur n'en est qu'augmenté, la profusion des styles s'ajoutant à celle du matériau sonore.

### L'ORDINATEUR "COMPOSITEUR"

Ces quelques explications préliminaires étaient nécessaires pour que l'on puisse comprendre les réactions assez neutres des milieux professionnels envers les possibilités d'appliquer l'informatique à la composition musicale. Avait-on réellement besoin d'une esthétique de plus?

Il y a quelques années déjà que l'on a songé à l'ordinateur pour la composition musicale.

Et il faut reconnaître que cette direction nouvelle n'a pas été ressentie comme particulièrement révolutionnaire. Aux Etats-Unis, la bombe en éclatant d'abord dans le milieu des ingénieurs et des universitaires a perdu beaucoup de son pouvoir explosif. En France, l'intérêt des grandes firmes de l'informatique n'a permis que des efforts de recherche isolés. Là encore, ce sont des physiciens et des mathématiciens qui se sont fait l'écho à peu près unique des travaux d'un artisan de la musique tel que Pierre Barbaud (4).

De son côté, Iannis Xenakis, en appelant le groupe qu'il a fondé "Equipe de Mathématique Musicale", ne fait que souligner cette situation paradoxale dans laquelle les Sciences Exactes semblent vouloir prendre le relai de l'inspiration dans la composition (5). Mais qu'ils travaillent en France ou aux Etats-Unis, en Italie ou aux Pays-Bas, avec sérieux ou avec humour, ces compositeurs ont fondé leur démarche sur le postulat que la musique est affaire de règles d'écriture susceptibles de formalisation mathématique. L'ordinateur, doté d'un programme, peut confectionner une oeuvre dans un langage spécifique, qui est ensuite transcrit et exécuté par des instrumentistes: il a dans ce cas un rôle de compositeur, lui-même.

En fait, il semble que la musique calculée soit entrée dans une phase d'attente et de sommeil, et qu'aucun phénomène radicalement nouveau ne soit intervenu, dans son développement, ces dernières années. Iannis Xenakis lui-même s'est arrangé pour faire parler les chiffres d'une telle façon que le phénomène sonore global soit toujours séduisant, en réduisant très notablement l'influence directe des mathématiques sur sa musique.

Or nous avons dit que les compositeurs de notre époque semblent bien plus fascinés par les sonorités que par le processus formel de la composition. On voit qu'on est loin d'une situation musicale dans laquelle la musique s'identifierait aux mathématiques, et où, comme le dit P. Bardaud avec humour, la musique pourrait comme à l'époque classique s'expliquer de façon purement abstraite à partir des propriétés d'un groupe additif fini.

On ne peut que constater encore une fois, de J. Cage à K. Stockhausen, en passant par le G.R.M., P. Henry et les groupes d'improvisations que la grande majorité des compositeurs contemporains refusent de s'enfermer dans un système, dans une théorie, et leur préfère une pratique empirique, en prise directe sur le monde des sons.

Il semblerait donc, si l'on veut tenir compte des caractéristiques actuelles de la situation musicale, que l'ordinateur instrument de calcul propose ses services au moment le moins favorable, à l'époque de la dissolution des règles du langage musical, à une époque donc où personne ne va lui demander une quelconque activité formelle du genre des classiques devoirs d'harmonie et de contrepoint. On ne peut s'empêcher de remarquer, en comparaison, que la musique classique avait atteint un remarquable équilibre entre un aspect abstrait, formel (qui rapprochait la musique d'un langage) et un aspect concret, dépendant de données sonores instrumentales (le timbre, sur lequel seule la pratique avait un emprise véritable, alors que la théorie n'en avait pas). Comme le remarque P. Schaeffer (6): "Les musiques électronique et concrète ont déséquilibré la musique, la prolongeant chacune unilatéralement: la première dans le sens d'une explication poussée des repères analytiques, qui ne rendait pas suffisamment compte du donné réel; la seconde dans le sens d'une pratique empirique incapable de se donner des repères analytiques suffisants".

En fait, il est probable que les compositeurs de notre époque souffrent dans une certaine mesure du déséquilibre inhérent à la technique concrète et cherchent à pourvoir leur musique d'un sens. Le travail de la bande magnétique, en permettant au compositeur de réécouter et donc de se familiariser avec ses sons enregistrés, a promu une esthétique bien particulière: A l'intérieur d'un mouvement s'une pièce,

c'est à dire dans un contexte bien précis, le compositeur limite naturellement sa palette sonore (en répétant ou en manipulant certains sons de départ, par exemple), par un choix qui reflète sa psychologie propre. On peut trouver un sens à cette pratique dans le souci de faire émerger des "valeurs" musicale, susceptibles de constituer des structures porteuses de sens. Cependant, le processus de familiarisation préalable par lequel le compositeur passe lorsqu'il choisit son matériau sonore ne se représente pas pour le public qui doit spontanément trouver les règles du jeu, en même temps qu'il apprécie les aspects plastiques plus immédiats des sonorités. Il est probable, en l'absence des structures de référence générales d'un système musical, que les structures ou les intentions mises dans une musique ne seront pas perçues par le public. Le seul élément susceptible d'être compris est alors un son dont la référence causale est claire; la portée de la musique en est beaucoup réduite.

En conclusion, on peut dire que l'intelligibilité du message musical est l'un des problèmes essentiels amenés par l'enrichissement de la palette sonore. La plupart des compositeurs cherchent à contourner cette contradiction et à concilier richesse sonore et intelligibilité. Si l'on ne garde pas à l'esprit ces caractéristiques de la situation musicale, la recherche musicale restera vouée aux impasses; si au contraire on en tient compte dans l'usage que l'on voudra faire de l'ordinateur alors elle sera assurément fructueuse.

#### L'ORDINATEUR, INSTRUMENT DE SYNTHESE

L'ordinateur, instrument de synthèse, apporte une solution originale aux problèmes de la musique contemporaine, dans la mesure où il n'intervient pas au niveau de la composition même, supposée justifiable de formalisation mathématique. Le procédé de synthèse directe mis au point aux Etats-Unis par M. Mathews (9) permet d'atteindre une grande richesse de timbres, et c'est à ce titre que nous le considérons comme un élément décisif permettant d'espérer une solution aux problèmes évoqués dans le paragraphe précédent.

Le procédé des " Bell Telephone Laboratories " est bien connu en France grâce aux travaux de J.C. Risset (7 et 8) et nous n'en rappellerons ici que les principes fondamentaux.

Il suffit de savoir qu'à partir de nombres que l'ordinateur peut engendrer, il est possible de reconstituer une certaine fonction sous forme d'une tension électrique variable au cours du temps. On obtient alors un son directement en envoyant la tension électrique sur la bobine d'un haut-parleur. On comprend que le rôle de l'ordinateur sera, à partir de paramètres et de lois de variations physiques, de calculer les nombres qui permettront de reconstituer l'onde sonore. Le passage des nombres à une tension électrique s'effectue au moyen d'un convertisseur digital-analogique dont les caractéristiques en rapidité et en capacité déterminent la qualité du système.

Les qualités musicales du procédé, par contre dépendent dans une large mesure du programme compilateur correspondant au langage par lequel le compositeur peut spécifier les données physiques de son choix. Le langage et le compilateur auxquels nous allons nous intéresser ont été également conçus par M.V. Mathews (9) et baptisés du nom de " Music V".

#### LE PROBLEME DES CORRELATIONS

Il ne suffit pas que les sons synthétisables par Music V soient théoriquement riches, encore faut-il savoir spécifier les sons que l'on désire. Or, l'ordinateur a besoin d'une description complète de la structure du son à synthétiser. Il n'est pas question a priori de lui fournir des renseignements d'ordre psychologique, d'attendre qu'il sache de interpréter ce que l'on entend par un son cuivré, par une attaque raide, par un timbre clair, etc... sauf bien entendu si l'on a pu trouver une traduction en paramètres physiques de telles notions. Le problème est donc de savoir traduire en paramètres physiques certains critères de perception communément employés pour la description des sons (la clarté d'un timbre par exemple).

Un premier pas dans cette direction a été fait par le Groupe de

Recherches Musicales, en particulier par G. Reibel et E. Chiarucci (10) qui ont permis le travail de synthèse réalisé par P. Schaeffer (11) sous la forme d'un "Solfège des objects musicaux". Ce solfège présente un quadrillage des différentes dimensions du champ perceptif sonore, qui aussi imparfait soit-il, représente une première approche d'un système possible de description phénoménologique des sons. Il est clair en effet que ce quadrillage est un préalable à tout effort de description. Si l'on pense être en mesure, par exemple, de différencier sept types d'attaque, de la plus douce à la plus raide, il est en effet essentiel de se mettre d'accord avec précision sur le domaine de définition de chacun des types retenus, et de mettre au point la terminologie correspondante.

Ainsi, pour continuer avec l'exemple particulier des attaques, le "Solfège" (11 et 12) propose l'échelle suivante correspondant à une gradation psychologique: Une attaque peut être: nulle#sforzando#douce#plate#élastique#raide#abrupte.

Mais, de la même manière, le Solfège propose des échelles pour la plupart des critères de perception, pour ceux au moins que l'expérience présente comme essentiels. Bien que le Solfège constitue la base de l'enseignement dispensé dans la classe de P. Schaeffer au Conservatoire, aux élèves compositeurs du Groupe de Recherches Musicales, il a été jusqu'à présent assez négligé dans les autres lieux de la recherche musicale, et je profiterai donc de cette occasion pour rappeler quelques définitions qui permettront de mieux apprécier la portée limitée mais réelle de cet outil.

Le Solfège distingue essentiellement quatre critères d'appréciation du sonore:

- Critères de matière : la perception de ce que l'on appelle intuitivement matière sonore est liée d'abord à un critère de masse (la masse est la manière dont un son s'inscrit dans le champ des hauteurs, d'un point de vue perceptif) et à un critère de second ordre, le grain (variations de matière trop fines ou trop rapides pour être perçues comme hauteur).
- Critères de forme : Il s'agit d'une étude des attaques et des formes dynamiques. Il s'y ajoute un critère secondaire dit critère d'allure

(il s'agit d'une variation de dynamique interne généralement liée à une variation de masse).

- Critères d'entretien : C'est l'entretien qui relie à chaque instant forme et matière. Homogène ou itératif, l'entretien est également caractérisé par les critères de grain et d'allure.
- Critères de variation : Dans leur généralité, les sons peuvent présenter des variations des critères précédents, et notamment une variation en tessiture de la masse, le plus souvent associée à une forme dynamique.

Pour bien comprendre la portée du Solfège à propos duquel j'ai cru bon de faire ces quelques rappels, il faut voir que son object est essentiellement analytique : il s'agit de savoir qualifier des sons pour les classer. Pour revenir au rôle possible de l'ordinateur, rôle nécessairement synthétique, on voit que le solfège même approfondi s'avère insuffisant, et qu'une phase complémentaire est nécessaire : il s'agit de reprendre chaque critère psychologique et de faire comprendre à chacun des degrés qu'il peut prendre dans une échelle descriptive une description physique précise.

C'est à ce point que peut intervenir la discussion. En effet, il serait bien intéressant de pouvoir traduire systématiquement les sons au moyen d'une terminologie phénoménologique telle que celle du Solfège. Mais existe-t-il une correspondance entre des critères perceptifs et certains paramètres physiques qui soit indépendante des sons considérés? Il semble au contraire que les critères de perception ne se traduisent qu'en fonction de paramètres physiques divers, et qu'un grain ne pourra être traduit en termes physiques que par la corrélation de données sur le spectre, l'intensité, des vitesses de variation, etc...

En conclusion, il nous semble que l'intérêt de la traduction d'un critère tel que l'allure, le grain, etc... est contestable en tant que procédé systématique, parce que de tels critères auront des traductions différentes selon le type de son considéré. Ceci ne veut pas dire qu'une étude de corrélations entre paramètres physiques et critères de perception est inutile. Au contraire, nous manquons de tels

renseignements, et il serait par exemple très intéressant d'entreprendre une étude systematique et un quadrillage des timbres harmoniques qui sont une caractéristique particulière de la masse. Néanmoins, il est probable, si l'on veut respecter la clause de richesse des sons, que l'on sera obligé de reprendre le problème, aussi par l'autre extrémité, c'est à dire par des essais plus ou moins empiriques de synthèse. C'est là que les qualités d'un programme tel que Music V entrent en jeu.

#### LA NOTION DE LUTHERIE DANS LA RECHERCHE MUSICALE

L'auteur du programme Music V a fait preuve à notre sens d'une perspicacité étonnante lorsqu'il a choisi la notion d'instrument comme notion fondamentale. C'est à cette idée que Music V devra d'être efficace; c'est à cette idée, nous l'espérons, que la musique qui en naîtra devra d'être intelligible.

C'est bien, en effet sur la notion de lutherie que s'arc-boutent depuis toujours les deux pôles de la musique: le pôle concret du matériau sonore et le pôle abstrait du langage. On peut remarquer, à l'appui de cette thèse, à quel point le développement des instruments à clavier, par exemple, a été déterminé par les exigences de virtuosité des compositeurs, et à quel point, en retour, les possibilités mêmes du piano ont pu influer sur le style et sur l'écriture des compositeurs, de Beethoven à Debussy en passant par Liszt. A l'autre extrémité les rapports entre la lutherie et la palette sonore sont si évidents qu'il semble inutile de s'y arrêter.

Nous avons dit dans le paragraphe précédent l'intérêt limité de la traduction d'un critère du Solfège des objets musicaux tel que l'allure, le grain, etc... Par contre, il est tout à fait envisageable de "construire" par ordinateur des structures sonores, en introduisant des lois reliant les variations de certains paramètres, de façon à donner une approximation assez fidèle de ce que nous percevons comme allure, grain, etc.... dans chaque cas particulier. En imposant de telles lois à un ensemble de sons, les sons ainsi produits seront dotés de caractéristiques communes qui permettront de les considérer en bloc comme issus d'un même "moule".

On voit que le niveau d'approche proposé n'est pas celui de critères de perception dont les règles de combinaison sont mal connues. C'est celui d'un moule à sons dont on peut faire varier certains paramètres dans des limites bien fixées. Un tel moule présente toutes les caractéristiques d'un instrument pour lequel un compositeur pourra "écrire". Nous pensons qu'il s'agit là du bon niveau psychologique, de celui qui permet sans doute de la manière la plus synthétique de mémoriser les qualités d'un ensemble de sons présentant une cohérence d'ordre quelconque à l'écoute, et donc de "penser" ces sons en blocs.

Nous croyons, par exemple, qu'il est extrêmement important de considérer l'ensemble des sons paradoxaux désormais classiques du type vis-sans-fin comme produits par un même pseudo-instrument qu'il serait d'ailleurs utile de baptiser s'il doit être repris.

Ainsi, non seulement les compositeurs pourront penser en bloc aux sons qu'ils emploient, mais encore les auditeurs et un public très large seront très vite en mesure de reconnaître les sons d'un même instrument. Il nous semble en effet essentiel, pour qu'il y ait possibilité de langage musical, que les compositeurs puissent dans un fond commun de lutherie, de façon que des sonorités trop diverses ne masquent pas les éléments structurels. En d'autres termes, la Chaconne pour violon seul de J.S. Bach serait sans doute beaucoup moins intelligible si la succession de ses notes était confiée à un grand nombre d'instruments différents. Le timbre du violon ne nous surprend plus et nous laisse apprécier l'architecture musicale, bien que ce timbre ainsi que les nuances de l'interprétation soient des éléments importants du plaisir de l'auditeur.

En conclusion, il nous semble qu'un programme de synthèse directe tel que Music V qui utilise l'ordinateur dans un rôle instrumental, en permettant d'une part d'écrire la musique sous forme de programme de la même façon qu'on l'écrivait sous forme de partition, et d'autre part de renouveler la lutherie en tenant compte d'un désir d'enrichissement de la palette sonore, correspond à un besoin réel auquel la recherche musicale peut répondre.

Nous aimerais montrer plus en détail les caractéristiques du programme Music V, qui, sur le plan des niveaux successifs de la programmation, nous semblent si bien répondre à des besoins musicaux. Nous essaierons de présenter aussi simplement que possible les considérations relevant directement de la programmation, dans le paragraphe qui vient :

### LES NIVEAUX DE PROGRAMMATION DANS MUSIC V

Ce paragraphe fournit quelques renseignements sur la manière dont s'écrit une partition en langage Music V. Music V fait appel à des notions telles que celles d'instrument, d'oscillateur, de générateur, de note, etc... Il s'agit nécessairement de fictions retenues pour la commodité de la programmation, et n'offrant qu'un lointain rapport avec les notions classiques correspondantes. Il est entendu dans ce paragraphe que les termes note, instrument, etc... seront utilisés dans le sens de Music V.

- 1) La note ( symbole  $\text{N}\emptyset\text{T}$  ) est une unité de son produite par un instrument. Elle ne correspond ni à la notion d'object sonore, ni à la notion classique de note instrumentale. (Les paramètres qui la définissent sont susceptibles de variations non usuelles; en particulier, les durées s'échelonnent entre 10ms et plusieurs secondes).

Dans la partition, une note est écrite sous forme d'une suite de nombres précédée du symbole  $\text{N}\emptyset\text{T}$ .

Ex :  $\text{N}\emptyset\text{T} \ 2.00 \ 1 \ .95 \ 2000 \ 10.04$

Les trois premiers nombres ont une signification invariable; ils indiquent l'instant où la note est jouée, le numéro de l'instrument qui la joue, et la durée de la note. Mais les nombres qui viennent ensuite servent à fixer certains paramètres du jeu instrumental, et sont d'autant plus nombreux que l'instrument qui joue la note possède plus de degrés de liberté. Ils peuvent servir à indiquer une amplitude, une fréquence, une intensité de vibrato, un dosage d'harmoniques, etc... selon la constitution de l'instrument.

2) L'instrument ( symbole INS )

Un instrument simule des connexions entre sources de nombres (générateurs fictifs) et des opérations sur ces nombres (mixages, filtrages, ou toute autre manipulation inédite).

Un instrument apparaît essentiellement comme un moule ou une "FORME A REMPLIR". On peut aussi y penser comme à un jeu de construction logique, chaque bloc logique étant relié aux autres par des connexions spécifiques à l'instrument ainsi défini. Les paramètres d'entrée nécessaires à une réalisation particulière (c'est à dire pour une certaine note) ont une signification qui dépend de chaque instrument. Une bibliothèque de fonctions permet de définir formes d'ondes, enveloppes, etc...

En effet, un instrument doit, dans sa définition, faire appel à un jeu donné de fonctions et de lois de génération. Il est très utile pour l'expérimentateur de pouvoir essayer ces fonctions de génération ( GEN, cf plus loin ) autant de fois qu'il sera nécessaire pour atteindre l'effet désiré, sans savoir à réécrire les instructions concernant la structure logique de l'instrument.

A titre indicatif, la définition d'un instrument très simple au début d'une partition aura l'aspect suivant :

```
INS 0 1 ;  
ØSC P5 P6 B2 F2 P30 ;  
ØUT B2 B1 ;  
END ;
```

La définition d'un instrument commence par l'instruction INS et se termine par l'instruction END ; les instructions intermédiaires concernent les blocs logiques employés dans la connexion de l'instrument et choisis parmi une liste d'une douzaine de blocs disponibles.

D'une manière très approximative, on peut dire que les indicatifs de ces blocs, ici ØSC et ØUT, sont suivis par des numéros d'ordre concernant les paramètres d'entrée ( P suivi d'un numéro), les connexions ( B suivi d'un numéro), ou les fonctions de génération ( F suivi d'un numéro).

Mais l'objet de cet exemple n'est pas de fournir in extenso les détails nécessaires pour écrire une partition Music V.

Cet exemple illustre essentiellement le fait que les instructions NOT et GEN n'apparaissent pas dans la définition de l'instrument. De cette instruction GEN, nous avons dit brièvement qu'elle permettait de spécifier entre autres des formes d'onde et des enveloppes; nous allons l'examiner de plus près:

### 3) Les sources de nombres

Il en existe de plusieurs sortes. Certaines sont des sources de nombres aléatoires. Les autres, beaucoup plus universellement employées correspondent à diverses utilisations de l'instruction GEN. Cette instruction permet de définir une forme, par interpolation, segment par segment, ou par tout autre procédé prévu par l'utilisateur dans le compilateur. Cette forme est alors utilisée par des blocs logiques tels que ØSC et ENV qui effectuent des justements d'échelle, et soit reproduisent cette forme de manière cyclique (on a alors plusieurs périodes d'une onde), soit la reproduisent une seule fois (en tant qu'enveloppe ou pour déclencher certains phénomènes, ou encore pour introduire des variations).

Cette instruction GEN possède un certain nombre de propriétés très attrayantes sur lesquelles repose la souplesse de système Music V:

a) d'une part GEN est avant tout une source de nombres, c'est à dire que la fonction de ces nombres n'est pas arrêtée a priori: il pourra s'agir des valeurs successives d'une amplitude, des variations d'un taux de vibrato, de variations métronomiques, etc... en un mot de la loi de variation d'un paramètre quelconque de l'instrument. On peut dire que l'instruction GEN est un outil universel.

b) d'autre part, il n'est pas question de définir une forme point par point. Il existe donc différentes formules permettant de spécifier la forme désirée: On pourra fournir un certain nombre de points d'une courbe entre lesquels l'ordinateur interpole. Mais on pourra également fournir les coefficients d'une série de Fourier, et synthétiser un son à partir de sinusoides.

Le type des sons sur lesquels on travaille déterminent les types de GEN qui s'avèrent les plus utiles. Le catalogue de sons de J.C. Risset (13) fait largement appel par exemple à une instruction GEN spécialement

conçue pour l'imitation des sons instrumentaux, et dont la forme est une enveloppe à décroissance exponentielle.

La conclusion de ce paragraphe est la grande souplesse de l'instruction GEN et partant la facilité avec laquelle on peut créer et modifier des instruments. Dès qu'un certain type de formes correspondant à un certain style musical se répète, il suffit de modifier le compilateur Music V de façon qu'il accepte une instruction GEN produisant ce type de forme. Il n'est pas impensable que chaque compositeur soit amené à créer non seulement ses propres instruments, mais également sa propre bibliothèque de GEN.

#### UN PROGRAMME DE RECHERCHE MUSICALE, UTILISANT MUSIC V

Il est essentiel, comme nous l'avons indiqué précédemment, de voir que tout programme de recherche devra dissocier soigneusement deux étapes:  
- du matériau sonore à la lutherie  
- de la lutherie à la musique (et éventuellement au langage).

Il est clair que ces deux étapes s'emboitent et que des progrès dans l'un des domaines vont rejoindre sur l'autre. Néanmoins, il n'est pas possible de faire des prédictions concernant la deuxième étape; tout au plus peut-on imaginer que des premières études musicales utilisant Music V, il apparaîtra une unité de style fondée sur une lutherie nouvelle mais cohérente. Que cette unité de style soit le prélude au développement

musique classique (où les valeurs du système étaient essentiellement repérées en fonction des hauteurs de la gamme) ce n'est qu'une hypothèse, qui signifierait le retour à un certain classicisme. Mais c'est également l'une des conditions de l'intelligibilité de la musique, et c'est dans la mesure où nous la croyons nécessaire que nous la ferons figurer dans le diagramme de la recherche que nous proposons, à la fin de ce texte.

En ce qui concerne la première étape, par contre, nous pensons qu'il faut mettre à profit la souplesse d'utilisation de Music V dans le sens de la lutherie, pour poursuivre mais aussi endiguer l'expérience concrète.

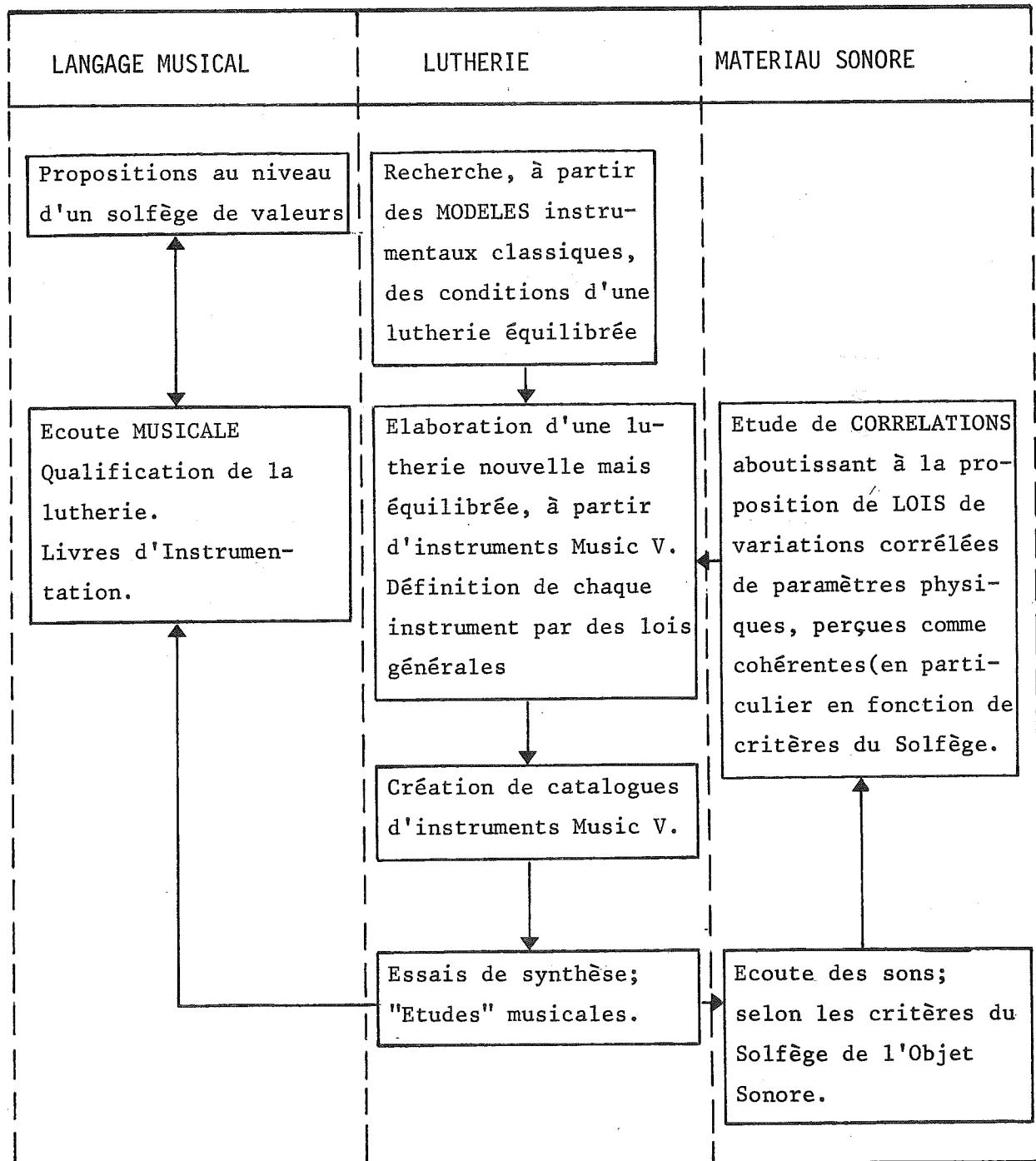
Dans ce sens, une étude de la lutherie classique devrait s'avérer extrêmement utile. Qu'est-ce au juste qu'un instrument? On s'interrogera ainsi à l'occasion d'instruments connus sur leurs éléments de cohérence, de permanence, sur les ressources qu'ils offrent de jeu instrumental, de virtuosité, etc.. On évitera ainsi de créer des instruments déséquilibrés, soit trop riches soit trop pauvres, lorsqu'on passera par imitation à des essais de synthèse. Remarquons cependant qu'une imitation fidèle des instruments classiques serait sans intérêt musical; beaucoup plus intéressante sera l'imitation des "modèles" instrumentaux classiques, certains paramètres étant probablement transposés pour mieux correspondre aux impératifs de l'esthétique contemporaine.

Ainsi armés, nous aurons quelque chance de trouver les conditions d'une "bonne" lutherie, préalable nécessaire à une synthèse des sons par imitation de modèles instrumentaux.

Notons qu'une nouvelle terminologie devra probablement être adaptée pour désigner les instruments synthétisés, leurs degrés de liberté, leurs ressources en nuances, etc... avec une suffisante généralité. C'est bien ici que le vocabulaire du Solfège sera le mieux susceptible d'être appliqué et enrichi, face à un besoin pratique, et non plus a priori, comme c'eût été le cas, si l'on était parti d'une classification constituée et d'une mise en échelles de critères de perception.

Enfin, nous pensons qu'il pourrait être fructueux de pousser l'analogie avec la lutherie classique jusqu'à créer des classes d'instruments et à écrire des catalogues non pas seulement de sons mais d'instrumentation. L'ensemble de ce programme pour une recherche musicale est repris sous forme de diagramme (fig. 1)

Fig 1.



Le programme ainsi proposé a le mérite d'essayer de tirer le meilleur parti d'un certain nombre d'outils tels que Music V et le Solfège des Objets Musicaux. Il donne un certain nombre de garanties dans la mesure où il tient compte autant que possible des désirs des compositeurs ainsi que de l'expérience des luthiers. Sa réalisation exigea un équipement de conversion en France.

L'équipement nécessaire est en construction, mais des essais sont d'ores et déjà effectués, la conversion étant provisoirement faite aux Etats-Unis.

Il est important de noter, en conclusion, que l'intérêt d'un programme tel que Music V est d'autant plus grand qu'il est déjà employé aux Etats-Unis par plusieurs Universités et que les connaissances acquises par les uns sont aisément communicables aux autres, le software de base étant commun. Le hardware peut sans inconvénient être éminemment différent, ce qui est l'un des avantages de la synthèse directe sur la commande par ordinateur d'un synthétiseur électronique ( dont un exemple prestigieux est le Studio de Stockholm).

Enfin, j'aimerais souligner qu'une telle recherche ne peut sans doute se développer harmonieusement sans qu'elle soit menée simultanément par des équipes de chercheurs dont les progrès pourront se corroborer. C'est pourquoi ce texte n'aura pleinement atteint son but que dans la mesure où de nouveaux centres européens adopteront un programme de recherche musicale qui s'en inspire.

---

## REFERENCES

- (1) Knut Wiggen - Fylkingen Bulleter 1969.
- (2) H. Brun - Music and Technology. Revue Musicale, Paris.
- (3) W. Skyvington - Communication et langage.
- (4) P. Barbaud - La Musique, discipline scientifique. Science-poche (Dunod)
- (5) I. Xenakis - Musiques formelles. Editions Richard Masse.
- (6) P. Schaeffer - Musique, Linguistique, Informatique(A paraître à la Revue Musicale)
- (7) J.C. Risset - Synthèse des sons musicaux à l'aide des calculateurs électroniques.  
Conférences des Journées d'Etude. Editions Chiron 1966, P.93.
- (8) J.C. Risset - L'ordinateur, instrument de musique. Conférences des Journées d'Etude. Editions Chiron 1970 P. 150.
- (9) M.V. Mathews - with the collaboration of J.E. Miller, F.R. Moore, J.R. Pierce & J.C. Risset - The technology of computer Music. MIT Press, Cambridge, Mass., 1969.
- (10) E. Chiarucci & G. Reibel - Rapport entre la hauteur et le fondamental d'un son musical. Audiologie internationale, vol. V, n° 3, 1966 P. 400.
- (11) P. Schaeffer, G. Reibel, B. Ferreyra - Solfège de l'Objet Sonore, 3 microsillons d'exemples sonores. Editions du Seuil, réalisation O.R.T.F.
- (12) P. Schaeffer - Traité des Objets Musicaux, Editions du Seuil.
- (13) J.C. Risset - Catalogue des sons. Bell Telephone Laboratories.
- (14) F. Regnier - La Nouvelle situation de la Recherche Musicale, face à l'ordinateur.  
Instrument de synthèse (1ère version du présent texte). Editions Chiron 1971, P. 126.



Otto E. Laske

AN ACOUGICAL PERFORMANCE MODEL FOR MUSIC

---



à

P. Schaeffer

dont le *Traité* m'a signalé  
le chemin vers une théorie  
grammaticale du son, c'est-  
à-dire, la sonologie.



The following discussion of *acoulogie*, as developed by P. Schaeffer in his Traité des Objets Musicaux,<sup>x)</sup> forms part of the essay "On Problems of a Performance Model for Music;"<sup>xx)</sup> this discussion is therefore fully comprehensible only in the framework of the essay mentioned.

For lack of continuous reference to the main essay certain central notions have been defined in footnotes.

The topics of the main essay are the following:

I (A) Principles of a Theory of Musical Performance<sup>xxx)</sup>

I (B) The Relation of Competence and Performance

II Critical Survey of Performance Models

1. Classification of possible models
2. Stochastic models
3. An acoulogical model
4. A semiotic model
5. Towards a competence-conscious model.

x) Paris, Editions Du Seuil, 1966.

xx) The essay is to appear as a separate publication of the Institute of Sonology, Utrecht, in the fall of 1971.

xxx) The term *performance*, as used in this paper, refers to the actualization of musical competence in the act of communication; it is thus not restricted to the execution of scores, but covers all musical activities whatsoever.

Its theoretical counterpart is *competence*, or the (intrinsic tacit) knowledge concerning the structure of the medium within which a communication takes place. In contrast to competence, the term performance denotes that knowledge which is necessary for realizing competence in the course of a musical activity.

Performance models for music can be classified according to two methodological requirements: first, as to whether they are formal and explicit; second, as to whether they incorporate or exclude rules of competence.

A performance model is *formal* if it investigates only the order and function of the parts into which a musical activity is broken down for the sake of postponement of subtasks (without which a complicated activity is unthinkable).

Such a model is *explicit* if it has characteristics analogous to a set of instructions which is able to generate the activity described. The second requirement stated above concerns the relation of competence to performance (competence-in-use) as it is interpreted by the model.

A competence-free model of performance claims that all conditions determining a musical activity derive from the activity itself, or are behavioral; it thus excludes all *grammatical* constraints of performance which are a requisite for an actual activity. <sup>x)</sup>

According to the classification adopted, <sup>xx)</sup> the *acoulogical* model

x) A model reconstructing competence-as-such, called a musical *grammar*, is composed of three components - syntactical, sonological, and semantical - each of which is a set of recursive rules. The relationship of these components varies according to the hypothesis adopted by the grammar.

In a *syntactically based* grammar, as assumed in the essay, the relationship of "meaning" (semantics) to "sound" (sonology) is determined by the syntactical component which is thus the fundamental generator of the grammar; the output of the syntactical component is given a semantic and sonological interpretation by the respective component. Rules called *syntactical* are rules determining the generation of an infinite set of novel musical structures; these structures are systematically and mechanically derived from metamusical variables forming an initial vocabulary in the sense of a rewriting system.

*Semantical* rules determine the interpretations which may be assigned to higher-order syntactical representations; *sonological* rules derive all grammatically determined facts about the perception of a musical structure.

Although the hypothesis underlying the competence model takes care of the interrelationship of the three grammatical components, the usage of these interrelationships in performance may follow an hypothesis deviating from the grammatically justified norm.

xx) For a methodological justification of this classification see part I (B) of the main essay.

of musical listening developed in Schaeffer's *Traité* has to be characterized as follows: although neither formal nor explicit, the model makes use of notions of competence; methodologically, the model does not distinguish between the two kinds of knowledge involved in a musical activity, competence and performance; rather, it assumes that musical creativity basically resides in performance, not in competence. Theoretically, models adopting such an assumption are subject to the following methodological alternatives: they either completely ignore the relation between different components of competence, viz., the syntactical, sonological, and semantical one; or else they misconstrue the problem of their interrelationship as one that is in performance solved differently according to the various musical tasks, and the various strategies adopted by the performer to fulfil a task. Models of the type constructed by Schaeffer thus necessarily presuppose the existence of *a priori* differences between musical tasks - such as composing, listening, execution of scores, music criticism, etc. - and between the strategies developed to carry them out; they do not, however, account for such differences in strictly strategical terms, and thus fail to prove their assumption.

+

In order to define a recognition strategy, <sup>x)</sup> two kinds of hypothesis and thus two different, though interrelated, kinds of recognition are assumed to exist in Schaeffer's performance model: a) the recognition called *entendre*, b) the recognition called *comprendre*. While a strategy built on the *intention d'entendre* is said to concern problems of *sonorité*, a strategy for the process of *comprendre* deals with problems of *musicalité*.

x) A strategy is a set of rules determining the division of tasks into subtasks which are postponed, remembered, returned to and executed in a controlled order. A set of strategical rules constitutes a musical *Plan*; to the extent that a performance activity is indeed determined by the strategical rules forming a Plan it can be said to execute the Plan.

The two different hypotheses share the character of being *acoustical*, i.e., of abstracting from sound sources and from modes of sound production, and thus deal with musical structures independently of their physical measurability (91). <sup>x)</sup>

Problems of musicalité are those of *un répertoire de signes musicaux possibles* (475); they concern *le sens que la structure donne à l'objet (sonore)* (579) and are thus problems of a syntactical and/or semantical nature.

It follows from this definition of musicality<sup>xx)</sup> that a hypothesis for *entendre* will be strictly sonological<sup>xxx)</sup> in that it abstracts from both the acoustical and the syntactic-semantic realm (which simultaneously it is meant to mediate).

x) Further page numbers thus quoted always refer to Schaeffer's *Traité*.

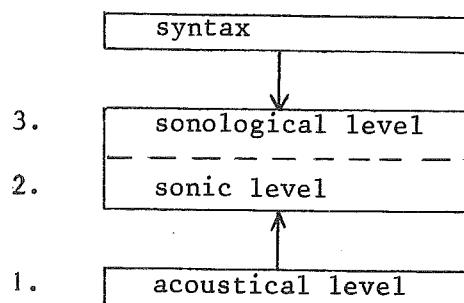
xx) Following de Saussure, Schaeffer conceives of *musique* as *langue* versus *parole* (performance), seeing in *langue* nothing but a static system of syntactical schemes, while musical creativity resides in performance.

xxx) The term *sonological* has connotations which distinguish it from *acoulogique*. According to the definition adopted, sonology shows which possible sound objects, or sets of sonic-acousmatal properties, correlate with which possible syntactical configurations.

The notion of sonology thus implies a reference to the syntactical (and, indirectly, semantical) component of a musical grammar; it is positively defined as mediating the acoustical, sonic, and syntactical realms of music, not only negatively, by abstraction from all non-sounding elements of a musical structure.

The sonological realm so delimited can be understood as subdivided into three dimensions: 1. the acoustical one of measurable sound; 2. the sonic one; 3. the properly sonological one.

A complete sonological representation of a musical structure can be conceived as a hierarchy of different, definably interrelated, levels:



(footnote continued on p. 37).

Although it is not denied that both hypotheses, that of musicality and of sonority, <sup>x)</sup> are equally valid and even necessary, <sup>xx)</sup> the influence of an hypothesis for *comprendre* (musicality) on that of *entendre* (sonority) is not studied.

Nevertheless it is assumed that the interrelation of these hypotheses holds to such an extent that a solution to the problem of a strategy for *entendre* will indeed lead towards, if not directly to, *structures authentiquement musicales* (488).

It is therefore the goal of the recognition model developed to make the transition from the *objet sonore* to the *objet musical* and to discover among categories of sonority those which assurent la fonction d'un *objet dans une structure musicale* (377).

Thus, although problems of musical syntax and semantics are not dealt with in the model for *entendre*, sonological elements are conceived as closely related to musical syntax and semantics.

(continuation of footnote xxx) of page 36)

Categories of both the second and third realm represent knowledge about sound structures. They are characterized by their different relation to surface structure: while sonological criteria are those of an analysis of syntactical structure in terms of grammatically determined sound features, sonic criteria are not relatable to syntactical structure in an unambiguous way.

The term *sonological* has thus a twofold denotation: a) it signifies a subrealm of the sonological component of the grammar; b) it refers to the medium of sound in its entirety, as far as it is grammatically determined.

The notion of sonology implicitly criticizes *acoulogie* in that sonology by definition contains references to other grammatical components which *acoulogie* ignores.

x) (350) *Celle qui reconnaît dans le signe l'essentiel du phénomène musical, et celle qui tient pour l'essentiel l'objet sonore (reconnu comme unité dans les structures perçues)*

xx) A developed theory of *musicalité* can shed light on problems of *sonorité* under the condition ( que) *les axiomes de la musicalité .. ne déterminent déjà un domaine exclusivement musical*, in other words, if they take the interrelation with sonority into account.

This competence relation is obscured by the introduction of the term *objet sonore* for representing both the object of sonological competence and that of its actualization.

Being a strict performance notion, the term *objet sonore* is, of course, incapable of articulating problems of competence. It is defined only in contradistinction to *le signe*, another performance notion, denoting those *valeurs et traits pertinents* (377) which make an *objet sonore* function in a musical structure, or make it have syntactic-semantic relevance for acts of musical performance.

In further obscures the problems of relationships among grammatical components that, under the assumptions made, sonological problems tend to assume the appearance of pure performance problems, the more so since a competence analogue of *objet sonore*, i.e., a term for "sonological structure," is not defined.

The results of the performance model proposed are intermediary ones in the sense that in order to arrive at a complete model they have to be processed further with respect to musicality, viz., with respect to a strategy that takes syntax and semantics into account. How such processing is to take place - or how the transition from *entendre* to *comprendre* is to be made - can be clarified only if the relation of the two hypotheses (assumed to be one of relative independence) is explicitly defined.

This requires that competence is clearly delimited and defined in its relation to performance, in particular to recognition.

As to the relation of categories of sonology (sonority) to categories of syntax and semantics (musicality),<sup>x)</sup> Schaeffer maintains that because of the large - though, of course, finite - number of sonological elements and of their many possible combinations on the one hand, and of our ignorance concerning the internal structure of recognition strategies<sup>xx)</sup> on the other hand, a direct transition from sonological insights to solutions of problems of musicality is impossible. (488).

x) For the problem of identifying the scope of syntax and semantics with that of musicality see the end of part I of this discussion.

xx) In Schaeffer's terms, *structures de perception*.

Sonological insights nevertheless prepare the ground for investigating *les principales interrogations de la musicalité* (594).

As this discussion will demonstrate, it remains fundamentally unclear, however, exactly what relevance such insights have for the recognition of musical structures as *musical* ones.

Schaeffer's model can be interpreted as a recognition model based on a theory of sonological competence (*faculté*, 383).

Our account of the model will consist of two parts: in the first we will reconstruct Schaeffer's sonology qua competence-as-such; in the second we will outline the recognition model based on the definition of sonology proposed.

+

## I.

Be it assumed that sonority and musicality can be clearly distinguished outside of the framework of a fully developed theory of musical competence.

Sonology as a performance theory of sonority then operates under the assumption that notions of competence form a direct part of performance models and can thus be recovered from findings about the actualization of competence.

Such a theory deals with the problem of what makes an *objet sonore*, i.e., an intentional unit established under the hypothesis of *entendre*, capable of being a *porteur de signe musical*.

In purely sonological terms this means to investigate *quelles sont, dans les structures sonores, celles qui sont communes à tous les objets sonores* (343-4).

Sonology thus investigates the relation of sonic to syntactic-  
semantical representations of musical objects.

In contrast to a theory of musicality that deals with the function of *objets sonores* in musical structures (*contexte*), a theory of sonority deals with the nature (351) of *objets sonores* (*contexture*). It thus explores those intrinsic features of sound objects that make them capable of fulfilling music-grammatical functions.

Sonology has to answer the question (133) *de quelle généralité d'objets pourrait être faite la musique la plus générale qui soit*, in other words, which sonological requirements have to be fulfilled to make an *objet sonore* a potential *objet musical*, - considering that it is *le sens*<sup>x)</sup> *que la structure donne à l'objet* (579) which establishes musicality.

In order to guarantee the universality of sonological insights, the theory abstracts from differences between sound sources. Sonology is thus based on a *universal sonic theory*<sup>xx)</sup> which explicates the

x) The word *sens* reveals 1. that Schaeffer conceives of musicality as primarily semantical (not syntactical), 2. that musicality, too, is for him primarily a performance notion.

xx) *Sonic* properties are acousmatal as well as asyntactical; they are thus intermediary in relation to the acoustical and sonological realms. Although equally acousmatal, *sonological* criteria stand in definable relations to syntactical features.

the intrinsic tacit knowledge of a native musician concerning sound properties of musical structures; in other words, the theory explores those sonority properties on which *musical* structures can be said to be based.

The results of the theory hold independently of technological differences between sound sources. Since they primarily refer to a general competence model, they are also (relatively) independent of individual musical grammars.

It is the task of a universal sonic theory to establish those sonic properties which make musicality and its actualization in performance possible.

Thus defined, sonology has to find a solution to the two following problems:

1. What is the criterion of completeness for a universal set of acousmatic-sonic categories capable of representing the sonological competence of a native musician?
2. What are the rules for associating the (complete) set of sonic properties with musical properties, be they syntactical or semantical?

An answer to problem two depends on two conditions: on the possibility of reconstructing sonological competence from processes of its actualization in performance; and, on the ability of defining the *musical* relevance of sonological categories in terms of the relationship of sonority to musicality.

In Schaeffer's model the latter relationship is synonymous with that of the sonological to the syntactic-semantical component of the grammar, defined, however, in terms of a performance strategy. Solving problem two means, in general, to determine the relation of *axioms of musicality* to *sonic universals*; indeed, not before such a solution has been achieved can one expect to clarify the first problem.

Criteria for completeness of the universal set of sonic categories are insufficient if they are merely sonological ones; they have to satisfy the requirements of musicality, too, since both sonority and musicality together constitute competence, and since only a hypothesis valid for both *entendre* and *comprendre* can lead to a complete and sufficient musical strategy.

Sonology as *acoulogie*, i.e., conceived in isolation from a theory of musicality, seems to assume that sonological competence alone enables a music user to discern the semantically relevant musical structures. Since in such a case musicality is seen as above all semantical (579), this assumption implies that a direct relation exists between sonological and semantical competence, at least as actualized in performance. <sup>x)</sup> However, a sonological theory taken out of the context of a competence model in its entirety is incapable of substantiating such a relationship.

Under an hypothesis exclusively concerned with sonority, sonology is perhaps able to show in what way sonic categories <sup>xx)</sup> act as constraints on music-grammatical functions; however, it is in danger of neglecting the converse relation, or the influence of such functions on possible sonic representations of musical structures.

On the other hand, if sonic properties are those which enable an *objet sonore* to function in a structure, i.e., to fulfill grammatical functions, what is the justification for establishing a dichotomy between sonority and musicality in the first place?

+

With respect to possible recognition models, a theory of sonological competence should be able to provide solutions for the following two problems:

3. As far as recognition is *entendre* based on an *intention d'entendre*, to what extent is such an intention the actualization of sonological competence?
4. What is the definition of a potentially *musical object*?

An answer to the last question presupposes that one is able to define the competence-analogue of an *objet sonore*, viz., the notion of sonological structure.

A sonological theory which is restricted to the investigation of intrinsic (non-contextual) features of *objets sonores* is of relevance for a performance model only to the extent that musical recognition can be shown to concern the *nature*, rather than the *function*, of *objets sonores*.

Such a theory would have to demonstrate that understanding the nature

x) If such a relationship exists, a consideration of the syntactical component is indeed superfluous.

xx) For an enumeration and definition of sonic categories, see p.45.

of *objets sonores* forms not only a necessary, but a sufficient condition of understanding their function.

Denoting the result of an encounter of the acoustical representation with an *intention d'écoute* (271), the term *objet sonore* seems to imply the assumption that intelligibility is a mere performance problem, and further that understanding the nature of *objets sonores*, and not understanding their function in context or their degree of grammaticalness, constitutes the basic condition of intelligibility.

Having excluded from consideration the sound object as *indice* (set of physical features) together with the sound object as *signe* (as related to a system of syntactic-semantic rules), *acoulogie* is led to define *objet sonore* and its competence-analogue, sonological structure, *per se*, dissociated from grammatical determination.

According to Schaeffer, sonological competence and, not differentiated from it, its actualization, can be represented by a two-dimensional scheme: <sup>x)</sup>

- a) that of a sonological representation of musical structures in terms of *objets* and their *critères*;
- b) that of a sonic-acousmatical representation of these *objets*.

Both representations together, in their relationship, will answer the question (343-4) *quelles sont, dans les structures sonores, celles qui sont communes à tous les objets sonores.*

Although it is admitted that a developed theory of musicality could shed light on this question (347), it is assumed that an investigation of sonological competence-as-such can provide a sufficient answer. The solfège suggested is indeed a *discovery procedure* for sonological rules <sup>xx)</sup> which is primarily based on the comparison of *objets sonores*.

x) See the *tableau récapitulatif de solfège* (*Traité*, 584-7); sonological criteria form the columns, sonic criteria the rows of the *tableau*.

xx) For a criticism of musical discovery procedures see part I (B) of the main essay.

Since only sonic features defined independently of specific sound sources have the required universality, the comparison of *objets sonores* in terms of the sonic representation (b) will dominate their representation in sonological terms (a). Sonological rules thus concern the relation (or union) of the two representations, one of which is the predominating one. <sup>x)</sup>

The sonological component thus consists of two sets of rules:

- a) a set of rules transforming musical structures into entries of a sonological matrix;
- b) a set of rules mapping the analyzed sonological segments (*objets*) onto a set of sonic-acousmatal properties.

Sonological rules of both classes relate sonority to musicality, thus mediating the gap between acoustical and music-grammatical features of musical structures.

Both representations can be conceived as matrices the columns of which, or inputs to which, are segments of musical structures forming sonological entries in the first case (a), sonologically analyzed segments in the second (b).

The two matrices are related in such a way that the output of the sonological matrix forms the input to the sonic-acousmatal matrix.

Sonological segments are processed by being mapped onto a set of universal acousmatal categories which defines the sonic representation of the structure under consideration.

+

For sonological analysis Schaeffer uses the conventional term *solfège*. As employed in the *Traité*, the term refers to a *solfège* whose objects are *objets sonores généralisés*, viz., conceived independently of sound sources.

x) The methodological nature of this predominance of the sonic over the sonological representation is not properly explicated by the *tableau*; this predominance could mean, e.g., that sonic properties impose certain restrictions on a set of sonological criteria and their interrelation.

The suggestion for criteria of sonological analysis names four categories: 1. *types*, 2. *classes*, 3. *genres*, 4. *espèces*.

They imply four corresponding *opérations* or *règles de structuration* (383), assumed to be *facultés* (*ibid.*); they are thus rules of competence as well as rules of actualization of competence (*opérations*).

So as to be rewritten as entries to a sonological matrix, musical structures have to be (497):

1. identified with respect to *structures dominantes* of which they form part, and typified *par triage*;
2. compared *en contexture*, i.e., as sonological segments, and accordingly classified;
3. related to their physical source, but only in an indicative way since they are to be defined acoustically;
4. specified in terms of sonological dimensions (*espèces*) such as pitch, duration, intensity etc.

The rows of the sonological matrix are formed by categories representing *types*, *classes*, *genres* et *espèces* of sonological segments.

Three different classes of possible sonic representation exist for sonologically analyzed segments, one

- a. for continuous (homogenous) objects;
- b. for discontinuous (variable) objects;
- c. for static objects (steady states).

According to its sonological characteristics, the output of the sonological matrix is mapped onto sets of sonic properties identified in terms of the following acousmatical categories:

- a1) *masse*, a2) *timbre harmonique*;
- b1) *dynamique*, b2) *profil mélodique*, b3) *profil de masse*;
- c1) *grain*, c2) *allure*.<sup>x)</sup>

<sup>x)</sup> (584-587) *Masse* is cette qualité par laquelle le son s'inscrit - d'une façon quelconque a priori - dans les champ des hauteurs (516); *timbre harmonique* is defined as le halo plus ou moins diffus qui permet de qualifier la *masse* (*ibid.*). *Dynamique* refers to the development of sounds as shapes (531) and thus indirectly to their profile. *Profil mélodique* refers directly to envelope (535), while

The obvious performance origin of the definitions of these categories does not necessarily disqualify them as competence notions; this would be the case only if it could be shown that the categories are on principle incapable of representing sonological competence, viz., the *intrinsic tacit knowledge* concerning sound features which is indispensable for understanding musical structures. More severe is the objection that these categories are neither independent of each other, nor do they constitute a complete set.<sup>x)</sup> Their universality is only negatively established by way of abstraction from sound sources.

But does this "generalization" make them universal categories capable of answering the question *de quelle généralité d'objets pourrait être faite la musique la plus générale qui soit?* (133).

To expect from sonology as *acoulogie* to solve this problem is indeed paradoxical; for in rejecting the hypothesis that "it is the sign - the syntactic-semantical structure - which defines the musical phenomenon (350)," the generality of structural functions of *objets sonores* has been subordinated in importance to their nature, viz., to their intrinsic features.

The analytical features which sonology is able to provide under these conditions seem to be ill-suited as musical universals. If that is true, how do both sonority and musicality together form the musical phenomenon?

(continuation of footnote x) of page 45)

*profil de masse* denotes the form of development of a sound, be it *évolution, fluctuation ou modulation* (586). Finally, *grain* (texture) concerns the microstructure of sounds (548), *allure* is a secondary modulation (549).

x) Schaeffer is aware of the deficiency of the sonic representation suggested (346, 582); this deficiency is thought to be methodologically inevitable since as *solfège* such a representation requires the isolation of *objets* from their context, while an *objet* has musical relevance only within a context (581). More directly than the missing context - a performance problem - it is the ignored interrelationship of *acoulogie* and grammar which makes itself felt in this deficiency.

Into this problem enters the additional equivocation that sonology as restricted to sonority is easily mistaken for being a theory of performance: *nous ne perdrons pas du vue ce postulat, pour nous fondamental, que toute musique est faite pour être entendue. Nous rattachons ainsi toute langage musical possible à des valeurs élaborées au niveau de la perception.* (133).

This postulation, indeed inevitable for defining a musical strategy for recognition, does in no way, however, permit us to loose sight of the fact that as a theory of rule-governed creativity sonology indeed represents competence.

To insist on the performance character of sonology as against musicality would lead us to the evidently untenable assumption that

$$\text{musicality} : \text{sonority} = \text{competence} : \text{performance}.$$

Under such an assumption musical creativity would essentially reside in performance, whereas competence qua musicality would be a rule-changing creativity based on actualizing sonic categories; it would thus consist of more or less adjusting sonic properties to fit syntactic-  
semantical schemata. <sup>x)</sup>

This hypothesis leaves unsolved the problem of how the sonic-acoustical categories provided can be associated with axioms of musicality. Rather, the problem becomes entirely unsolvable and looses its rationale.

For, if musicality and sonority are rightfully considered the two interrelated facets of *musique*, it seems that their relationship has to be investigated in the two realms of competence and performance simultaneously.

If it is not in this manner investigated, the problem of relating musicality to sonority is prematurely discussed; for it cannot be properly dealt with unless an effective hypothesis concerning the interrelation of competence and performance is formulated.

With view to exploring such an hypothesis, the isolation of sonology from syntax and semantics is even less admissible than it is under the assumption that an investigation of sonology from the point of view of both performance (*opération*) and competence (*faculté*)

x) This point of view could be traced to de Saussure's way of distinguishing *langue* (competence) from *parole* (performance).

will produce insights into the problem of musical recognition. This expectation can in the Traité be entertained since, if not theoretically nevertheless in practice, an invariance as well as linearity condition has been imposed on the relationship between the sonological and the sonic matrix. <sup>x)</sup>

I	II
SONOLOGICAL MATRIX	SONIC MATRIX
$\Sigma_1 \Sigma_2 \Sigma_3 \dots \Sigma_n$	$\Sigma'_1 \Sigma'_2 \Sigma'_3 \dots \Sigma'_n$
<i>types</i>	<i>masse</i>
<i>classes</i>	<i>timbre harmonique</i>
<i>genres</i>	<i>dynamique</i>
<i>espèces</i>	<i>profil mélodique</i>
	<i>profil de masse</i>
	<i>grain</i>
	<i>allure</i>

Here  $\Sigma$  stands for the *structure dominante* (*contexte*), broken down into sonological segments  $\Sigma_1 \dots \Sigma_n$  which enter the sonic matrix as analyzed *tranches de sonorité*  $\Sigma'_1 \dots \Sigma'_n$ .

- x) To impose the linearity condition of the mapping of the two matrices means to require that each sonological segment or entry be associated with a particular stretch of sound (set of sonic properties) in such a way that, if segment A precedes segment B in the sonological matrix, the stretch of sound associated with A in the sonic matrix will likewise precede that associated with B.  
 To impose an invariance condition on the mapping implies that there exists, for each sonological segment A, a certain set P (A) of sonic properties which uniquely define and identify A and its variants.  
 Clearly, it is such an invariance and linearity condition which alone makes possible processes like sonological segmentation and the identification of *objets sonores* in relation to sonic properties.

Although it is obvious from the *tableau récapitulatif du solfège des objets musicaux* (584-587) that the criteria forming the rows of matrix I do not stand in an unambiguous one-to-one relationship to criteria forming the rows of matrix II, such a relationship is indeed practically assumed to exist.

For unless a linearity and invariance condition is imposed on the relationship of the two matrices, it is impossible to conceive of a performance strategy for *entendre* as based on the process of segmentation (of  $\Sigma$ ), and of the identification of segments of  $\Sigma$  with respect to  $\Sigma'$ , as is actually done in the model.

The argument that it is the large number of possible combinations of criteria of both matrices which makes it impossible to infer musical axioms from sonological categories is not an essential one. Rather, such an inference is made impossible by the deliberate methodological neglect with which the problem of the determination of sonological categories by musical (viz., syntactic-semantical) axioms is treated.

While the definition of sonology as a discipline mediating the acoustical and syntactic-semantical realms is valid and the confrontation of the two matrices fruitful, *acoulogie* fails as a theory of sonological competence because:

1. the sonological component is investigated out of relation with the syntactical and semantical component;
2. the relation of sonic to sonological representation is misinterpreted on the assumption of an identity of *faculté* (competence) and *opération du solfège* (performance);
3. the sonological problem of relating the sonic representation to syntactical (surface) structure is misconstrued as the performance problem of strategically utilizing the relation of sonic-acousmatical to semantical (*musical*) properties.

Sonic-acousmatical categories can directly relate to *musical* ones only if it can be shown that a direct and unambiguous relation between "sound" and "meaning" exists.

x) The term *sémantique* is in the *Traité* employed as denoting an understanding (performance) rather than an interpretation (competence).

The fact that such a relationship may seem to hold in performance does by no means prove that it is an element of competence.

Strategies relating sound to meaning in a non-systematic way, i.e., by neglecting the mediating role of syntax, are of course always possible.

The question whether such strategies are adequate with respect to the musical structure used in performance, however, remains open.

Such selective strategies could be shown to be adequate only if a direct relationship between sonology and semantics could be made evident in the medium of a competence model.

+

Besides the formula:

$$(1) \text{ musicality : sonority} = \text{competence : performance}$$

Schaeffer's treatment of sonology also suggests the formula:

$$(2) \text{ musicality : sonority} = \text{syntax-semantics :sonology.}^x)$$

Although the second formula makes sense for investigating competence, its validity for discussing problems of performance must indeed be doubted.

In other words, it is questionable whether recognition as *entendre*, restricted to a sonological hypothesis, exists even for the particular case of performance qua musical listening.

For, the question of basic intelligibility of musical structures would in such a case have to be decided on the basis of sonological competence only.

x) Since this formula comes closest to what seems to be expressed in the *Traité*, it has been used to expose the fundamental implications of Schaeffer's model.

The third formula: musicality : sonority = performance : competence, is implied by the notion that, while *sonorité* concerns isolated *objets sonores* and their internal features, *musicalité* is a matter of context, i.e., of the functioning of *objets sonores* in musical structures. Such problems of context are, of course, performance problems.

If sonology, abstracting from both the acoustical and grammatical (musical) realms of sound, is indeed a discipline systematically mediating one realm with the other, its rules have their rationale in the task of explicating what (general) *objets sonores* can systematically be related to what (general) musical traits of syntactical (surface) structure.

Therefore, in assuming that a sonological hypothesis guides a performance strategy for recognition, one cannot maintain an absolute dichotomy between *entendre* and *comprendre*, or between the sonological and musical hypothesis.

The essential problem of such a performance model will rather be to investigate the interrelationship of *comprendre* (guided by a syntactic- semantical hypothesis) to recognition as *entendre* (following a purely sonological hypothesis).

This interrelationship of *comprendre* and *entendre* seems to be one of simultaneous rather than of successive processes. If so, then the assumption that a performance strategy for recognition can be based on a purely sonological hypothesis (*intention d'entendre*) is invalid.

Furthermore, the rigid distinction between syntax-semantics on the one hand, sonology on the other - or, for that matter, of sonority and musicality - is highly questionable, at least in the realm of performance.

Even if we leave the problem of basic intelligibility out of consideration, it seems impossible to maintain that strategies for *entendre* lead to recognition in the strict sense.

For, to recognize means strategically the ability to formulate, test, and verify (or reject) an hypothesis concerning the output in such a way that this output satisfies the hypothesis formulated.

The output corresponding to a sonological hypothesis (separated from an hypothesis concerning musicality) will not even satisfy the very hypothesis it corresponds to.

For such an hypothesis, if at all competence-based, cannot but imply an intrinsic relation to musicality, viz., to grammaticalness.

Moreover, sonological rules are relevant to a performance strategy for *entendre* only in so far as they are themselves grammatical; otherwise their claim of relating the acoustical and syntactic-  
semantical realms is totally unfounded, and their status of being musical rules cannot be substantiated against the claim of rules of e.g., the acoustical realm of sound.

The structural description of musical structures given by sonology as *acoulogie* is thus deficient in the following respects:

1. it excludes explicit references to syntactic-  
semantical elements;
2. it leaves unclarified the relation of the two  
matrices, both in the sense of competence and of  
performance;
3. it conceives of musicality merely as a static system  
of signs, viz., of syntactical schemes or semantical  
traits of an *objet sonore* functioning as part of a  
dominating structure (579).

*Le sonore et son possible musical* (98) are thus extremely reduced in their complexity in order to fit a performance model of recognition qua *entendre*.

## II

A theory of musical recognition, characterized by assuming a dichotomy of sonority and musicality, should be expected to provide answers to the following questions:

- A. What kinds of recognition strategies exist, given a complete set of sonic universals?
- B. What is the internal structure of such strategies (whose output is a recognized *objet sonore*, i.e., a potential *objet musical*)?
- C. How can musical Plans integrate the sonority and musicality hypotheses so as to be able to define a complete musical performance model?

The strategy sketched in the Traité is, however, constructed around a more strictly empirical problem: how is it possible to arrive at a *structure authentiquement musicale* (488) via a processing of *objets sonores* in terms of sonic-acousmatical categories?

This formulation shows that a comparative investigation of recognition strategies and of their internal structures is not a methodological aim of the proposed model.

In the Traité, a recognition strategy is defined as a set of solfège operations indistinguishable from the sonological faculties<sup>x)</sup> involved in mapping the two matrices onto each other.

Of all possible relations between the hypotheses of musicality and sonority: conflict, alternation, simultaneity, and succession, the model outlined considers only the last one, so that the problem of integrating musical Plans that follow different hypotheses is not at all studied.

The output of the solfège strategy of recognition can thus only be considered as intermediary, since in order to become a set of *objets compris* it has to be processed by a strategy based on axioms of musicality.

x) Both *opérations* and *facultés* are (in Schaeffer's understanding) *règles de structuration sonologique* simultaneously (383).

In order to give a complete view of the acoulogical model suggested, the following problems will be investigated:

- a) the definition of the input to the model (i.e., the delimitation of the principally intelligible structures);
- b) the formulation of the hypothesis underlying the strategy;
- c) the process of Plan formation;
- d) the nature of the output.

Different kinds of recognition strategies (A, above) can be arrived at by redefining either of these four elements.

Such a redefinition directly affects the internal structure of the strategy developed (B); the way in which different Plans are integrated (C) depends on the hypothesis formulated, and on the series of tests derived from such an hypothesis.

The model suggested by Schaeffer <sup>x)</sup> assumes that the performance activities to be studied are *perceptions*.

To elucidate the epistemological term *structure de perception* Schaeffer takes refuge in the notion of an *acousmatical abstraction*. Such an abstraction expresses a willful neglect of sound sources; furthermore, the abstraction implies that the input is posited as a set of isolated *objets sonores* forming *tranches de sonorité*.

While the question of the structure of perceptions is that of the internal structure of a (perceptual) strategy, the notion of acousmatical bracketing ( $\epsilon\pi\omega\chi\eta$ ) concerns the problem of the input, and thus of intelligibility.

If input relates to output as *tranches de sonorité* relate to *objets musicaux possibles*, an hypothesis concerning their relationship is one that anticipates musical properties on the basis of a preliminary analysis of sounding input.

x) It is thought to be analogous to a *linguistique de parole* in the sense of de Saussure (291).

To name such an hypothesis *intention d'entendre* explains of course neither its source nor the way it is arrived at.

It only states the assumption that the input - which is of a syntactic-semantic as well as of a sonological nature - is selected by the acousmatical processor solely on the basis of its sound properties, and further that these properties suffice to make the input intelligible. (What is intelligible in terms of *entendre* may, of course, be opaque in terms of *comprendre*, and thus ultimately unintelligible). Schaeffer's hypothesis concerning the output does not seem to be actually derived from analyzing the input; rather, it is an *a priori* assumption meant to assure that strictly sonological processing becomes possible.

It can thus at best be called one facet of a more comprehensive hypothesis necessary for *comprendre*, elaborated in isolation.

Since the really musical processing is postponed it seems adequate to call such an hypothesis an *intention*.

Strategically speaking, an *intention d'entendre* consists of the totality, at any moment, of all postponed subtasks of a musical task that are associated with a main test for *comprendre*.

However, this functional understanding of *intention* is not that of Schaeffer.

Postponement exists in his model only in so far as solfège operations follow each other in a partially determined order.

The order of operations adopted<sup>x)</sup> depends on the principal tests of the model concerning the acousmatical character of the output.

As outlined in the *Traité* the strategy is a passive registration process based on the segmentation of surface structure into *objets sonores* and on their identification as sonological entries.

In this strategy, the solfège operation of identification (result: *types*) is followed by a comparison of sonological segments become *objets sonores* (result: *classes*) which, after a non-functional<sup>xx)</sup>

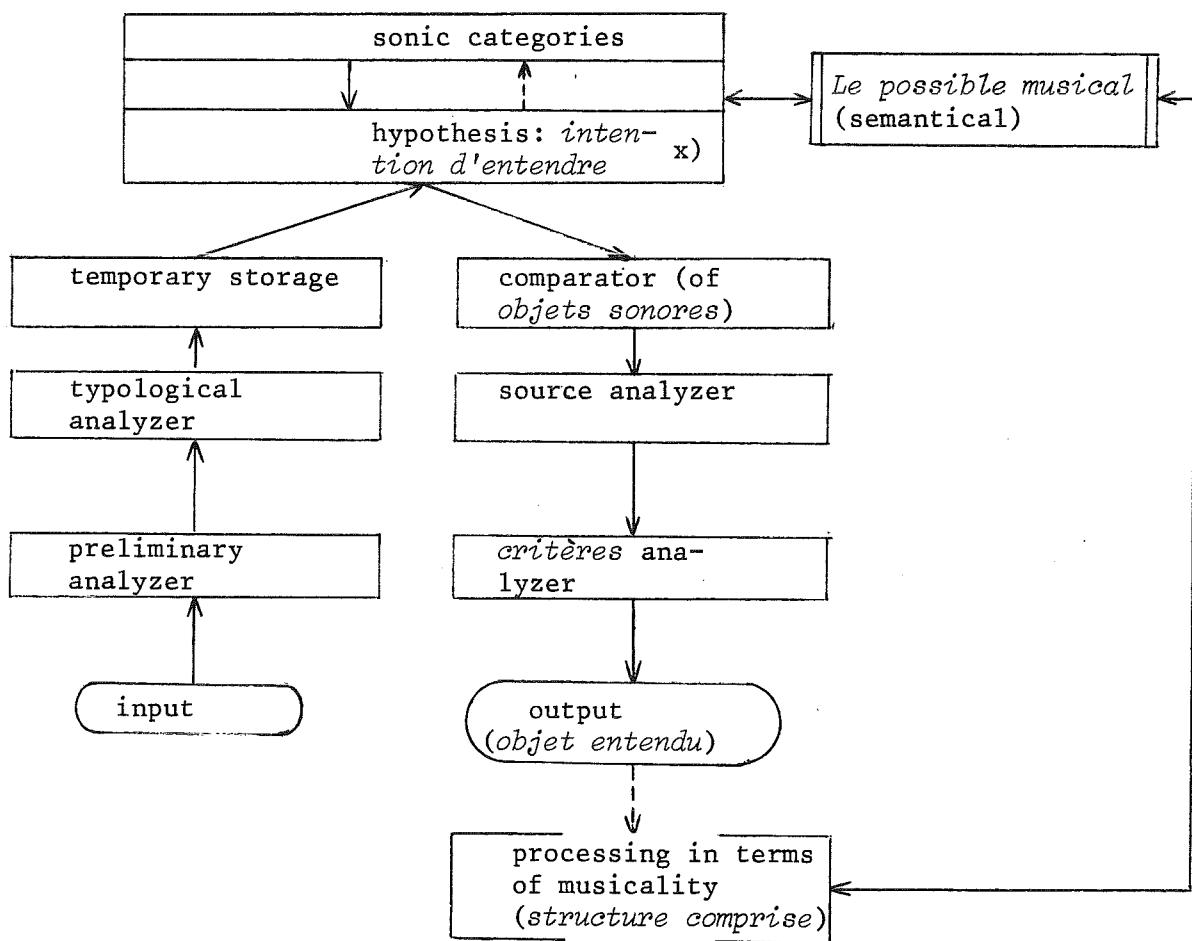
x) In Schaeffer's model, it seems to proceed from strategy to tactics, i.e., from principal to merely administrative decisions.

xx) In the sense that the physical source of *objets sonores* is a purely sonological, not sonic, property and has only indicative, not functional, relevance.

investigation of their source (result: *genres*) are related to the dimensions of perception, i.e., to the single sonological realms representing *espèces*.

The essential problem to be investigated is accordingly the relationship holding between the sonological *critères* and the (underlying) sonic-acousmatical categories assumedly guiding solfège operations.

The strategy has thus the following over-all form:



Basically, this strategy accepts syntactically formed structures, analyzes them sonologically, and maps them onto a set of sonic categories.

While the typological analyzer breaks structures down into *objets sonores*, comparator and source analyzer further sonologically classify these *objets*; the *espèces* analyzer specifies them with respect to dimensions like *hauteur*, *intensité*, *durée*, etc.

x) I.e., an hypothesis concerning the relationship of sonological segments to sonic categories.

Segments of musical structures are thus given a sonic interpretation by way of their transformation into entries of a sonological matrix.  
x)

Three kinds of strategical rules are presupposed by the model:

1. Rules for transforming syntactical surface structure into sonological entries;
2. Rules for mapping sonological output onto a sonic matrix;
3. Rules for relating sonic properties to grammatical functions (i.e., to musicality).

The first and second rules, operative in the form of instructions concerning segmentation, identification, comparison, and *espèces* analysis, have been encountered before as rules of competence. Their reappearance as strategical rules is due to the fact that a distinction between competence-as-such and competence-in-use is not explicitly made in the model.

While referring to *facultés*, these rules represent the intrinsic sonological knowledge underlying musical activity; in referring to *opérations* they determine the way in which competence is strategically actualized by an activity.

In purely strategical terms, they imply a sonological as well as a sonic hypothesis, thus forming two different musical Plans integrated in a way which is not defined.

While the sonological hypothesis concerns the analysis and classification of the *objet sonore*, the sonic hypothesis identifies those of the properties of the *objet sonore* which enable it to function in a musical structure.

Clearly, the sonic hypothesis is the decisive one for the process of *entendre*; both, however, are formulated on acousmatical grounds.

The performance model sketched leaves us with two immediate questions:

x) As put forth by Schaeffer, the strategy allows for proceeding in both directions, viz., from the sonological to the sonic matrix, and vice versa; however, he seems to imply a preference for a procedure starting out with sonic properties, since it is they that primarily shape the *intention d'entendre*. This preference has been accordingly shown in the model above.

- a) In what way do sonic-acousmatal categories determine the perceptual strategy of *entendre*? <sup>x)</sup>
- b) How do sonic-acousmatal categories relate to sonological critères (*types, classes, genres, espèces*)?

An influence of sonic categories on solfège operations would be conceivable if there were a reciprocity of influence between musicality and sonority in general, i.e., if the (postponed) processing in terms of musicality would be interpreted as a temporally simultaneous recognition process.

In such a case the solfège operations - whether typological, morphological (leading to *classes*), characterological (leading to *genres*) or analytical (leading to *espèces*). (497) - would be equally informed by syntactic-semantical knowledge.

One could then experimentally test whether solfège operations are indeed primarily determined by categories of sonic representation, instead of methodologically stipulating this dependency.

It would be a problem of hypothesis formulation, and of realizing *in praxis* a solfège hypothesis, to test in what way sonic categories can be said to determine solfège operations and further, to demonstrate that such tests are indeed producing an output of *objets sonores* which have the potential of becoming *objets musicaux*.

The way in which sonic categories determine perceptual strategies is essentially a matter of Plan formation, or of integrating an hypothesis concerning sonority into one concerning musicality.

In the case of a model built exclusively on a sonological hypothesis, however, Plan formation in terms of sonority will not be coordinated with Plan formation in terms of musicality, except implicitly, by assuming that a musical Plan for *entendre* will indeed lead to a Plan for *comprendre*.

On the other hand, the output of a strategy for *entendre* will render musical results only if an indirect relation between sonic and syntactic-semantical criteria exists.

x) These categories represent the totality of possible knowledge about the *objet sonore* as a potential *objet musical*.

Otherwise, sonological *critères* have no syntactic-semantic implications whatsoever. Having no such implications sonological criteria cannot be said to relate syntactic-semantic to sonic representations, i.e., to be *musical* criteria.

Therefore, a relation between the two matrices will not exist.

Clearly, a relationship between sonological *critères* and sonic categories can be maintained only under the condition that sonic representation is conceived as related to musicality (viz., to a set of syntactic-semantic properties of musical structure).

To assume that categories of sonic representation determine solfège operations is indeed a consequence of the tacit assumption that syntactic-semantic processing has a bearing on those categories in the first place.

Even simple solfège operations such as a preliminary analysis of syntactical surface structures and their segmentation into *tranches de sonorité*, imply syntactical and semantic knowledge.

The decision to concentrate on sonological aspects of a musical structure can be made only within a strategy which simultaneously takes the other components of the grammar into consideration.

In no case, then, is there a justification for restricting recognition to a mere *entendre*, indefinitely postponing a *comprendre*.

A conscious decision to stop short of *comprendre* in favor of *entendre* is non-sensical, indeed, a contradiction in terms.

Moreover, an insight into how exactly sonic categories (e.g., *masse*) relate to sonological properties, especially *critères* (e.g., *hauteur*), cannot be gained by an informal description of the *site et calibre des dimensions du champ musical* (584-585).

Rather a theory of sonology and a performance model based on it have to explicate, by way of sonological and/or strategical rules, what such a relationship consists of and how it is used in performance. It will then become clear that the relation of sonic to sonological criteria is not essentially a matter of the strategy adopted, but of the structure of the grammar underlying the strategy.

Furthermore, it will appear that the determination of strategies

by sonic knowledge greatly depends on the way in which the two matrices are interrelated within a particular grammar.

The very existence and the specific kind of mapping of the two matrices depends on the relation of sonology as a whole to syntax and semantics; on the other hand, the relationship between sonic and sonological categories - even if essentially interpretive compared to the generative character of the syntactical component - determines the form of syntactical surface structure and its use in performance. Schaeffer's informal description of the relationship between the two series of criteria is an expression of the fact that an invariance and linearity condition has indeed been imposed on the mapping of the matrices; otherwise, no common reference, no union, could *a priori* be said to exist between them.

Since the conditions imposed on the model are not made explicit, the strategy outlined simply assumes what a truly structural description of sonological competence, and of a perceptual strategy based on such competence, would have to explicate. <sup>x)</sup>

+

If indeed a relation of sonic categories to syntactic-semantical criteria of music cannot be *a priori* assumed, then it is unlikely that an hypothesis concerning *entendre* (built on such an assumption) suffices even for the formation of Plans meant to be adequate from a sonological point of view only.

Given that the number of possible inputs to an acousmatical processor is potentially infinite, such an hypothesis has to segregate all incoming structures into two disjoint sets: one of intelligible structures than can be rightfully said to *pose problems*, and one of principally unintelligible structures that are not further processed by the strategy.

x) The basic implicit question asked by the *tableau du solfège* (584-587) is: according to which sonological rules does syntactic-semantical structure relate to sonic properties? For this question it does not matter whether a structure analyzed by the *tableau* is a composed one, or is one selected on the basis of acoulogical experimentation; in both cases, the use of competence is indispensable.

How this task could be achieved by an *intention d'entendre* which has no recourse to syntactic-semantical competence is indeed unthinkable.

But not only is it impossible to cope with the input under these conditions; Plan formation, necessarily based on an adequate hypothesis concerning the output, will fail to lead to a series of tests and operations producing the desired output, here, potentially *musical objects*.

A strategy consisting of

1. a typological analyzer
2. a comparator
3. a source analyzer
4. a *critères* analyzer

assumes that what is *musical* (in terms of the output) is already present in the input and thus known (*compris*) from the outset.

For, a perceptual strategy that is a passive registration process is not generative in the sense of a strategy by which comparison structures matching the input are actively searched for, and which thus actually generates that which is *musical*.

A perceptual strategy limited to *entendre* cannot but assume either that what is *musical* is already known, or that to determine what is *musical* is a problem to be solved by a strategy of musicality quite different from one of sonority.

Such a *discovery procedure for strategical rules* is a simple set of administrative rules whose *raison d'être* lies outside of them, namely in a strategy of musicality.

The strategy unrightfully conceives of *le possible musical* (98) as a mere inventory (*répertoire*) of musical signs that can be separated from musical competence in its entirety, and from the active search for matching the input with an output that is *musical*.

Even if musicality would essentially be based on a definable, non-arbitrary relation between "sound" (sonology) and "meaning" (semantics), and a syntactical generator of comparison structures would thus be superfluous, the task would remain for a performance model to demonstrate how rules of sonological and semantical competence are

used in performance to bring about an output that is a set of potential *objets musicaux*.

To claim that sonic categories are a) categories *a priori*, b) universal, and c) independent of syntactical determination, is methodologically fruitful only if these categories are considered within the framework of the entire competence model.

Equally, the claim that such categories form an integral part of performance strategies for recognition is maintainable only if what musical strategies are all about - the integration of sonority and musicality - is not separated by the formulation of two different hypotheses whose relationship is not defined.

In such a case, the internal criterion according to which a music user acts is simply too weak to render *musical* results, because he will be unable to develop generative rules from which administrative rules of solfège can derive their *raison d'être*.

For a strategy to be truly generative it is not enough to compare *objets sonores* and to relate them to perceptual dimensions.

If musical activity is nothing but a set of musical responses channelled by solfège operations, one might even doubt that a real recognition problem exists.

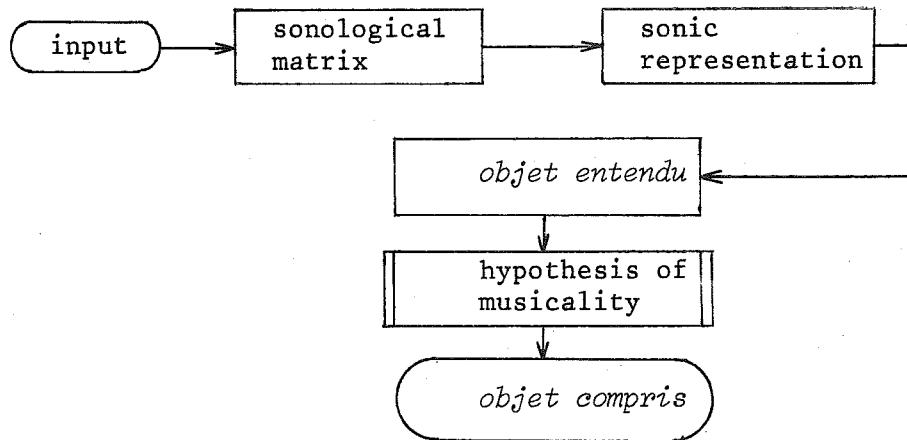
A problem of recognition in music comes into being at the moment where it is realized that to make sense of a structure called *musical* one has to relate two seemingly totally heterogeneous aspects of the structure, the sonological and semantical.

This problem of recognition is only trivialized by assuming that the relation between "sound" and "meaning" can be taken to exist simply on the basis of specific sound properties called *acousmatical*, which guarantee that the sound-meaning relationship is adequately established. Acousmatical properties can assure that relationship only as sonic universals, but as such they are, by definition, intrinsically related to properties of a syntactical and semantical nature.

By positing an  $\epsilon\lambda\omega\eta$  as to both the acoustical and syntactical realms one trivializes the *intention d'entendre* itself: what remains of the complicated process of recognition is:

1. an identification of structure segments,
2. their comparison against each other,
3. an indication of their physical source and,
4. a determination of their sonological dimensions.

Musical Plans for *entendre*, according to the model outlined, consist of two basic strategies: one for breaking down musical input into its sonic categories by way of an intermediary sonological matrix; the other, for further processing the output of the sonic matrix according to an hypothesis of musicality, so as to discover their possible musical:



where the *objet entendu* represents the potentially musical structures, the *objet compris* the actually musical structures.

Meant as a discovery procedure for musical signs, the model fails as an explication of the notion *musical activity*, or even musical listening, determined by such signs, for the following reasons:

- a) the competence underlying recognition is reduced to sonological competence; this competence is then conceived as an integral part of the perceptual strategy;
- b) the model imposes a linearity and an invariance condition on the relation between the sonological and the sonic matrix; this simplifies, but also trivializes, the construction of a performance model for *entendre*;

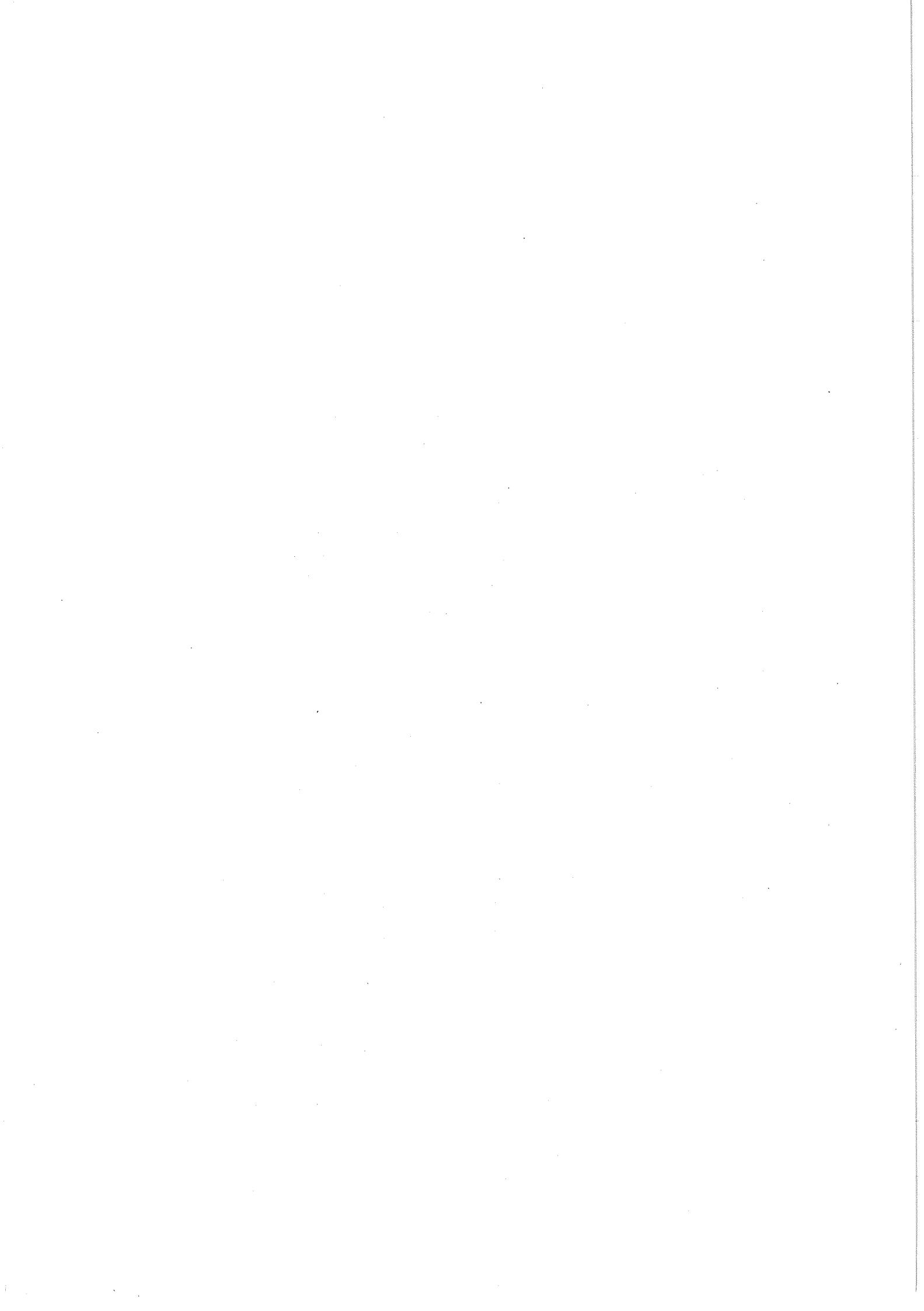
- c) the hypothesis of the strategy is stipulated, thus not derived from an analysis of the input; its relation to a complementary hypothesis concerning *comprendre* is not considered a problem at all;
- d) the internal structure of the perceptual strategy outlined, or of the Plan underlying it, remains obscure;
- e) the difference between performance tasks is *a priori* assumed, not explicated; x)
- f) the relation of a perceptual strategy to other performance tasks, such as composing, score execution, etc., is left entirely undefined.

Terminologically, the model proposed suffers from the fact that metamusical terms - *objet, signe* - are used to investigate the relationship of sonority to musicality.

Equivocation is aggravated by the fact that these metamusical terms are primarily performance notions.

As such they are incapable of clarifying competence problems, while as metamusical terms they make it difficult to construct a specific strategy, e.g., for perceptual tasks.

x) A generalization of the method followed in the construction of the perceptual strategy of *entendre* leads to the proposal that different components of competence and different relationships between grammatical components are necessary for different performance tasks.



Frits Weiland

### RELATIONSHIPS BETWEEN SOUND AND IMAGE

In view of the vast number of ways to combine sound and image today, it is advisable to put things in a certain degree of order by means of an inventory. An inventory might clarify - if at all possible in a field which is difficult to survey - the motives of those working in the combined field of sound and the moving image. Experience already gained in each medium separately and new results in the mixed medium field of sound and image justify the aim to present, by means of an analysis, a number of projects for further investigation. The only way of obtaining insight into the complexity of the field of sound and the moving image is by tackling the problem systematically at an artistic and scientific level.

#### THE SILENT FILM

Films have been being made with sound for forty years. The first sound films were not made because the maker felt the need so strongly but because the cinema industry was financially interested in telling the story more realistically - with the new technical facilities of sound recording on film. It was in the years 1920/30 that the silent film reached its peak in Russia owing to the clear linearity which Pudovkin and Eisenstein introduced in their films, phrasing this linearity by means of montage. This montage was the result of certain film theories. Eisenstein especially made important contributions to film's development from a visual story to a composition.

He saw the narrative element in the film as a structure within which abstractions and possible conclusions were possible - which was more interesting than the given or manufactured story. He realized his theories by means of montage, which he did not regard as a work-phase of secondary interest but as the most important stage in composing the film. He was also well aware of the fact that the accurate determination of the film strips to 1/24" provided him with

a large number of possible time-relations. It is the manipulation of these various durations and consequently the resulting vertical points of support on the horizontal time-axis that characterize Eisenstein's phrasing. In 1928 Eisenstein, Pudovkin and Alexandrov clearly formulated their pessimism with regard to the development of the sound film. A typical film style, developed in Russian silent films by the intelligent use of montage techniques, was in danger of being brought to a stop if sound was crudely going to divert attention from the linear movement of the image. Although the Russians in their declaration of 1928 only saw new possibilities in contrapuntal treatment of the film image and film sound, in practice sound film montage merely consists of emphasizing the vertical moment in the film at the cost of linearity.

In most "B" films nowadays sound is still used either to accentuate the picture or to disguise bad cutting. Only a small group of film-makers, including Godard and Resnais, seems to have grasped the fact that sound film unites two media. Although there is a historical explanation for sound's having played merely an image-supporting role for such a long time, the adult sound film might be expected to have a more detailed and motivated approach to the visual and auditive aspects and their mutual relations.

#### COMPOSERS AND ARTISTS

The working area of sound and image is actually tackled more thoroughly by artists and composers. Film-makers are, perhaps by virtue of their training and dependency on producers, too much conditioned to just the image. There is practically no response in the form of an open ear for the acoustic aspect from film-makers to the interest of a number of composers for the visual aspect. The consequence is that some composers have made their own films, Mauricio Kagel being a good example. In his films "Antithese", "Solo" and "Match", sound and image are so interpenetrant as to result in a unit which is based on a composition plan responsible for both the visual and sound levels. Ferdinand Kriwet makes text compositions; he started with "Sehtexte" as the visual aspect of composition with language signs, and proceeded to "Hörtexte" in the form of tapes.

The consequence was the "Textfilme" and mixed media plays.

It is not feasible in this article even to attempt to show a complete picture of the mixed media field.

In general it can be said that many composers who see the new musical theatre as a form of expression are glad to add the media of film and video tape to their arsenal of possibilities. This interest usually proceeds more from the desired total-theatrical aspects of the musical theatre piece than from a feeling that it is necessary to relate sound and image on the basis of rational considerations in a more structural manner.

From the sector of visual arts an increasing interest in film and video tapes can be observed. These films have mostly been without sound up to now.

## BAUHAUS

In the past, activities were launched from both the visual and musical sectors with a view to generating music and sound simultaneously. With reference to the Bauhaus experiments, Ludwig Hirschfeld-Mack must be mentioned first. His "Reflected Light Compositions" (1923) were precisely fixed in a score. The sound layer was produced on a piano according to indications in the score, whilst the visual layer was made with the aid of lamps and masks. Although both sound and visual material remain on a fairly simple level, the value of the compositions lies in the systematic manipulation of the same compositional principle for both image and sound.

Tempo d= 50												
1. TAKTEINHEIT	TAKT 1				TAKT 2				TAKT 3			
2. FARBEN	weiß				weiß				weiß			
3. TON												
4. LAMPEN ANPÄNGS- STELLUNG	8	7	6	5	4	3	2	1	7	6	5	4
5. SCHABLOHEN		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
6. HAUPTSCHALTUNG 1 u. 2	1 u. 2 auf								1	1		
7. LAMPENSCHALTER 1 bis 8 ->	1 u. 2 auf								2-8 zu			
8. WIDERSTÄNDE 1 u. 2	1 u. 2 auf								1 u. 2	1 u. 2		
9. LINEARES GESAMTBILD	-	=	=	=	=	=	=	-	-	-	-	-

ERLÄUTERUNGEN: 3/4 Takt Fermate. ○ Widerstand langsam ausschalten.  
 nach dem Rhythmus der Musik ruckweise öffnen der Schablonen. ↓ allmähliches öffnen der Schablonen. → Lampe 2 ist gesondert gestaltet.

A page from a score for one of the "Reflected Light Compositions" by Ludwig Hirschfeld-Mack, showing the first three bars of a "Three-Part Colour Sonata" in ultramarine and green.

### SCRIABIN

In Moscow, Alexander Scriabin is known to have used projections during performances of his music. In 1910 he composed "Prometheus" for orchestra, piano, organ, choir and colour keyboard. This keyboard had twelve colours, analogous to the twelve chromatic tones of the octave. Circles of various colours were projected onto a screen. In view of Scriabin's artistic and religious philosophies, we can assume that he did not stop at a mere structural approach to the relations between music and light projection but that he perhaps chiefly used the colour projections in an attempt, together with his music, to put the audience in a state of ecstasy. The light-shows in modern pop-concerts have in fact no other function than this.

### COLOUR MUSIC

After Scriabin, the music known as "colour music" stayed in fashion in Russia. The ideas about music and painting that prevailed at that time in the Bauhaus were not unknown in Russia, certainly not to Kandinsky. His disciples, known as "Orphists", wanted to subject painting to the "musical order". Theories about music and image were on the whole rather vague and diverse during the twenties. Terms such as "dynamische Farbenmalerei" or "lumino-dynamism" took nothing away from the fact that music - which artists claimed to be the most abstract art-form and held up as an example - only occupied a subordinate and usually illustrative position in most "colour music" experiments.

On the one hand there were the first abstract sound films - "phonograms" - with which the name of O. Fischinger is connected. They were shown for the first time during a congress on research in colour and sound at Hamburg in 1917. On the other hand a number of light machines with facilities for sound were built in Germany, France, Russia and the United States. Apart from the fact that it is impossible here to go into further details of these mechanisms for generating images and sounds with the aid of a limited degree of automation, these developments appear to have been continued in the Soviet Union.

## Prométhée.

A. Scriabine, Op. 60.

The beginning of Alexander Scriabin's "Prometheus" score, Op.60, 1910.  
The indication "Luce" refers to the part for the colour keyboard.

In the aeronautic institute at Kasan, young engineers under the leadership of Bulat Galeev have been designing colour music equipment during recent years. One of the latest developments is the controlling of image parameters such as colour, brightness and form by means of sound parameters such as pitch and key, rhythm and intensity.

Analyzers are used to trace the alterations in the sound parameters of existing music; these results are then used to control the image projection machine.

This automated visualization of music results in an "acoustic-visual unison", which this group - known as "Prometheus" - is at present trying to dispel.

#### GÖTZ

After the second world war an analytical way of thought developed in Western Europe and the United States which meant for a large group of artists a re-orientation of musical and visual material. The new technical possibilities also influenced aspects of creation and form. The development of electronics not only produced new media for conveying sound and image - transmission - but also new possibilities for producing music and images - generation.

The German painter K.O. Götz experimented with second world war radar equipment in order to arrive at manipulable electronic images on a cathode ray tube. By externally regulating the horizontal and vertical deflection system, he altered the direction of the electron beam in the cathode ray tube. This enabled him to "draw" with the horizontally and vertically moving lightpoint at the front of the cathode ray tube. Götz called this first stage of electronic image control "Elektronenmalerei" ("electron painting").

In the years which followed, experiments were made in various places with oscilloscopes, occasionally resulting in more interesting pictures than those which the electronic engineer produces on his scope in his daily work. As yet there could be no question of a new form of aesthetics as a consequence of the use of a new medium.

Götz, however, had embarked at an early stage on information theoretical considerations, and developed a new aesthetic system for electronic images based on publications by Shannon and Wiener. Not yet

having operable electronic equipment at his disposal, Götz resorted to coarse and fine grids of black and white squares on paper. Anticipating present-day generation possibilities of moving electronic images, he photographed many different grids on film strips with single frame movement.

### ELECTRONIC IMAGES

The development of television techniques made electronic image synthesis possible. Proceeding from a horizontal raster of 625 lines - 587 of which are visible - and an image surface ratio of 3 to 4, the television picture consists of approximately 450,000 dots.

The scale of brightness between black and white is divided into 30 steps. One of the thirty degrees of brightness must thus be stated for each dot. A complete electronic image with a good resolution and a good graduation of black and white can theoretically be expressed in 450,000 numbers between 0 and 30.

In practice a bandwidth of 5 megacycles is reserved for the television signal.

Keeping this limitation in mind we have a reasonably good picture with 300,000 dots. In order to store a complete television image in digital form, a memory of 300,000 words and a minimum word length of 5 bits is necessary. The movement in the television image is brought about by producing 25 complete, or 50 half - interlined - pictures a second. This means that for a moving image lasting one second, memory space of  $25 \times 300,000 = 7.5$  million 5-bit words is required.

These requirements cannot be met by the present stage of developments in computer techniques. Single frame recording is thus the most obvious means of storing electronic images. The time required to generate each image is not subject to any limitations in this case.

The recorded electronic images on film, which - after being developed - are reproduced at a rate of 25 frames per second, can be copied on video tape if desired.

### GRAPHIC DISPLAY

John Whitney made his computer films by means of this single picture movement method.

He used a computer programme which Citron had developed on the basis of the sine function and which provides images on an IBM 2250 graphic display which can be altered and varied by the use of a light pen.

If an image or particular sequence of images satisfies Whitney's aesthetic criteria, the relevant image data are fixed on punch cards. The result of this empiric phase is a card deck, the cards being in a particular order. In the next phase this order determines the sequence of images in the film. In this phase the cards are fed to the computer, and the camera is set up in front of the graphic display screen.

At intervals of approximately five seconds a black-and-white picture is generated, the camera - which is connected with the computer for exposure time and film transport - filming one image at a time.

In the third phase, in which the computer is not used, the film is coloured with optical devices and then edited. The films which Whitney has been making in Los Angeles since 1966 were produced with the aid of the computer and traditional film techniques.

The method of generating images - and sounds too - by using a computer graphic display and a light pen originated in a design process such as the one developed in Bell Telephone Labs in New Jersey. Ken Knolton is among those who have made computer-animated films, and Mathews, Tenney and Risset have used the MUSIC IV and MUSIC V programmes to produce computer sounds. Graphic display with a light pen is an attractive way to communicate directly with the computer for both artists and composers. The generated sounds are recorded on magnetic tape after D/A conversion. The electronic images can be filmed, stored on video tape or recorded by the COM (Computer Output Microfilming) system. It would be interesting to investigate the extent to which comparable computer programmes for sound and image generation, both making use of graphic display as is possible at Bell Labs, could lead to the forming of relationships between image and sound on the basis of the same production process.

## VIDEO

Television technique facilities and video recording techniques have led to experiments in various directions. Nam June Paik uses the picture as it comes from the television studio and distorts the image on his screen in an attempt to obtain new ones corresponding more to the specific possibilities of the electronic image medium. Joel Chadabe has made video tapes using television cameras, the camera directing being comparable to the function of the microphone in a piece of "musique concrète". When producing the video tape "Mona Lisa II" in the Institutional Resources Center at the State University of New York at Albany in 1967, Chadabe used three cameras, two of which performed exactly prescribed movements for two collages of concrete image fragments, the third camera being fixed on a girl who was sitting on a chair smoking. The pictures changed according to the score, the time between changes being derived from a Fibonacci series. The sound montage was also based on a Fibonacci series, the sound material consisting of concrete recordings of street noises, jazz fragments and poetry, as well as electronic sounds. Although the sound layer is somewhat less systematically composed than the image layer, Chadabe caused the relationships between the two layers by means of the same *time programme* and a comparative *production process*. Image transforming equipment was not used for this production. It is evident - analogous to the first *musique concrète* studio's development into a complete electronic sound studio - that the electronic image studio will not only contain electronic cameras and video recorders, but will also have to possess image generators and transforming equipment such as modulators and filters, unless rapid developments in computer image generation methods will make it possible for this stage to be skipped.

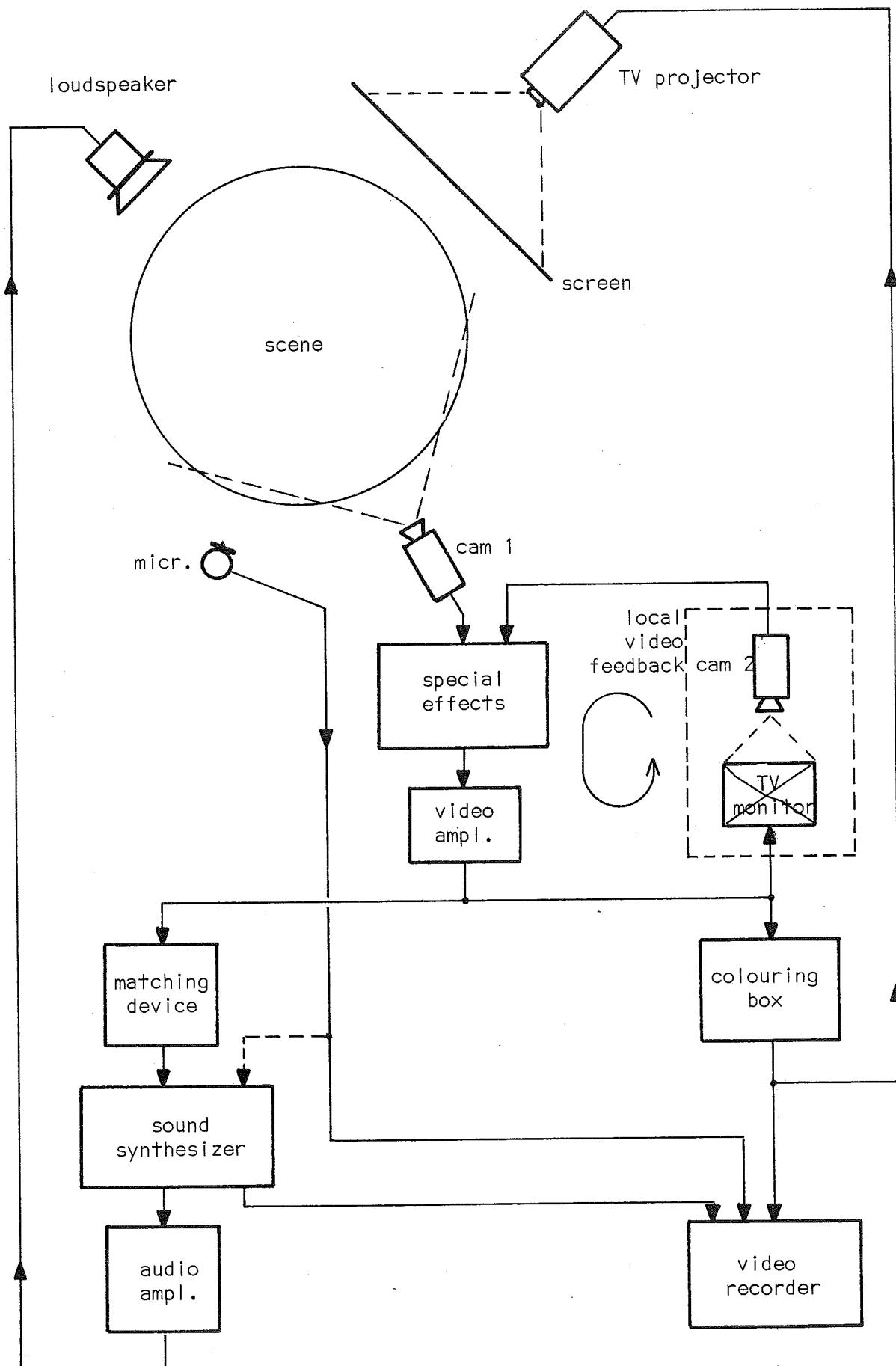
## VASULKA

The Czech film-maker and polyvision specialist, Woody Vasulka, who works in the USA, uses in his "Video Ballet" the visual feedback principle that occurs when a second television camera is set up in front of a monitor on which the picture from the first camera is shown. The first camera functions as a generator, the second one causing the feedback. The degree of feedback is determined by the position of the two video

controls on the video mixer, the output being visible on the monitor. The black-and-white picture can also be distorted electronically to a certain extent by use of the "special effects box", and coloured by the "colouring box", after which the video signal is seen on the projection screen above the stage and recorded at the same time on video tape. The sound is built up from several components, just as the picture is. The auditorium microphone, which can be compared to the first camera, records the sound of the live performer, with or without acoustic feedback since the output of the sound mixer is connected with the auditorium loudspeaker system. The output of a Moog or Buchla synthesizer is also connected to the mixer. The special thing about Vasulka's live video-audio feedback system is that the video signal, after a special adapter has been applied, is used as an external control voltage for the voltage-controlled synthesizer. The almost identical production processes resulting in the electronic image and electronic sound meet in the sound synthesizer. In view of the fact that in this project it is only the video signal that affects the audio signal, it is evident that in future projects the video signal will be affected by the audio signal. Relationships between sound and image will result from the mutual influence of similar *production processes*, and, of course, from synchronization of visible and audible activities of the *subject* (in Vasulka's "Video Ballet" this was the live performer).

### McLAREN

The Canadian Norman McLaren has been making unique films for twenty years now. He is not only an outstanding producer of images and sounds, but is also a technician and animation specialist. This has enabled him to make his films with practically no outside help, which is not the case with most other films, where the large group of film specialists gives scarcely a chance of a compositorial approach to the field of relationships between sound and image. McLaren has created this opportunity for himself because he can do everything alone. He is one of the few people who manipulate the film in a way true to the medium.



THE LIVE VIDEO-AUDIO FEEDBACK SYSTEM designed by Bohuslav Vasulka

This means that he does not use the film to report or suggest, but that he draws on the film in its capacity of a strip of black or transparent material which, during transport between the light source the lens and the photoelectric cell, produces moving images and sounds. The film is written on by use of the film camera and microphone and occasionally chemically. The film can also be drawn on or scratched mechanically, directly, perhaps by hand.

McLaren has been using this last method for several years. First either the image or the sound is registered in this way. In his latest film he has drawn the utmost consequences of his specific production technique by letting the drawing run over both the soundtrack part of the film and the picture part too. This results in the image being the visualization of the soundtrack and in the sound making the image layer audible. The forming of relationships between sound and image can apply to both the image and the sound if the same *material and production process* are used.

#### GRYGAR

The Czech painter, Milan Grygar, has been making sound recordings since 1965 of drawings resulting from objects of various materials such as wood or metal. The different objects for the drawings were selected with a view to the visual aspects of the drawing and with an ear for the acoustic aspect, which was recorded on tape by one or two microphones. In his first "acoustic drawings" the sound result is subordinate, although Grygar feels that the tape is important enough to be manipulated, for example by being played at increased speed.

The tape tells the progress of the drawing in sound, and reports on its production time. Grygar's "mechanical acoustic drawings" followed, the drawings indicating the locations and directions of sounding objects such as musical boxes, humming tops, bells and the like. The interpreter moves his hand, with the sounding toys in it, along the lines of the drawing, and a stereo recording is made of the sounding result by two microphones, one above the drawing on the left, the other on the right. This acoustic level is dominant in Grygar's "mechanical acoustic drawings", and the drawing has assumed the function of a score. According to Grygar the drawing is of importance to both the interpreter and the listener/viewer.

Although the synchronism of image and sound levels in Grygar's and McLaren's work differs entirely, the relationships between image and sound have in both cases to do with the material and the production process.

### MUSIC FILMS

The above-described projects were chiefly developed from visual disciplines. The category of composers who made operas in former times is now interested in musical theatre and music films. The development of television has resulted in a large demand for films and video tapes. Although television programme arrangers allot little broadcasting time for contemporary music, television is still an important stimulation to composers interested in the visualization of music or in integrating a visual layer into their compositions. The television medium ensures distribution, and the composer can make use of the realization facilities. Important music films have been commissioned by television broadcasting corporations.

Although film can occupy a functional position in opera, ballet, music theatre and total theatre, it will not be discussed here. In the music films and television broadcasts on music produced up to now there is sufficient material for an approach to be made to the problem of sound and image as it applies to the composer.

Music films and music video tapes can be put in several categories:

- reportage
- pseudo reportage
- documentary
- visual interpretation of music
- films in which music and image are contrapuntal

Reporting a concert with audience is the most obvious relationship of image and sound - that of *synchronism*. The form of the reportage can vary according to the director. Since neither film nor television directors usually have much idea about music, the differences in music reportages are generally in the image layer. These differences can be seen in the camera angle and movement and the number of cuts.

At best the music gives shape to the directing; usually it is the director's temperament that determines the extent to which camera angles and movements turn into rhythmic camera gymnastics.

One of the problems in music reportage is the correct dosage of close-ups of the performers and the number of cuts. Apart from a limited educational effect, a large number of close-ups not only disrupts the picture but also the music itself.

The director feels a need to illustrate the music with varied pictures, whilst the very fact that something is seen in its simplest form is sufficient. This means a frugal use of visual means. The BBC presented its first orchestral concerts on television with mainly one fixed camera - a total shot of the orchestra. Microphones in the picture were not frowned upon. The microphone situation in the Netherlands, however, is remarkable. In some music reportages, having the camera in the picture is fortunately accepted as a consequence of the television medium. Attempts to keep microphones out of the picture, however, continue undaunted, whereas it ought to be a normal situation to have them there, especially in television concerts, since the sound quality should have high priority. This international "mike-in-the-picture" complex has led to the playback system. This means that first a satisfactory music recording is made in a recording studio without cameras, and with a number of quality microphones as close to the performers as necessary. The musicians are then placed on every conceivable and inconceivable platform in the manner of American jazz orchestras in the films of the thirties and go through the motions of playing in time to the recording, in make-up if possible.

These playback productions come under the heading of pseudo reportages. In light and pop music this method is widely used since the gramophone records are usually already available. Practical considerations make it feasible for television broadcasts of operas to be usually entirely or partly produced by means of the playback system.

There are however no relevant motives for using this system when it comes to chamber and orchestral music - the very system implies a certain degree of alienation of the music and degradation of the musician. Herbert van Karajan, who has conducted a large number of playback

productions, has his own opinion: "Der Zuschauer soll teilhaben an der brennenden Glut, mit der sich die Umsetzung einer Partitur in Klang vollzieht. Er sollte aus nächster Nähe die Menschen sehen können, die angespannt von ihrer Aufgabe und verschönert vom Dienst am Schönen sind".

It is to be hoped that not only conductors and musicians but also film-makers and television producers will in future be able to make a distinction between show programmes and music programmes and consequently be able to keep the appropriate production techniques apart. The alienation of music by communication media alluded to so frequently by Adorno reaches its climax in pseudo reportage.

#### DOCUMENTARY

The musical documentary film is an important form of familiarizing audiences with music of the past and with contemporary trends and events, and also perhaps of commenting on them. This is a big task, especially for television, because of its vast dissemination range and because the educational aspects must not be underestimated. The prime function of the sound and image levels is to convey knowledge of the musical subject as efficiently as possible. The consequence as far as the relationship between image and sound is concerned is thus *synchromism*. In music reportages use is frequently made of fragments of rehearsals or concerts. If the film deals with the preparation of a performance, music and image meet in the formation process. A number of excellent documentary films have been made by:

Hansjörg Pauli  
Klaus Wildenhahn ("John Cage", "Bayreuther Proben")

Alexander Seiler ("Musikwettbewerb")

Luc Ferrari ("Les Grandes Répétitions")

Manfred Gräter

Hans G Helms ("Opus 1970")

The first-rate documentary "Télé-Marteaum" must also be mentioned. In this BBC production Boulez analyzes and comments on his "Le Marteau Sans Maître" with examples from the score, and then conducts an entire performance in the studio under ideal acoustic and visual conditions. Leonard Bernstein has made a number of instructive music films for Ameri-

can television in which basic aspects such as notation and instruments are explained, and also works of well-known composers.

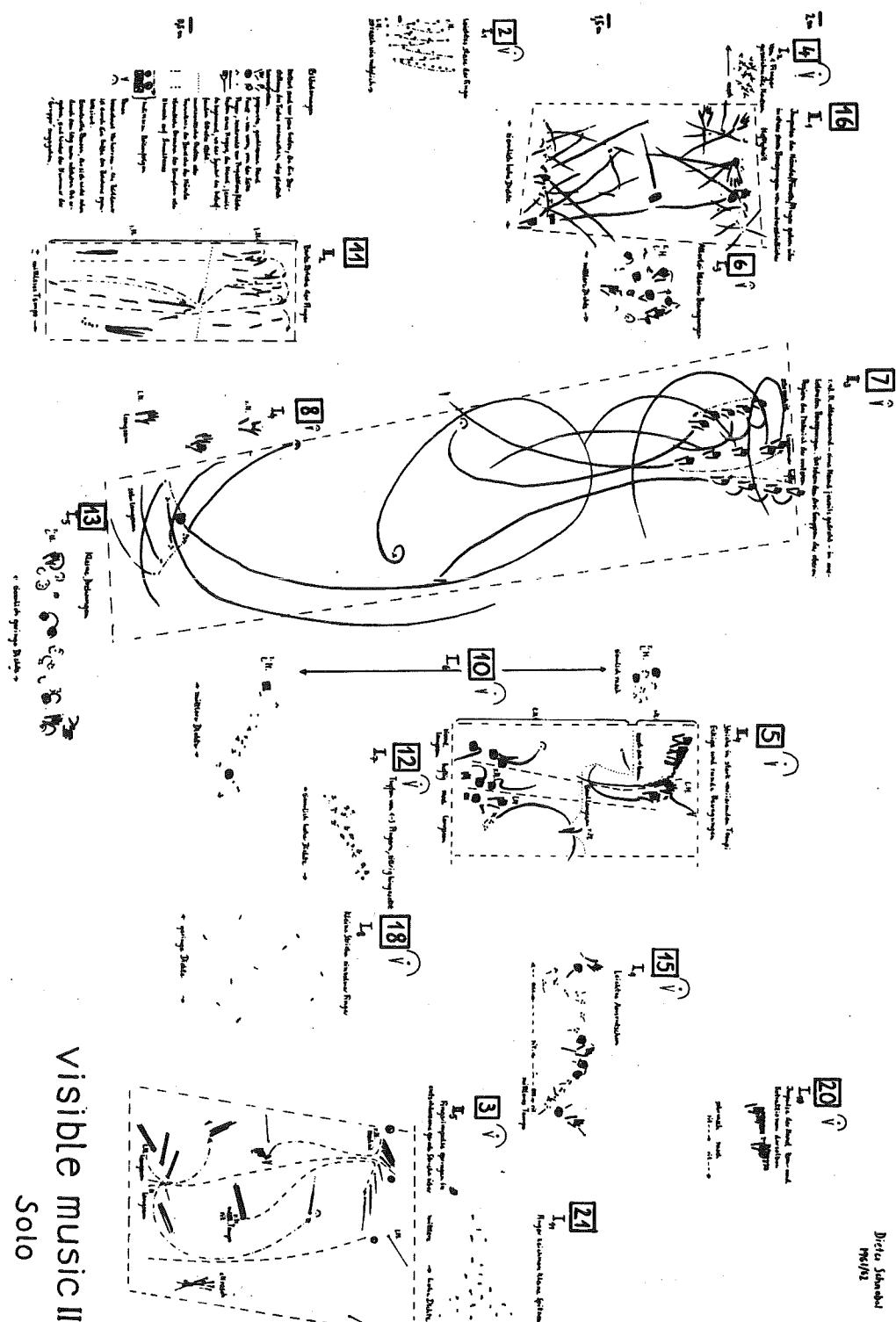
## VISUALISATION

We then have the two categories in which the image is not a mere "hatch" through which already perceived material is passed, but in which the visual aspects are tested and applied with regard to their own specific properties. The image level forms the visual interpretation of existing or specially composed music, or music and image form two contrapuntal levels. Examples of interesting visualizations are television productions by the Swedish composers: Jan Morthensen, Folke Rabe and Jan Bark ("Polonaise", "Spindrift"); Klaus Lindemann ("Nouvelles Aventures" by Ligeti), Mauricio Kagel ("Match"). The Frenchman Jean-Christophe Averty, and the Dutch television producer, Bob Rooyens, have proved that light music and pop music can also profit from the interesting possibilities of television visualization with the aid of the video technique inherent in television. Here, too, a need exists for a controllable, flexible image generator and also, of course, for familiar video sources such as cameras, slide equipment, film scanners and video recorders. In the visualization of music, music and image meet at the *subject* - the musician for instance - and the *material* - the score for instance. In the case of electronic image and/or sound generation, relationships can be formed by way of the *production process*.

In a number of music films and video tapes it is difficult to make a division in the visualization of music or counterpoint between music and image, as in Hans Otte's television production "Nolimetangere". Especially ambiguous are Kagel's films "Antithese", "Halleluja" and "Ludwig Van", and "Duo" and "Solo" to Schnabel's "Visible Music I and II". Kagel has also made acoustic interpretations of concrete images. He not only makes use of this mode in his films but also in his instrumental works such as "Der Schall" and "Acustica".

## COUNTERPOINT

In structural films by Bayle/Kamler ("Lignes et Points") and Weiland ("Film Project One"), the same compositorial points of departure were used for both the image and music layers. In "Lignes et Points" both the sounds and the visual elements are in the form of dots and lines. In "Film Project One" both the sounds and the images are constructed



A page from the score of "Visible Music II" by Dieter Schnebel

from concrete and synthetic material. The music does not support the images, nor do the images illustrate the music. The two layers, which are comparable with respect to the material and also to the production process, form a counterpoint based on the composition programme. The main problem in giving music and image equal rights is the fact that approximately 80% of all sensory perception is optical. Visual perception thus predominates over acoustic perception. An apparent solution is to restrain the visual impressions in order to allow the ear to register more. However, the reciprocal effect between eye and ear does not permit such a simple shift in the presentation of visual and acoustic signals.

#### SIGHT $\leftrightarrow$ SOUND

Just as there are tendencies in theatre, ballet and music to enter the transitional areas or to achieve a certain degree of integration, from which terms such as "instrumental theatre" and "visible music" stem, composers and artists enter into each others' areas. The classic example is the Calder mobile in which a ball swings on a thread and collides with variously-sized metal plates. The movements result in various pitches. For this year's exhibition SIGHT  $\leftrightarrow$  SOUND at the Stedelijk Museum, Amsterdam, a number of audio-visual projects were built.

Ton Bruynèl, Dick Raaijmakers and Peter Struycken designed visual sounding objects aiming at audio-visual projects in which each artist could create in his own specific manner a number of conditions according to which the museum visitors could discover or experience certain relationships between sound and image. These relations were different in each project. The capacity to experience ranged at a preliminary viewing from a certain degree of non-involvement (Struycken) to a kind of activity (Raaijmakers). A closer investigation proved that things were the other way round.

#### BRUYNEL

This problem of differing interpretation did not exist in Bruynèl's project, which confronts the beholder with the elements of steel, sand and sound. The almost archaic approach to the sound-image subject is presented by Bruynèl with great clarity.

This project, conceived in collaboration with the architect Aldo van Eyck and the sculptor Carel Visser, was designed for a room of 10 by 10 metres. The walls are covered with steel sheeting, with a layer of sand on the floor. In this cube-shaped environment there are four cubes with side-lengths of 50 cm, 75 cm, 125 cm and 200 cm respectively. The cubes stand on supports and are open at the bottom. The four cubes, among which the public can walk, stand in fact in a fifth cube which encloses the environment. The cubes themselves function as sound sources, and are set in action internally by excitors which convert the electric audio signal from the tape into an analogue mechanical motion which is taken over by the steel walls of the cubes. Each cube is in this way a sound source which the visitors can also feel with their hands - especially in the case of low tones. The signals are recorded on two 80-track tape recorders, and the visitors can choose which ones are to be sent to the cubes as exciter signals. Each recorder controls two of the four cubes. The visitor can combine the sounding cubes himself by using the two recorders. The audio signals on the tape come from contact microphones on the steel cubes. The sound is derived from material and form, and is transmitted from the cubes on the initiative of the museum visitor.

#### RAAIJMAKERS

In contrast to Bruynèl, Raaijmakers uses loudspeakers in his project. The word "use" is not really correct here, since Raaijmakers's project *is* the loudspeaker, both aurally and visually. Raaijmakers's relationship with the loudspeaker is of long standing, and has intensified recently. He writes: "A loudspeaker is a construction of metal and paper, which produces mechanical movements in response to an electric current. These mechanical movements serve to set the air, and hence our senses, in vibration.

"The loudspeaker is to be found almost everywhere where sound is to be conveyed over any distance, amplified or temporarily stored, as in transistor radios, telephones, gramophones, television sets, broadcasting equipment and so forth. The position of the loudspeaker in our electric society is fourfold:

that of Loud Speaker  
of Illusionist  
of Instrument  
of Idea  
and in fact it has a fifth function: that of the Work  
of Art".

In this exhibition, Raaijmakers illustrates the loudspeaker's function of Work of Art in the form of three constructions in which the feedback loudspeaker is the essence. Steel balls are bounced up in glass cylinders by clicking loudspeaker cones; metal balls roll slowly back and forth between pairs of loudspeakers which react sharply at the first contact and bounce the balls back; metal sheets of approximately 25 x 15 cm are rebounded by loudspeakers with a diameter of 72 cm at the first touch. The relationship between sound and image can scarcely be any closer or more causal than as demonstrated by these loudspeaker constructions, which Raaijmakers calls "Ideophones".

#### STRUYCKEN

In his "sound and image programme 1 1970-71", Peter Struycken is primarily concerned with a comparative division of time by using the two media, image and sound. His visual material consists of a 3.20 metre square divided into  $16 \times 16 = 256$  fields which are light or dark for 3 seconds at a time in changing patterns according to certain fixed rules. The square screen is surrounded by four loudspeakers through which sounds can be heard which obey the same rules, and which also have the standard duration of 3 seconds. The sound-tape and perforated roll which controls the picture are both 9 minutes in length, but do not start simultaneously, so that the change in numbers and kinds of elements is not synchronous. In the long run the two media are experienced as being equal, but the quantity and the kind of sound and visual elements are unequal at each moment.

Struycken based his project on two characteristic features:

- (1) the quantity. Point of departure is the increase or decrease of the number of visual elements and the number of sound elements. Their relationship does not depend on the used elements as such but only on their changing quantity.

130171 - 2243 - 101051 - TEMC WEM GO - TEMC OLPG ' 0001

```
0
1 BEGIN COMMENT      INSTITUUT VOOR SONOLOGIE
2                      GETALBAND VISUELE STRUKTUREN;
3 INTEGER I,K,M,NCOMB,NELS,NPR1,NPR2,NPR3,BOGGER, PONS;
4 REAL    START, KANS;
5
6 INTEGER PROCEDURE ALEA(A,Z);
7           INIEGEB A,Z;
8           ALEA:= ENTIER((Z - A + 1)*BANDOM + A);
9
10
11 INTEGER PROCEDURE SERIES(R,N);
12           INIEGEB N;
13           INIEGEB ABRAY R;
14 BEGIN   INIEGEB J;
15           IE R{0} = 0 IHEN
16           BEGIN  FOR J := 1 SIEZ 1 UNTIL N DO R{J}:= J;
17           R{0}:= N
18           END;
19           J:= ALEA(1,R{0});
20           SERIES:= R{J};
21           R{J}:= R{R{0}};
22           R{0}:= R{0} - 1
23 END   SERIES;
24
25 PROCEDURE TENDENCY (LIST, NN, TEND, NAT, TTE, NTZ);
26           INIEGEB NN, NAT, NTZ;
27           INIEGEB ABRAY LIST, TEND;
28           REAL ABRAY TTE;
29 BEGIN   INIEGEB I, K, A, NT, IT, ITZ, UG, OG;
30           REAL FUG, FOG, SHUG, SHGG, X, Y;
31           ITZ:= A:= 0;
32           IA:  ITZ:= ITZ + 1;
33           NT:= ENTIER(TTE[ITZ,1] * NAT/100 + 0.5);
34           RB:  IT:= 0; X:= NN/100;
35           FUG:= TTE[ITZ,2] * X;
36           Y:= TTE[ITZ,4] * X;
37           SHUG:= (Y - FUG)/(NT - 1);
38           FOG:= TTE[ITZ,3] * X;
39           Y:= TTE[ITZ,5] * X;
40           SHOG:= (Y - FOG)/(NT - 1);
41           UG:= ENTIER(FUG + IT*SHUG + 0.5);
42           OG:= ENTIER(FOG + IT*SHOG + 0.5);
43           IE UG>OG IHEN  BEGIN  I:= UG;
44                           UG:= OG;
45                           OG:= I
46                           END;
47           IE OG=0 IHEN OG:= 1;
48           IE UG<OG IHEN UG:= UG + 1;
49           K:= ALEA(UG,OG);
50           A:= A + 1;
51           TEND[A]:= LIST[K];
52           IT:= IT + 1;
53           IE IT<NT IHEN GOIQ CC;
54           IE ITZ=NTZ IHEN GOIQ DD;
55           IE ITZ=NTZ - 1 IHEN  BEGIN  ITZ:= ITZ + 1;
56                           NT:= NAT - A;
57                           GOIQ BB
58                           END;
59           GOIQ AA;
```

Part of the computer programme for Struycken's "Sound and Image Programme 1"

(2) the kind. Point of departure is the selection of the kind of elements and also the variation of the kind of elements in image and sound. An analogy between the two can be indicated by the coalescence of elements which can occur in both sound and image.

The course of alterations in image and sound is controlled according to one of the outputs of a computer programme written specially for this purpose by S. Tempelaars.

Besides having totally different points of departure and results, the three audio-visual projects of Bruynèl, Raaijmakers and Struycken have something important in common. One of the problems is the way in which sound and image can be experienced to equal extents and the consequences this has for the maker of the project, who is generally less familiar with the manipulation of one of the media. Raaijmakers and Bruynèl come from the musical field, Struycken from that of art. In the case of Bruynèl the structural relationship between sound and image occurs through the material, with Raaijmakers through the subject and with Struycken through the programme. What the projects have in common is the ease with which in general neither the acoustic nor the visual aspect predominates, each project being based on a fundamentally different way of relating image and sound.

#### CONCLUSION

From this we can conclude that there are various centres where attempts are being made to clarify the interactional area of sound and image. Stimulation is provided on the one hand by artists wanting to work with sound and image, and on the other hand by communication media such as film and television. Both categories can benefit from systematic investigation in the "wilderness" that is formed when two such different media as sound and image are brought together. These differences are especially noticeable in compositorial results with comparative methods for alterations of the sound and image parameters, as are the differences in perception of the acoustic and visual levels too.

More data about conditions for and results of simultaneous work with visual and acoustic material must also be assembled, taking into account

the possibility that together they exceed the sum of the parts (Gestalt), or that they stand side by side and thus enter into relationships. The following points outline the way in which a systematic investigation could be arranged:

- what measures must be adopted to prevent the image dominating the sound and vice versa?
- what must be done to ensure that the sound is not a mere illustration of the image or vice versa?
- in what circumstances does the coupling of acoustic and visual levels result in more than the sum of the parts (Gestalt)?
- to what extent do comparative techniques cause relationships between acoustic and visual levels?
- to what extent do comparative methods of generating the acoustic and visual layers cause relationships between them?
- to what extent do similar compositional techniques cause relationships between the acoustic and visual levels?
- to what extent do similar duration relationships in the common parameter of "time" cause relationships between the visual and acoustic levels?
- which similarities and differences in the perception of acoustic and visual signals affect the relationships between sound and image?

It looks as though the experience gained in various electronic music studios will help electronic image control and registration to overcome the cumbersome trick techniques and chemical developing process of film - especially in the "absolute film" category. Analogous to synthetic sound production, the following subjects would have to be studied for image production:

- the technical aspects of electronic image equipment, electronic image control and formation.
- the development of image generators and image-transforming equipment
- the pros and cons for using film and video techniques, and the extent to which hybrid techniques are feasible.
- the visual aspects of the electronically formed image and of the electronic image sequence.

- the generation of electronic images with the aid of the computer
  - the equipment of an electronic image studio
  - where and how electronic images are generated for artistic purposes
  - the degree of interest on the side of television organizations, universities and other educational institutions for an experimental image studio.
- — —



## *Summary*

- This paper, which was written in 1964 for the symposium on electronic music in Ghent, examines the connection between serial and aleatoric methods in electronic music. In view of the recurrent statement that serial compositional technique helped the post-war generation out of a momentary awkward situation for a period of ten years and that today it can merely be regarded as a temporary solution, it seemed pertinent to recall serial music's function in the first years of electronic music and the transition to aleatoric music which Cage provided with an aura of liberation. It is wrong to assume that serial music heralds total constraints and aleatoric music total freedom and that the latter carries the honours once the former has been discarded as a short-lived fashion. Serial compositional technique, regardless of the countless instrumental works of the genre, was created as an instrument with which the disproportionately more difficult requirements of electronic sound production could be met; and in this medium it has consistently led to aleatoric criteria which are not covered by the catchword "aleatoric music". The paper is an attempt to remind the reader that aleatoric moments are not understandable except as rationalizations of the serial system. This transition from serial permutation patterns to aleatoric fields is dictated by production technique in electronic music; freedom and constraint are merely the poles between which any musical activity is harnessed.



Gottfried Michael Koenig

## SERIELLE UND ALEATORISCHE VERFAHREN IN DER ELEKTRONISCHEN MUSIK

### I

Die Kompositionstechnik hat sich von seriellen Verfahren allmählich zu aleatorischen entwickelt. Als den Interpreten zum ersten Mal Freiheiten auf dem Podium eingeräumt wurden, konnte man sie für Spielarten des Seriellen halten oder glauben, dass die Komponisten des seriellen Zwanges überdrüssig geworden seien. Unbemerkt aber haben diese Freiheiten ins Bewusstsein der Komponisten sich eingesenkt und ihre seriellen Grundsätze erschüttert. Über die serielle Kompositionspraxis kann man heute kaum sprechen, ohne der aleatorische eingedenkt zu sein. Im folgenden soll der Versuch unternommen werden, auf die Beziehungen zwischen seriellen und aleatorischen Verfahren hinzuweisen. Nicht berücksichtigt werden dabei die Freiheiten der Interpretation, während andererseits - soweit Anlass besteht - darauf hingewiesen werden soll, in welcher Weise die kompositionstechnischen Verfahren die elektronische Klangproduktion beeinflussen oder von dieser beeinflusst werden. Wie in der Instrumentalmusik hat sich auch in der elektronischen das eine erst aus dem anderen entwickelt. Zu Beginn - ich beziehe mich dabei auf die Entwicklung im Kölner Studio, die ich aus eigener Anschauung kenne - stand das serielle Kompositionsverfahren im Mittelpunkt des Interesses, und das aus mehreren Gründen.

Erstens waren kurz zuvor die seriellen Verfahren aus der Dodekaphonie Schönbergs und Webers abgeleitet worden; und wenn die Reihentechnik dort auch auf Tonhöhen beschränkt blieb, so produzierte sie doch die Frage, ob sie nicht auch in den anderen musikalischen Dimensionen wie der Rhythmik, der Harmonik oder der Lautstärke eine gleichartige Ordnung einrichten liesse.

Zweitens stand man zu Beginn der elektronischen Musik vor unbekannten und ungeahnten technischen Möglichkeiten. Die elektrischen Instrumente, die bis zu diesem Zeitpunkt für die Rundfunktechnik entwickelt worden waren, verhiessen eine Fülle neuer Klänge, während doch

der Umgang mit ihnen sich als äusserst schwierig erwies. Um diese Vielfalt zu erforschen und Wege zu finden, mit den elektrischen Geräten nicht nur Musik zu machen, sondern die begonnene musikalische Entwicklung konsequent fortzusetzen, bedurfte es systematischer Arbeit; dieser aber kam nichts so sehr entgegen wie die ersten Funde der seriellen Kompositionstechnik auf dem Gebiet der Instrumentalmusik.

Drittens war das serielle Kompositionsverfahren in der Instrumentalmusik auf den Widerstand der Klangfarben gestossen. Während sich Tonhöhen, Dauern, Lautstärken ohne weiteres zu Reihen ordnen lassen, weisen die Klangfarben, wie sie das herkömmliche Orchester formieren, keine eindeutige Ordnung auf. Wohl aber wies die Tatsache, dass die Klangspektren der Melodieinstrumente aus diskreten Sinustönen bestehen und ihr Timbre aus der Proportionierung der Frequenzverhältnisse folgt, den Weg zur seriellen Klangkomposition in der elektronischen Musik. Man konnte auf diese Weise einerseits Klangfarben systematisch erzeugen und andererseits die seriellen Forderungen systematisch zum Zweck der Klangfarbenkomposition einsetzen.

Aus diesen Gründen ergab sich für den Anfang der elektronischen Musik eine serielle Konzeption, die mehr von Regelmässigkeit und Überschaubarkeit als von der Absicht diktiert war, komplizierte musikalische Sachverhalte zu verwirklichen. Man fand Gelegenheit, der klingenden Materie, gleichsam der Substanz des musikalischen Tones, auf den Grund zu gehen und diese mit den seriellen Kräften zu durchdringen. Kritiker haben an den ersten Stücken eine gewisse Monochromie wahrgenommen; sie waren darüber erstaunt, weil sie wohl neuartige, überraschende, schillernde Klangwirkungen erwartet hatten, die sich im Orchester nicht realisieren lassen. (Umgekehrt ist es für den Komponisten überraschend zu erfahren, was seine Hörer von ihm erwarten. Selbst jene, die seiner Musik als Rezensenten begegnen, wissen zuweilen mehr von dem zu berichten, was sie nicht gehört haben, als vom Werk selber.) Die Kritiker verkannten den systematischen Ansatzpunkt der elektronischen Musik; und auch heute noch, obwohl die Klangkomposition im elektronischen Studio raffinierter geworden ist, stehen systematische Prozeduren vielfach im Vordergrund, wenn auch die verschiedentlich erhobene Forderung nach gründlicher Klangforschung bislang nirgends ganz ernst genommen zu sein scheint.

Die seriellen Regeln beschränkten sich zu Beginn der elektronischen Musik auf zwei Gegenstände: auf den Klang als stationäre Farbe, die durch die Obertonverhältnisse charakterisiert ist, und auf den Zusammenhang solcher Klänge untereinander, soweit er durch verschiedene Dauern, Tonhöhenlagen, Lautstärken und Gruppierungen hergestellt wird, also durch Massnahmen, die aus der Instrumentalmusik bekannt waren. Auf eine einfache Formel gebracht, bestand der einzige Unterschied zur Instrumentalmusik darin, dass man in dieser die Klangfarben fertig vorfindet, während ihre Produktion im Studio sehr mühselig war und ihr synthetisches Timbre jene "Kultur" vermissen liess, die den Instrumentalklängen des Orchesters eignet. Auch die serielle Zusammenhangsbildung im Bereich der Lautstärken und Dauern erwies sich als weitaus schwieriger und unbequemer als in der Instrumentalmusik, wo es genügt, die Notenwerte aufzuschreiben, die dann von Sachverständigen, nämlich den Musikern, realisiert werden. Die misslichen Umstände im elektronischen Studio führten indes nicht zur Kapitulation, vielmehr verlockten sie die Komponisten, sie mit kompositorischen Mitteln zu überwinden: durch Verfeinerung der kompositorischen Verfahren und der technischen Produktionsweise. Der Klang, aus mehreren Sinustönen zusammengesetzt, ist starr, unmoduliert und wenig geeignet, differenzierteren Ansprüchen des Komponisten zu genügen. Die Hauptsorge galt daher dem Versuch, den elektronisch erzeugten Klang flexibel und modulationsreich zu machen, nicht etwa durch Angleichung an instrumentale Vorbilder, an den schmieg samen Klang eines Streich- oder Blasinstruments, sondern durch Auflösung des elektronisch erzeugten Klanges in möglichst kleine Partikel, die nicht nur gleichzeitig erklingen (wie im Sinustonspektrum) sondern auch ungleichzeitig, also nacheinander im Sinn von Tonfolgen, die aber so rasch verlaufen, dass sie dem Ohr als fliessende Bewegung erscheinen. Der elektronische Klang wurde nicht nur durch zusätzliche Teiltöne bereichert, sondern auch durch die Auflösung eines jeden Teiltones in eine zeitliche Folge verschiedener Tonhöhen. Dabei kam das Vorbild des "Zeitspektrums" zu Hilfe, einer Überlagerung verschiedener Perioden, die der Überlagerung verschieden hoher Sinustöne wörtlich oder sinngemäss entspricht. Diese Parallele der spektralen Anordnung der Teiltöne eines Klanges zu derjenigen verschieden schneller, regelmässiger Folgen.

von Zeitpunkten (im rhythmischen Bereich) half, das Wesen der Klangstruktur zu verstehen sowie Klang und Zeitverlauf kompositionstechnisch aufeinander zu beziehen. Man sprach in Anlehnung an den Begriff der Klangfarbe von der Zeitfarbe eines Klanges. Mit anderen Worten: die Geschmeidigkeit, die sich dem stationären Klang nicht verleihen liess, wurde in seiner zeitlichen Auflösung gefunden. Die Produktion solcher Klangstrukturen erwies sich als überaus zeitraubend, ausserdem ging das Mass an Präzision verloren, das im Übergang von der Mikro- zur Makrozeit gefordert wurde. Es zeigte sich weiterhin, dass die vielen Einzeltöne einer solchen Klangstruktur vom Ohr nicht mehr verfolgt werden können; was vielmehr sich ausprägt, ist die äussere Gestalt eines Tonschwarmes, sein Umriss. Hingegen lassen sich leicht aufwärtsstrebende Strukturen von abwärtsverlaufenden unterscheiden, ohne dass man sagen könnte, in welcher Weise die Einzeltöne der Strukturen angeordnet sind. Dasselbe gilt für die pauschale Definition von Lautstärken oder Klangfarben. Das führte zu der Frage, ob man nicht die Konturen selber als kompositorische Grössen einsetzen und den realen Verlauf der Einzeltöne dem Realisationsprozess überlassen könnte. Komponisten, die im elektronischen Studio zu arbeiten beginnen, sehen sich ja gezwungen, neue instrumentale Fertigkeiten zu erwerben, nämlich die Bedienung von elektrischen Geräten: des Magnetophons, des Generators, des Filters usw. Die Bedienung beschränkt sich nicht nur auf die Einstellung fester Werte, sondern erfordert häufig - wenn rasche Folgen verschiedener Werte verlangt werden - die virtuose Handhabung der Apparate. Hat man sich eine gewisse Geschicklichkeit darin erworben, fällt es nicht schwer, während der Tonbandaufnahme kompliziertere Bewegungen mit einem Drehknopf auszuführen. Diese folgen vorgezeichneten Kurven, die man solange wiederholt, bis das Ergebnis den Vorstellungen des Komponisten entspricht. Es handelt sich also um einen ganz gewöhnlichen Vorgang, der dazu führt, eine vorgestellte musikalische Gestalt auch wirklich zu erzeugen. Der Komponist tut das sonst nur auf dem Notenpapier, im Studio tut er es praktisch wie ein ausübender Musiker, der seine Partie solange übt, bis sie "sitzt". Diese gewissermassen instrumentale Behandlung der Studiogeräte hat den Vorteil, dass der Komponist einerseits sich beim Komponieren auf die Festlegung der wichtigsten Struktur-

merkmale beschränken kann, ohne eine Unzahl von Einzelwerten berechnen zu müssen, die dann doch nur im Gesamtergebnis so miteinander verschmelzen, dass sie als einzelne nicht wiedererkannt werden können; und dass er andererseits den gedachten Verlauf mit der Hand ausführt, gleichzeitig mit dem Ohr kontrolliert und durch die ständige Wechselwirkung von Ausführung und Kontrolle zu einer optimalen Version gelangt.

In diesem Übergang von stationären Klängen zu aufgelösten Klangstrukturen zeigt sich einerseits ein interpretatorisches Moment, andererseits ein aleatorisches. Das interpretatorische Moment besteht darin, dass der Komponist beim Komponieren Verlaufslinien, also Kurven, fixiert, die dem Studiotechniker – beziehungsweise dem Komponisten, wenn er sein Stück selber realisiert – ein symbolisches Muster für den tatsächlichen Verlauf der Ereignisse an die Hand gibt. Ähnliches gilt ja für die Notation der Instrumentalmusik, die nicht dem Musiker genaue technische Anweisungen liefert, wie er die Klänge zu realisieren habe, sondern nur symbolisch das Ergebnis andeutet, für das er einen technischen Modus erst finden muss. Wenn der Komponist nun die vorgezeichneten Verlaufslinien interpretiert, hält er verschiedene Versionen auf dem Tonband fest, um die beste unter ihnen später zu verwenden. Das aleatorische Moment hingegen besteht darin, dass die Verlaufslinie nur in groben Umrissen die gewünschte Form vorzeichnet, ohne Einzelwerte anzugeben, in deren Folge die Kurve schliesslich besteht. Die Interpretation nimmt aleatorische Züge an, weil der Versuch, durch eine Drehbewegung der Hand der Verlaufslinie zu folgen, mit der Einführung von Zufallsentscheidungen gleichbedeutend ist, und weil die mechanischen Schwierigkeiten, die das Gerät der Bewegung entgegensezten, und die Ungeschicklichkeit der Hand lediglich eine Wahrscheinlichkeit ermöglichen, das gewünschte Resultat zu treffen. Die verschiedenen Varianten, die der Komponist ausführt, sind nichts anderes als eine Streuung innerhalb gegebener Grenzen; diese verengen sich im Lauf der Zeit mit wachsender Geschicklichkeit des Komponisten oder Technikers.

Dieser Übergang von seriellen zu aleatorischen Formulierungen mag sich nicht in allen elektronischen Studios in gleicher Weise vollzogen haben. Selbst wenn er auf das Kölner Studio beschränkt sein sollte, liefert er doch ein anschauliches Beispiel dafür, wie aus seriellen Vorschriften allmählich aleatorische werden; denn die seriellen Vorschriften wurden im Lauf der Zeit so verwickelt, dass man komplizierte Strukturen, die auch weiterhin - wenn auch unrationell - aus punktuellen Einzelwerten hätten zusammengesetzt werden können, durch einen Umriss ersetzt werden mussten, der dann innerhalb interpretatorischer Freiheit realisiert wird. So erstaunlich dabei der gleichsam bruchlose Übergang von punktuell-seriellen zu aleatorischen Verfahren auch sein mag, darf man doch nicht vergessen, dass auch die Weiterentwicklung zur sogenannten Gruppenkomposition, die sich gleichzeitig in der Instrumentalmusik vollzog, den Einzelton mit der Tongruppe vermittelte. Man ist leicht geneigt, in serieller Ordnung und dem Chaos des Zufalls unüberbrückbare Gegensätze zu sehen. Hier jedenfalls gehen sie auf unerwartete Weise ineinander über; denn während die Resultate den aleatorischen Ergebnissen zumindest sehr nahe stehen, glaubt der Komponist noch seriell zu verfahren, indem er die Verlaufslinien zu Familien mit gemeinsamen Merkmalen zusammenstellt, aus ihnen Reihen bildet, die Reihen permutiert - also eine strenge Kontrolle ausübt. Diese allmähliche Ablösung der pauschal definierten Resultate von ihren seriellen Ursprüngen ist freilich nicht auf die elektronische Musik beschränkt. Ähnliche Vorgänge lassen sich in der Instrumentalmusik beobachten, sei es, dass den Musikern auf dem Podium gewisse Spielfreihheiten gewährt werden, sei es, dass der Komponist in seine Schreibtischarbeit aleatorische Entscheidungen hineinzieht. Ich möchte deshalb zunächst über das Verhältnis von seriellen zu aleatorischen Entscheidungen sprechen, ohne Rücksicht auf die praktische Anwendung auf instrumentale oder elektronische Mittel.

## II

Nach der Entqualifizierung des tonalen Materials zum chromatischen Total, aus dem Zwölftonreihen gebildet werden, fällt der "Reihe" dem Instrument der seriellen Technik, die Aufgabe der Stabilisierung zu. Das chromatische Total ist zwar nicht chaotisch, im Gegenteil folgt es erstens der Ordnung der Chromatik, und damit zweitens dem mathematischen Gesetz der zwölften Wurzel aus zwei. Als musikalisches Material indes ist es instabil. Was früher bestimmte Tonfolgen zusammenhielt, Rhythmik und Harmonik – um nur zwei Parameter zu nennen – entfällt in der chromatischen Leiter, die mit der harmonischen Ordnung auch des rhythmischen Gefügesermangelt. Wenn man aus ihren Tönen, indem man sie in eine Reihenfolge bringt, melodische Gebilde konstruiert, so fehlt ihnen der musikalische Sinn, den sie erst innerhalb des Musikstückes selber bekommen können durch das, was sie sind, und durch das, was aus ihnen wird. Zwölftonreihen entstehen nicht en passant beim Komponieren, vielmehr werden sie vorweg aufgestellt; die Reihe ist gewissermassen das aus dem Werk herausgelöste Thema, das verallgemeinerte, verselbständigte, substantielle Element der Komposition, welches seinen Sinn verliert, wenn man es aus der Komposition herausmontiert. Es gibt kein Thema an sich, nur die Funktion, die es innerhalb des Werkes hat. Häufig aber werden Zwölftonreihen ohne Kenntnis der Zusammenhänge, die sie stiften sollen, aufgestellt; das gilt etwa für Allintervallreihen, deren Ausarbeitung mühsam ist. Nach welchen Kriterien entscheidet der Komponist, wenn er eine Handvoll Reihen sich ausdenkt, um dann eine davon im Werk zu verwenden? Offensichtlich sind die Gesichtspunkte, nach denen eine Reihe ausserhalb eines Musikstückes beurteilt wird, nicht substantiell im Sinne der Funktion, die sie im Werk haben; es sind verallgemeinerte Regeln, gewissermassen eingefrorene Geschmacksreaktionen. Der Komponist hat wohl das Bedürfnis, wiederholte Reaktionsweisen sich bewusst zu machen, zu begründen, wieder und wieder zu verwenden, wodurch sie nach aussen hin den Charakter eines Reglements annehmen. Wenn ich also sagte, dass der Reihe die Aufgabe der Stabilisierung zufalle, dann vermöge jener abstrakten Ordnung, der man unterstellt, dass sie die aus Erfahrung gewonnenen ästhetischen Kriterien auf ihre einfachste und kürzeste Form bringe, sie gewissermassen konzentriere, so dass sich aus ihr im Verlauf

des Werkes jene Konstellationen herausziehen lassen, die es überhaupt erst konstituieren. Auch im Bereich der Rhythmik hatten sich früher schon Ordnungen etabliert (rhythmische Typen im geraden und ungeraden Takt, Unterteilung des Metrums in Halbe, Viertel, Achtel, Sechzehntel usw., rhythmische Konfigurationen, die die Musik bis in die Neuzeit hinein begleiten und am Zustandekommen des innigen Verhältnisses zwischen Publikum und sogenannter "klassischer Musik" vermutlich einen weit größeren Anteil haben als melodische Bildungen und tonale Harmonik); dennoch blieb der vollständige Zerfall eines Systems auf die Harmonik - also den Parameter der Tonhöhen - beschränkt, wohl deshalb, weil der Bereich des Rhythmischen bei weitem nicht so durchorganisiert worden war wie die tonale Harmonik. Es ist kein Zufall, dass die geschichtliche Entwicklung zur Dodekaphonie geführt hat, nicht etwa zu einem rhythmischen oder gar dynamischen System.

Zu beachten ist auch, dass allein der Tonhöhenbereich über eine ganz bestimmte Anzahl von Werten verfügt, nämlich zwölf Halbtöne in der Oktav, keiner mehr und keiner weniger. Als dann zu Beginn der seriellen Musik auch Dauern und Lautstärken der seriellen Kontrolle unterworfen wurden, war man sich möglicherweise gar nicht bewusst, dass die historische Entwicklung dafür keinen rechten Ansatz bot. Die Komponisten erstreben allerdings eher die totale Organisation des musikalischen Materials, für die es angeblich bei Anton Webern bereits Ansätze gibt, als eine behutsame Ablösung der tonalen Patina. Innerhalb der totalen Erfassung musikalischer Dimensionen, die überhaupt erst als solche definiert werden mussten, überlebt aber doch ein traditionelles Element, nämlich die festgefügte Reihenfolge musikalischer Größen, wie sie über Jahrhunderte hinweg als Thema oder Motiv der gesamten musikalischen Formenwelt zugrunde lag. In der Reihe west ein thematisches Wesen fort, sei es, dass bei Schönberg thematische Bildungen vielfach mit der Zwölftonreihe zusammenfielen, sei es, dass in der seriellen Musik die Verkettung einzelner Größen zu einer Reihenfolge jenen einen Sinn verleihen soll, gestiftet durch eine Ordnung, von der alle weiteren Ordnungen im Werk bloss abgeleitet werden.

In den Reihen der Tonhöhen - und in der totalen Erfassung des musikalischen Materials auch in denen der Dauern oder Lautstärken oder Klangfarben - wird das musikalische Material gewissermassen exponiert. Das wird deutlich auch in der Nomenklatur: die Reihe wird zunächst in ihrer "Originalgestalt" notiert, die dann verschiedenen Transformationen unterworfen wird; Umkehrung, Krebs und Krebs der Umkehrung sind Ableitungen, gewissermassen Variationen des Originals. Wenn man daran denkt, dass sich der musikalische Zusammenhang beim Hören durch die Wechselwirkung von Erinnerung und Erwartung bildet, dann bezieht sich die Erinnerung auf etwas, welches, wie immer es auch zu seiner Zeit im Fluss gewesen sein mag, durch die verkürzte Perspektive in seiner Bewegung innezuhalten scheint, sich verfestigt und, ob es das war oder nicht, einen thematischen Charakter annimmt. Was auch immer im Fortgang des Musikstückes erscheint, ist gleichzeitig seine eigene Exposition, die erstmalige Bekanntgabe eines musikalischen Zustandes, aus dem das Folgende sich herausspinnt, zu dem es in Gegensatz tritt, das aber auch ein Licht zurückwirft; entweder ist es ohnehin thematisches Material, das weiterhin entfaltet werden soll, oder es ist diese Entfaltung selber, auch dann aber - im jeweiligen Stadium - zum ersten Mal und damit Exposition dessen, was bis dahin nicht vorhanden war und nun als Neues eintritt. Das ganze Werk wäre eine einzige Exposition, wenn es nicht Partien gäbe, die eindeutig nicht-expositionellen Charakter haben: wörtliche Wiederholungen oder solche Verläufe, die sich deutlich als Veränderung, als Fortsetzung, als Weitergehen bemerkbar machen, nicht innehalten wie ein expositionelles Element, sondern selber sich bewegen anstatt Bewegung aus sich zu entlassen. Es scheint wichtig zu sein, beim Komponieren stets zu wissen, in welchem Stadium der Exposition man sich befindet; ob man exponiert oder zu einem schon Exponierten sich verhält. Wenn diese Unterscheidung dem Hörer nicht möglich ist, kommt es zu keinem Verständnis des Werkes.

Es steckt im Begriff der Exposition, dass das in ihr veröffentlichte Material verändert, durchgeführt, entwickelt, das heisst in seiner ursprünglichen Fixierung aufgelöst, aufgegeben werden soll. Die Reihe stellt nicht nur eine Ordnung, sondern gleichzeitig ein Beziehungs- system dar, an dem die Veränderungen abgelesen werden können,

die dieser Ordnung widerfahren sollen. Die ästhetische Moral der Komponisten lässt nicht zu, die nach handfesten Kriterien eingerichtete Ordnung, die sich als Reihe exponiert, willkürlich zu zerstören. Auch die Zerstörung nimmt regelmässige Züge an. Man nennt sie "Permutation"; Rezepte dafür wurden vor zehn Jahren etwa in Darmstadt (während der Kranichsteiner Ferienkurse) wie Briefmarken vorgezeigt und ausgetauscht. Aber nicht nur die Destruktion der Reihe, auch die Folge der verschiedenen Permutationen soll einem Gesetz unterstehen, das, wie auch die Permutationsregel, aus der exponierten Reihe abgeleitet wird. Insofern steckt in jeder Reihe gleichzeitig ihr eigenes Permutationsprogramm; die Kräfte der Auflösung, von zuschauenden Zeitgenossen meist ängstlich beobachtet, werden hier vom Komponisten planmässig installiert. Angesichts dieses Zwiespalts von exponierter Ordnung und ordentlicher Zerstörung weiss man nicht recht, welche Aufgabe die Reihe eigentlich hat.

Soll sie, gewissermassen als Ersatz für die verloren gegangene thematische Arbeit, durch die ständige Anwesenheit ihrer Ableitungen und Transpositionen, einen gleichsam unterirdischen Sinn stiften, der das Werk selbst dort noch zusammenhält, wo seine Oberflächengestalt Risse zeigt? Oder soll sie die ständige Veränderung eines Gegebenen lediglich in ein System bringen, damit nicht nur die festgefügte Form des Materials, die das ganze Werk durchzieht, vom Komponisten vorgeformt, sondern auch noch eine Maschinerie in Gang gesetzt wird, welche selbsttätig diese Veränderungen bewirkt? So viel ist klar: als quasithematische Substanz ist die Reihe nicht tauglich, da sie durch Permutationen ständig zerstört wird, so eng sie sich auch an die Orginalform halten mögen, wie konsequent auch das Permutationssystem sei; und als Permutationsprogramm versagt sie ebenfalls, weil die mannigfachen Ableitungen sich auf ein "Orginal" beziehen, das sich aber nicht, wie noch das Thema in der tonalen Musik, unüberhörbar und unvergesslich dem Hörer einprägt.

Der Terminus "serielle Musik" bezeichnet zwar nicht nur eine Musik, die mit Reihen operiert, sondern eine, in welcher Reihen eine besonders wichtige Rolle spielen; man denkt etwa an die Funktion, die ihnen in der

Dodekaphonie zufiel. Die Ausbreitung der Reihe auf alle Parameter scheint diese Funktion zumindest abgeschwächt, wenn nicht gänzlich aufgehoben zu haben; trotz aller Sorgsamkeit, die man der Aufstellung und der Permutation der Reihen zuwendet, vermögen sie nicht, aus dem unqualifizierten chromatischen Total so recht emporzutauchen. Selbst sorgfältig konstruierte serielle Zusammenhänge lassen häufig eine Rückführung auf die verwendeten Reihen und ihre Verknüpfungen nicht mehr zu. Nichtsdestoweniger entstehen trotz der Ununterscheidbarkeit der ins Werk gewobenen Reihen, ihrer Ableitungen und Permutationen, etwas wie formale Zellen, Konturen, unterscheidbare Einzelstückchen des formalen Verlaufs. Das ist kein Zufall, denn der Komponist kann während der Arbeit den Ablauf der Reihen, selbst wenn er mithilfe eines Systems festgelegt sein sollte, so lenken, dass die sonst wild wachsende Form, von einem seriellen Spalier gehalten, eine Art Gliederung aufweist, wenn diese auch nicht in ihren kausalen Zusammenhängen beim Hören begriffen wird; ein Zufall umso weniger, wenn, zur Bildung von formalen Einheiten, Gruppen dem Konzept der Komposition zugrunde liegen. Sobald man aber Reihen nur noch in Form von Zahlen anschreibt, offenbaren sie einen Aspekt, der verborgen bleibt, solange sie noch für vorweg bekannte Tonhöhen oder Klangfarben, Dauern oder Lautstärken aufgestellt werden: sie sind imstande, Mengen zu definieren. Dieser Begriff war der punktuellen Musik noch fremd; nicht zuletzt sollte das serielle Verfahren jegliche Wiederholung verhindern. Bezeichnet das Reihenelement, als Menge betrachtet, eine entsprechende Wiederholung, wird diese in das serielle Konzept, das sie strikt verboten hatte, wieder hereingeholt. Es entstehen Gruppen, die in vielfältigen seriellen Beziehungen stehen können. Die Folge der Elemente wird von der Menge abgelöst, die Reihe fungiert nur noch als Unterscheidungsmerkmal verschieden grosser und verschieden strukturierter Gruppen. Sie verzichtet noch auf die letzten Reste thematischer oder quasithematischer Aufgaben, sie exponiert sich nicht mehr als orginale oder abgeleitete Reihenfolge ihrer Elemente, sondern erzeugt "Ballungen", an denen die Unterschiedlichkeit der geballten Elemente viel stärker hervortritt als die Reihenfolge dieser Unterschiede, auch wenn diese durch eine Reihe noch geregelt sein sollte. Solche Ballungen lassen sich nun qualitativ beschreiben, obwohl die Reihen, die sie verursachten, nur

quantitativ unterscheidbare Elemente enthielten. Indem die Reihe sich gänzlich von thematischen Aufgaben befreit, führt sie geradewegs in - wenn auch nicht thematische - so doch strukturelle Beziehungen. Es genügt schliesslich, eine Reihe aufzustellen, deren Elemente nichts weiter als verschiedene Zustände beschreiben und damit die Funktionen, die diese in ihrem Verlauf haben; die Ausführung der verschiedenen Zustände kann dann irgendwelchen ad hoc aufgestellten Reihen überlassen werden, die im Ganzen des Werks keine Rolle spielen, vielmehr ganz und gar in der Aufgabe sich erschöpfen, einen bestimmten Zustand, eine Ballung zu charakterisieren. Die quantitativen Grössen bleiben zwar erhalten, nur verhallen sie nicht ungehört unter ihresgleichen, sondern schiessen zu verschieden grossen und verschieden gearteten Strukturen zusammen, die die Einzelquanten so in sich aufsaugen, dass nur die Gesamtgestalt dem Ohr sich einprägt.

Von den Permutationen einer Reihe wird meist nur geringer Gebrauch gemacht. Die Gesamtzahl der möglichen Permutationen,  $n!$ , lässt sich im Werk nicht unterbringen. Dadurch, dass eine bestimmte Permutationsregel befolgt wird, die aus der Gesamtzahl der möglichen Permutationen nur eine beschränkte Anzahl auswählt, und dadurch, dass die Permutationen häufig zyklisch verlaufen, indem bei Befolgung der Permutationsregel schliesslich die Orginalreihe wieder erscheint, beschreibt die Reihe samt ihren Permutationen ein mehr oder weniger grosses "Feld" in welchem die Permutationen verstreut sind. Schon die Reihe selber kann als ein solches Feld betrachtet werden, als ein gerastertes Feld, dessen mögliche Rasterpunkte vollzählig besetzt werden. Auch die Permutationen der Reihe fallen wieder auf die gleichen Rasterpunkte, so dass die Streuung sich lediglich auf die Folge der Reihenelemente bezieht, auf Kurvenform oder Gestalt der jeweiligen Reihe, nicht aber auf die Verteilung der Elemente auf Rasterpunkte, deren Gesamtzahl grösser ist als die Anzahl der Reihenelemente. Das Wiederholungsverbot der Dodekaphonie beschränkt sich auf die zwölf Halbtöne der Oktav; in der seriellen Technik beschränkt es sich auf die jeweilige Elementanzahl der Reihe. Sobald diese abgewickelt worden ist, treten notwendigerweise Wiederholungen ein.

Da die Reihen in der seriellen Kompositionstechnik durchweg aus nur wenigen Elementen bestehen, erfolgt die Wiederholung frühzeitig.

Im Fall der Multiplikationsreihe, die eine Gruppe erzeugen soll, ist das Wiederholungsverbot suspendiert; an seine Stelle tritt sogar ein Wiederholungsgebot, welches dafür sorgt, dass ein bestimmter Parameterzustand so oft sich wiederholt, wie das jeweilige Reihenelement - als Menge - angibt. Es erweist sich als zweckmässig, die Regeln zur Benutzung von Reihen und Permutationen als Auswahlregeln aufzufassen, die sich auf ein grösseres Reservoir an möglichen Elementen beziehen.

Legalisiert wird diese Auffassung durch die Entwicklung selber.

Wenn zum Beispiel die Oktavlage eines Tones der seriellen Kontrolle unterworfen wird, werden nicht sämtliche Oktavlagen ständig seriell gemischt; vielmehr wird eine Gruppenreihe als gliederndes Element einen variablen Ambitus im gesamten Frequenzbereich verschieben. Beträgt dieser beispielsweise sechs Oktaven und wird er zeitweilig auf drei Oktaven reduziert, so stellen die verbleibenden 36 Töne einen Ausschnitt aus dem grösseren Feld der 72 Töne dar. Hierin ist die Fixierung eines kleineren Feldes innerhalb eines grösseren vorgebildet, wie auch umgekehrt die Zwölftonreihe, zunächst innerhalb einer einzigen Oktav entworfen, später zu einem wesentlich grösseren Bereich, in dem das Stück sich abspielen soll, gewissermassen aufgeblasen wird. Wenn aus sechs Oktaven Gesamtumfang drei Oktaven ausgewählt werden, um einen Formteil zu charakterisieren, dann muss der verminderte Tonvorrat für sich wiederholt werden, die restlichen Oktaven bleiben unbenutzt. An die Stelle der Reihe tritt also ein Feld mit den Zuständen, die der jeweilige Parameter im jeweiligen Formteil annehmen kann. Das Feld ist Bestandteil einer Materialliste, welche sämtliche Werte beinhaltet, die der Komposition überhaupt zur Verfügung stehen. Aus dem Feld kann eine kleinere Materialmenge ausgelesen werden, die dann ihrerseits als Reihe für weitere Permutationen dient.

Wenn wir beobachten, dass die Reihe, deren thematische Ursprünge uns noch im Bewusstsein sind und die nun das entqualifizierte Material des chromatischen Totals stabilisieren soll, sich entfaltet, ihre Elemente aus ihrer ursprünglichen Fixierung entlässt und zu einem Feld sich weitet, das aus Rasterpunkten besteht; wenn wir weiterhin beobachten, dass einzelne

Rasterpunkte besetzt werden können, um aus ihnen eine Reihe und ihre Permutationen zu bilden, dass wir - mit anderen Worten - aus der Gesamtzahl der Rasterpunkte eine Auswahl treffen können, die jederzeit verringert oder erweitert werden, innerhalb des grösseren Feldes also verschoben werden kann: dann beobachten wir die musikalische Geschichte selber, wie sie sich in den Werken konkretisiert. Ob hierin eine notwendige Entwicklung zu sehen ist, die den im musikalischen Material angelegten Kräften folgt, oder ob wir unterstellen wollen, dass die Komponisten der Beschränkungen müde wurden, die sie sich innerhalb der punktuellen Phase der seriellen Musik selber auferlegt hatten: wir sind zu der Erkenntnis genötigt, dass die Reihe sich nach und nach in Konstellationen auflöst, die nicht mehr eine bestimmte Wendung im musikalischen Werk zum Gegenstand haben, sondern - als allgemeine Formel - Durchschnittswerte des ganzen Werken repräsentieren. Materialliste, Felder und Reihen beschreiben gewissermassen die Wahrscheinlichkeit, mit der ihre Elemente und Kombinationen im Werk anzutreffen sind. Schon die Zwölftonreihe wurde nicht ständig wiederholt, wohl aber mit grosser Wahrscheinlichkeit im Werk hier und da angetroffen oder in ihren Modi und Zerlegungen wiedererkannt. Die kompositionstechnischen Manipulationen, die eine Materialiste betreffen, sind andere als diejenigen, die sich auf eine Reihe richten. Denn die Materialiste wird nicht permutiert; sie erscheint nur in Auszügen, den Datenfeldern; die Felder sind variabel hinsichtlich Ambitus und Position, sie enthalten Rasterpunkte ohne vorgegebene Reihenfolge. Mit der Permutation entfällt auch die Reihe, deren Gegenstand diese ist. Sie lebt aber fort in den verschiedenartigen Kombinationen der Elemente eines Datenfeldes, nur folgen sie keiner strengen Regel wie die Permutationen einer Reihe. Wohl aber lassen sich Bedingungen formulieren, mit denen die Grösse des Datenfeldes, die Anzahl der Elemente ohne Wiederholung oder die der Wiederholung eines Elements geregelt werden. Ich möchte solche Bedingungen unter den Begriffen "Wiederholungsverbot" und "Wiederholungsgebot" zusammenfassen. Diese Feldoperationen rationalisieren Freiheiten, die nach und nach in die Reihe eindrangen. Diese lebt einzig fort als Spezialfall des Wiederholungsverbots, nämlich dann, wenn dieses auf alle Elemente des Datenfeldes sich erstreckt. Wenn das Datenfeld aber keine Reihen mehr liefert, denen thematische oder quasithematische Aufgaben zugeschrieben werden; wenn dadurch auch Permutationen überflüssig werden, die sich

nur auf Reihen beziehen können; dann unterliegt die Auswahl der Elemente aus dem Datenfeld Kriterien, die aleatorischer Natur sind oder doch den aleatorischen Kriterien sich vergleichen lassen. Über das Datenfeld regiert der Zufall, eingeschränkt durch Auswahlreihen und Wiederholungsverbote; am äussersten Ende erst erscheint - als Spezialfall - die Reihe in ihrer ursprünglichen Definition, die dann - als Spezialfall der aleatorischen Entscheidung - den Zyklus der Permutationen durchlaufen kann.

## III

Damit komme ich auf die elektronische Musik zurück. Ich sagte, dass ihre erste Phase ganz und gar dem Einfluss der seriellen Kompositionstechnik unterlag, und wies darauf hin, dass die elektronische Musik zunächst vor dem Problem der seriellen Erzeugung der Klangfarbe gestanden habe; es ging um einen Eingriff, den die Instrumentalmusik nicht gestattet, und über diesen Eingriff hinaus um den Aufbau aus elementaren Bestandteilen. Es wäre zwar falsch zu sagen, dass die elektronische Musik im Lauf ihrer Entwicklung dieses Ziel aus den Augen verloren habe und von der seriellen Darstellung der Klangfarbe zu anderen Problemen fortgeschritten sei; nach wie vor, würde ich meinen, steht die Konstitution der Klangfarbe nach kompositorischen Gesichtspunkten, neben vielen anderen Unternehmungen freilich, im Zentrum der elektronischen Arbeit. Aber der erste Ansatz, Klangfarben allein aus Sinustönen zusammenzusetzen, wurde natürlich verlassen. Auch den Komponisten fiel die Monochromie der elektronischen Klänge auf, und sie versuchten mit mannigfachen Mitteln, sie farbig, beweglich und variabel zu machen. Man begann, das weisse Rauschen und Impulse zu filtern, man begann, die elektronischen Klänge durch Hallräume zu schicken, sie verschiedenartigen Modulationen zu unterwerfen, sie zu transponieren, sie in Stücke zu schneiden, kurzum: sie derartig zu transformieren, dass am Ende solcher Transformationsprozesse das ursprüngliche Material nicht mehr zu erkennen war. Darüber ging übrigens auch die physikalische Kontrolle des Schwingungsverlaufs verloren, auf die man zu Beginn der elektronischen Musik sehr stolz gewesen war. Obwohl Ringmodulatoren, Transponiermaschinen, Hallräume mit veränderlicher Nachhallzeit, Zer-

hacker, Dynamikfilter und dergleichen in der Instrumentalmusik gänzlich unbekannt sind, vielmehr die eigentümliche Klang- und Produktionswelt der elektronischen Musik konstituieren, trat gerade an ihnen, ein instrumentaler Aspekt zutage. Solange man elektronische Klänge, nach dem Vorbild der Instrumentalfarben, aus Sinustönen zusammensetzt, kann man, trotz serieller Gesichtspunkte bei der Auswahl und Anordnung, den resultierenden Klang sich vorstellen ohne auf grosse Überraschungen gefasst sein zu müssen. Unterwirft man die Klänge sodann den eben genannten Transformationen, lässt sich das Resultat kaum voraussehen. Erst das Experiment zeigt dem Komponisten, ob die gewünschte Transformation ein brauchbares Ergebnis liefert, oder welche Transformationen nötig sind, um den vorgestellten Klang zu produzieren. Das heisst: die serielle Verknüpfungsvorschrift garantiert keinen bestimmten Klang, sie schreibt höchstens den Verlauf eines Experiments vor. Der Komponist probiert, bis er eine Klanggestalt findet, die in sein musikalisches Konzept hineinpasst. Das hindert ihn nicht, die verschiedenen Transformationsinstrumente des elektronischen Studios wie Orchesterinstrumente zu behandeln: sie als Glieder einer Reihe anzusehen. Auf diese Weise kann man die Reihenfolge der Transformationen seriell regulieren, auch die Anzahl der Transformationen, denen ein Klang unterworfen werden soll. An die Stelle der präzisen Klangbeschreibung tritt die Beschreibung der Arbeitsvorgänge. Aber während die Arbeit im Studio weiterhin an Vorschriften sich hält, die aus Reihen und ihren Permutationen herausgelesen werden, unterliegt der Klang jedoch einer gewissen Variationsbreite. Während der Komponist noch glaubt, seriell zu verfahren, nehmen die Resultate einen aleatorischen Charakter an, weil die elektrischen Geräte nicht mit der Genauigkeit eingestellt werden können, mit der solche Einstellungen auf dem Papier, also in der Notation elektronischer Musik, verlangt werden: Ich sprach von Verlaufslinien um anzudeuten, dass ihre Ausführung gleichsam eine Interpretation darstellte und dass die verschiedenen Versuche, die man unternimmt, um die vorgezeichnete Verlaufslinie exakt abzubilden, Streuwerte innerhalb eines aleatorischen Feldes seien. Das ist freilich kein aleatorischer Prozess im strengen Sinn. Man müsste, um die Verlaufslinie wirklich aleatorisch zu steuern, einen neutralen Mitarbeiter, am besten einen gut funktionierenden Apparat, heranziehen, und der Komponist müsste das

Resultat, das dann innerhalb eines gegebenen Feldes liegt, akzeptieren. Da er aber selber als *nichtneutraler* Mitarbeiter eine ganze Serie von Versuchen unternimmt und dasjenige Resultat, das der vorgezeichneten Verlaufslinie am nächsten kommt, auswählt, fungiert er eher als Interpret denn als Zufallsgenerator. Wenn aber, um ein anderes Beispiel zu geben, die elektronische Partitur eine Filterung zwischen angegebenen Grenzen vorschreibt und der Klang durch das entsprechend eingestellte Filter geschickt wird, ist es unnötig, mehrere Versuche zu unternehmen, da die Resultate untereinander gleich wären; nichtsdestoweniger lässt sich das Resultat nur durch die Aktion beschreiben, nicht aber in seiner tatsächlichen Beschaffenheit; der Komponist kennt die Eigenschaften des Filters nicht, er kann weder die Flankensteilheit noch mögliche Iterationseffekte in Rechnung stellen. Es schleicht sich trotz serieller Kontrolle der Arbeitsgänge ein aleatorisches Moment ein.

Auch wird heutzutage kaum ein Komponist noch der Mühe sich unterziehen, elektronische Klänge lediglich aus Sinustönen oder aus solchen Elementen zusammenzusetzen, die der seriellen Kontrolle in keinem Augenblick entgleiten. Die aufgewandte Mühe steht in keinem rechten Verhältnis zu den Resultaten. Solange das elementare Material im Bereich der Makrozeit, das heisst, der rhythmischen Vorgänge bleibt, verschmelzen die Einzeltöne nicht zu einer fliessenden Farbbewegung. Andererseits gelangt man mithilfe des Bandschnitts nicht in jene Bereiche der Mikrozeit, in der allein dem Klang die volle Flexibilität verliehen werden kann. (Das ist erst in der Klangproduktion mit einem Computer möglich.) Der Komponist sucht heute Klänge, die nicht nur neuartig in ihrer Wirkung sind, sondern auch ohne grossen Zeitaufwand hergestellt werden können. Während man zu Beginn der elektronischen Musik nach der möglichen Übereinstimmung zwischen seriellen Verfahren und möglichst elementaren Klangvorgängen suchte, sucht man heute eher nach Verfahren, die in möglichst kurzer Zeit möglichst komplexe Klangvorgänge ermöglichen, und das führt auf einen empirischen Weg. Die Komponisten lassen sich mehr von einer allgemeineren Klangvorstellung leiten und versuchen dann, durch mannigfache Kombinationen der Studiogeräte

ihr gerecht zu werden. Es liegt im Zug der empirischen Arbeitsweise, dass der Komponist auch ohne vorgefasste Klangvorstellung von dem sich leiten lässt, was er, im Studio experimentierend, an Klängen findet, um dieses Material dann zu sortieren, zu ordnen und – nach mehr oder weniger seriellen Gesichtspunkten – zum Stück zu vereinigen. Diese mehr improvisatorische Produktionsweise hat durchaus ihr Recht; aber auch sie lässt sich aleatorischen Verfahren noch vergleichen, wenn wir unter Aleatorik das Spiel des Zufalls innerhalb gegebener Grenzen verstehen. Diese bestehen für den improvisierenden Komponisten in seinen eigenen musikalischen Voraussetzungen: seiner Phantasie, seinem Geschick, seinem Geschmack, andererseits in den technischen Einrichtungen des Studios. Alles im allem reicht die Studiopraxis heute von seriellen Konstruktionen aus Sinustönen oder möglichst einfachen und überschaubaren Klangvorgängen über die quasi-instrumentale Verwendung der Studiogeräte bis hin zur Klang-Improvisation, so dass sich kaum im heutigen Stadium der elektronische Musik eine deutliche Grenze zwischen seriellen und nicht-seriellen Verfahren ziehen lässt. Während sich die seriellen in Werken wie auch in der theoretischen Diskussion niedergeschlagen haben (die improvisatorische Arbeitsweise bedarf der theoretischen Begründung nicht), haben sich kaum Ansätze zu einer aleatorischen Technik in der musikalischen Theorie gezeigt, obwohl, wie wir gesehen haben, schon die seriellen, wieviel mehr dann die improvisierenden Methoden, von den Einwirkungen des Zufalls durchdrungen sind. Da aber, ob man für Orchesterinstrumente oder elektronische Klangmittel komponiert, die Frage nach der satztechnischen Methode nicht ohne Interesse ist, sollte man versuchen, die Möglichkeiten der aleatorischen Kompositionstechnik in eine Ordnung zu bringen, die sowohl den Ansprüchen an eine Theorie der Komposition genügt, als auch die Regeln des seriellen Systems in sich aufnimmt. Der Verdacht, ein solcher Versuch wolle die Ordnung um ihrer selbst willen inthronisieren und dem Komponisten ein kompositorisches System aufdrängen, welches sich anheischig macht, die Vielfalt der musikalischen Verknüpfungsmöglichkeiten zu beherrschen und ausserdem noch einen sauberen "Satz" zu garantieren, dürfte angesichts des Zufalls, von dem allein hier die Rede ist, leicht zu beschwichtigen sein. Wenn ich auf Möglichkeiten hinweise, eine gewisse Ordnung in die aleatorischen (einschliesslich der seriellen) Verfahren

zu bringen, die einen sicheren und stets kontrollierten Überblick über die Grenzen, in denen der Zufall spielt, verheissen soll, dann kann es sich nur um die ersten Andeutungen handeln, für die ich mit meinen eigenen Erfahrungen und Untersuchungen einstehen muss. Es bedarf für aleatorische Kompositionsmethoden eines neutralen Ausführen- den, der sehr schwierigen Forderungen zu folgen vermag und bei Zu- fallsentscheidungen durch keinen persönlichen musikalischen Geschmack behindert ist. Es handelt sich, wohlgernekt, nicht um einen ausführen- den Interpreten, sondern um eine Instanz, die imstande ist, innerhalb der Datenfelder und der Bedingungen ihrer Auswertung den allgemeinen, vom Komponisten formulierten, Vorschriften zu folgen, die das musi- kalische Projekt realisiert, gewissermassen zuende komponiert. Eine solche Instanz finden wir in elektronischen Datenverarbeitungsanlagen.

Computer mögen erforderlich sein, um schwierigen Fragen der Komposi- tionstheorie zu Leibe zu rücken; und wenn man versucht, kompositorische Aufgabenstellungen von Computern bearbeiten zu lassen, zeigt sich, dass die Maschine zu gewissen Konsequenzen zwingt, die sich aus der Aufgabe von selbst nicht ergeben. Zwischen Komponist und Computer spielt sich ein Verhältnis ein, in welchem die kompositionstheoretischen Probleme ebenso gut aufgehoben sind wie die verfahrenstechnischen Aufgaben, die der Kom- ponist sich stellt. Der Computer ist weder intelligenter noch musika- lischer als der Komponist, seine Fähigkeiten sind sogar ausserordentlich gering, dafür ist er unvorstellbar schnell in der Ausführung der gestellten Aufgaben. Seine Verwendung hat also nur dann Sinn, wenn die Lösung der Aufgabe ohne ihn zuviel Zeit in Anspruch nehmen würde oder wenn unter einer sehr grossen Anzahl von Möglichkeiten eine Entscheidung getroffen werden soll, sei sie von komplizierten Voraussetzungen, die sich aus dem Verlauf des Stücks ergeben, abhängig oder vom Spiel des Zufalls. Rein serielle Pro- bleme, wie sie aus der punktuellen Phase oder der Gruppenkomposition bekannt sind, eignen sich weniger für einen Computer, da ihre Planmässig- keit vom Komponisten schneller bewältigt werden kann als von einem Program- mierer. Für den grossen Bereich der aleatorischen Kompositionsweise ist der Computer hingegen ein sehr brauchbares Hilfsinstrument. Sobald es gelingt,

das kompositorische Problem in Zahlenwerte und Zähloperationen aufzgliedern, lässt es sich auch in die Form eines Programms bringen. Auf sehr elegante Weise kann man über Datenfelder, Wiederholungsverbote und Zufallsentscheidungen verfügen, die sich in beweglichen Grenzen abspielen dürfen. Durch die kontinuierliche Erweiterung oder Verengung von Wiederholungsverboten stösst man immer wieder auf die vertrauten seriellen Bedingungen, so dass man leicht zu der Überzeugung gelangt, die seriellen Verfahren seien nur Spezialfälle der allgemeineren aleatorischen. Auch der Bereich der Permutationen lässt sich gut beherrschen, wobei sich herausstellt, dass die Permutation unter die mannigfachen Ordnungssysteme fällt, mit denen man es beim Komponieren ohnedies zu tun hat. Das ständige Ineinanderwirken von Permutationsprogramm und Zufallsentscheidung, das Spiel der Werte in enger oder weiter gezogenen Grenzen, das Aufstellen, Anfüllen und Löschen von Verbotsregistern eröffnet dem Komponisten einen weiten Horizont der kompositionstechnischen Möglichkeiten, die von einem Computer weitaus rationeller und rascher durchgearbeitet werden können, als der Komponist am Schreibtisch es vermöchte. Den fortgeschrittenen Studenten im Konservatorium und im elektronischen Studio sollte man in Zukunft Gelegenheit geben, kompositorische Probleme für einen Computer zu programmieren. Im elektronischen Studio würde ein Computer sehr nützlich sein, um Daten zu berechnen, Synchronisationspläne aufzustellen und die fertige elektronische Partitur auszudrucken, zumindest die Arbeitsanweisungen für den Studiotechniker in gedruckter Form auszuliefern.

## IV

Leider lässt sich in diesem Rahmen das Verhältnis von seriellen zu aleatorischen Kompositionsverfahren weder in Einzelheiten erläutern noch in allgemeine Sätze bringen, die einer gründlichen Beweisführung bedurft hätten. So viel aber mag deutlich geworden sein, dass die serielle Kompositionstechnik kein derart in sich abgeschlossenes Gebiet ist, wie man meinen könnte. Sie beruht freilich auf einer grossen Anzahl handwerklicher Vorschriften, die gewissermassen die ästhetischen Reaktionsweisen der jungen Komponisten nach dem letzten Krieg aufgefangen haben; ohne dass an den musikalischen Ausbildungsstätten ein regelrechter Unterricht etabliert worden wäre, haben sie sich unter der

Hand verbreitet. Selbst in Ferienkursen, die sich den neuesten musikalischen Entwicklungen widmen, wie in Bilthoven oder in Darmstadt, wird kein methodischer Unterricht in dieser Disziplin erteilt, vielmehr bringen die Teilnehmer ihre seriellen Partituren mit, um sie aufzuführen zu lassen oder den älteren Kollegen zur Kritik vorzulegen. Die sogenannten Regeln der seriellen Kompositionsmethode sind aber noch kaum darauf untersucht worden, inwieweit sie den in sie gesetzten Erwartungen gerecht werden, das heisst, ob sie wirklich jene integrale Ordnung innerhalb des Kunstwerks stiften, die das heutige musikalische Bewusstsein fordert. Die kritische Frage nach dem Verhältnis von Komponiersystem und erlebbarer Ordnung im Werk würde sich als zu Recht gestellt erweisen, wenn man die vielen angeblich seriellen Werke genau analysierte. Es würde sich zeigen, dass nicht nur das Wenigste den seriellen Kriterien genügt, sondern dass das Bedürfnis nach Ordnung schlechthin über die sinnvolle Ausformung musikalischer Gestalten triumphiert. So kontrovers die Frage nach dem musikalischen Sinn auch sein mag, darf man doch vermuten, dass er nicht sich einstellt, wenn den seriellen Vorschriften, die ihn garantieren sollen und solange man ihnen blind vertraut, zutiefst ein aleatorisches Moment innewohnt. Wenn wir den Weg der musikalischen Aufklärung, der Rationalisierung des Ausdrucks weitergehen wollen, müssen wir uns ernsthaft fragen, ob die serielle Kompositionswise nicht einer Korrektur bedarf. Es gilt, das Verhältnis des Komponisten zu seinem Material neu zu analysieren, und dafür könnte der Computer eine nützliche Hilfe leisten.

Dafür zum Schluss ein Beispiel. Angenommen, der Komponist wolle eine kompliziertere Struktur komponieren, von der sich folgendes aussagen lässt:

- 1.) Sie setzt sich aus vielfältigen und variablen Werten zusammen, von denen dahinstehen mag, ob sie seriell organisiert oder vom Zufall gefunden werden sollen.
- 2.) Die Bedingungen, unter denen die Werte zusammentreten, sind so kompliziert, dass der Komponist das Resultat nicht vorauszusehen vermag.
- 3.) Der Komponist möchte sich nicht auf einen bestimmten Verlauf

endgültig festlegen, sondern von Entscheidungsfreiheiten Gebrauch machen, so dass auch die Variationsbreite der möglichen Resultate unbekannt ist.

Zunächst müsste man Materialisten, Bedingungen und Freiheitsgrade dieser Struktur programmieren und vom Computer eine ganze Reihe verschiedener Resultate ausrechnen lassen. Da der Unterschied zwischen seriellen und Zufallsentscheidungen das Programm nur in Details affiziert und es ausserdem so allgemein formuliert werden kann, dass es auch für andere Augaben dieser Art brauchbar ist, ergibt sich ein vernünftiges Verhältnis zwischen der Zeit, die man zur Ausarbeitung des Programms bedarf, und der Fülle der erreichbaren Resultate.

Zum Zweck einer kompositionstheoretischen Untersuchung würde der Komponist nun die verschiedenen Ergebnisse miteinander vergleichen, erstens die seriellen, zweitens die aleatorischen Varianten, drittens die seriellen mit den aleatorischen. Es würde sich zeigen, wie gross die Variationsbreite innerhalb der beiden Kategorien ist, die der Komponist theoretisch kaum berechnen kann, da es sich nicht nur um die Streuung von Zahlenwerten handelt, die ja immer wieder in voraus bekannten Feldern liegen, sondern um die ästhetische Bewertung einer musikalischen Kunstform. Darüber hinaus könnte untersucht werden, in welcher Weise die seriellen von den aleatorischen Varianten sich abheben, ob die Differenzen etwa so gering sind, dass den - im traditionellen Sinn - seriellen Forderungen ohne weiteres aleatorische Verfahren der Ausarbeitung sich substituieren lassen. Dieser Vergleich der Resultate ist natürlich äusserst schwierig, wenn man sämtliche Einzeldaten vom Computer ausdrucken lässt; man müsste sie erst in die übliche Notenschrift übertragen. Besser wäre es, zum Zweck des Vergleichs der Resultate nur die wichtigsten Parameter zu berücksichtigen und ein spezielles Druckprogramm auszuarbeiten, welches den Verlauf dieser Parameter in die Form von Diagrammen bringt, die sich ohne Mühe und ohne Transkription auswerten lassen. Wenn es sich hingegen statt einer kompositionstheoretischen Untersuchung um die Komposition eines Stücks handelt, könnte der Komponist in der eben beschriebenen Weise verfahren, dann aber aus den berechneten Varianten diejenige heraussuchen, die seinen musikalischen Ansprüchen genügt. Er würde das Druckprogramm, das bis dahin nur Diagramme

lieferte, gegen ein anderes austauschen, das nun sämtliche Einzeldaten der gewählten Struktur auswirft. Dabei taucht eine Schwierigkeit auf, die sich aber leicht beheben lässt. Wenn nämlich aleatorische Vorgänge herangezogen wurden, müsste ja nun zur Ausarbeitung der endgültigen kompositorischen Daten eine bestimmte Serie der Zufallszahlen reproduziert werden. Das ist möglich, wenn man anstelle eines echten Zufallsgenerators (beispielsweise eines radioaktiven Präparats oder eines weissen Rauschens) einen mathematischen "Zufallsgenerator" einsetzt, der gleichmässig verteilte Zahlen erzeugt; der Komponist kann dann den Modus dieser Erzeugung selber bestimmen, jederzeit kontrollieren und infolge dessen auch wiederholen.



David Johnson

### A VOLTAGE CONTROLLED SEQUENCER

The voltage controlled sequencer to be described was developed and realised by the technical service of the Institute of Sonology at the State University of Utrecht. It was completed in March 1971, and is now in operation in the studio.

The device consists of a set of twelve electronically operated relay switches which pass an audio signal when and only when the value of a control voltage falls within a voltage range defined by two reference voltages. Various reference voltage ranges can be chosen individually for each of the twelve units; the control voltage is applied to all simultaneously.

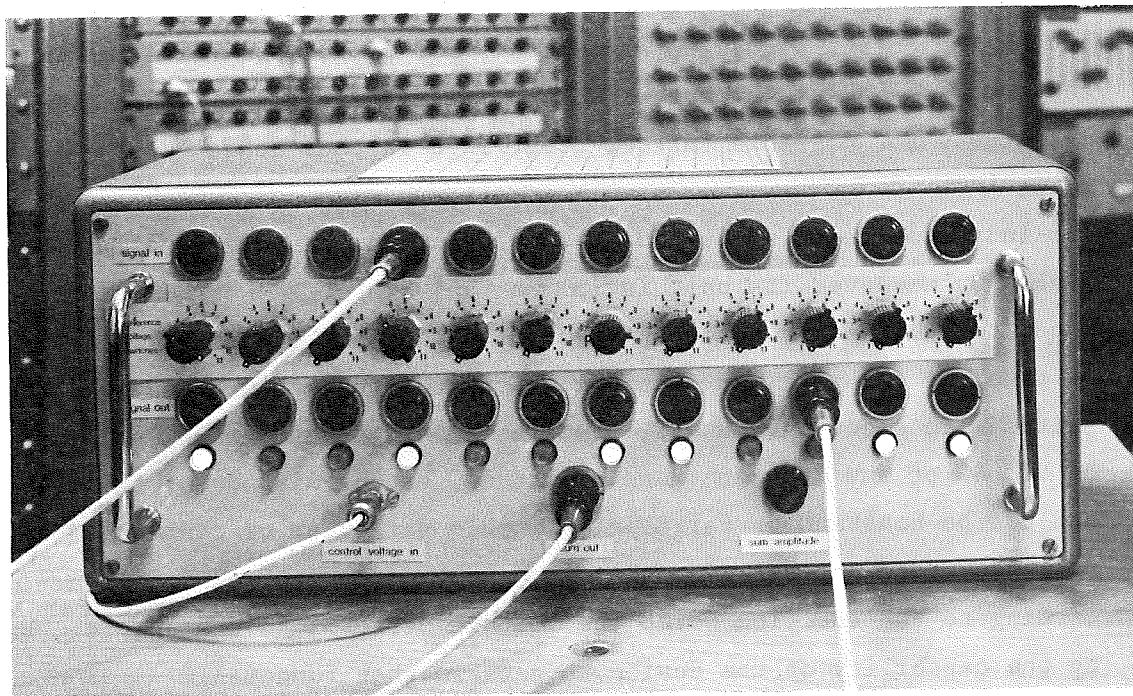


Photo of front panel of voltage controlled sequencer.

Operation: On the front panel (photo on p.119) are to be found for each of the twelve units a signal input socket, a reference voltage range selector switch, a signal output socket and an indicator lamp.

At the bottom of the panel are the common control-voltage input, sum signal output, and sum signal amplitude control.

The signal inputs are disconnect sockets wired in circular series from left to right, so that a signal applied at any input appears also at all successive inputs until interrupted by plugging in another signal. Thus, the distribution of from one to twelve input signals to the twelve units is easily accomplished.

Each reference voltage switch has eleven positions.

The ranges are normed in half-volt increments between 0V and +5V. The "always on" (0V - 5V) and "always off" (negatively biased 3V - 2,5V) ranges are available on every switch. The remaining possible 54 ranges appear twice each in the total scheme, naturally on different switches.

For details of the distribution, see table on p. 121.

The signal outputs are disconnect sockets with respect to the sum output; an output signal appears at *sum out* if and only if it is not taken at its individual output socket. Flexibility in distribution of outputs for possible further treatments is thus achieved by simple means.

The indicator lamps are wired in parallel with the relays; a lamp lights up whenever its unit is in the "on" state.

A control voltage is to be applied to its socket. The definition of same has occupied many musicologists and students who concern themselves with electronic music, since the voltage itself can in principle be DC, AC of any frequency and amplitude, or any mixture of these, and can be constant or variable. Sensible selection of control voltages must therefore be determined for each voltage-controlled device according to the function which the voltage performs in that device, and by the capability of the device to perform that function.

signal in    signal out    control voltage in    sum out    sum amplitude  
 reference voltages

switch position	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1 0 -0,5	0,5 -1,0	1,0 -1,5	1,5 -2,0	2,0 -2,5	2,5 -3,0	3,0 -3,5	3,5 -4,0	4,0 -4,5	4,5 -5	0 -4,5	0,5 -5	1
2 0 -1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,0	-4,5	-5	0 -4,0	0,5 -	1,0 -	2
3 0 -1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,0	-4,5	-5	0 -3,5	0,5 -	1,0 -	1,5 -	3
4 0 -2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,0	-4,5	-5	0 -3,0	0,5 -	1,0 -	1,5 -	2,0 -	4
5 0 -2,5	-3,0	-3,5	-4,0	-4,5	-5	0 -2,5	0,5 -	1,0 -	1,5 -	2,0 -	2,5 -	5
6 0 -3,0	-3,5	-4,0	-4,5	-5	0 -2,0	0,5 -	1,0 -	1,5 -	2,0 -	2,5 -	3,0 -	6
7 0 -3,5	-4,0	-4,5	-5	0 -1,5	0,5 -	1,0 -	1,5 -	2,0 -	2,5 -	3,0 -	3,5 -	7
8 0 -4,0	-4,5	-5	0 -1,0	0,5 -	1,0 -	1,5 -	2,0 -	2,5 -	3,0 -	3,5 -	4,0 -	8
9 0 4,5	-5	0 -0,5	0,5 -	1,0 -	1,5 -	2,0 -	2,5 -	3,0 -	3,5 -	4,0 -	4,5 -	9
10 0 -5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
11 Off	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

Table showing distribution of reference voltage ranges among the selector switches.

In determining what sort of voltages to use to control the sequencer being discussed, two limitations should be kept in mind: 1) the active region of the control voltage, i.e., the range in which it is capable of operating the switches, is 0V to +5V, and 2) the mechanical reed-relays used do not operate well at frequencies greater than about 50Hz. Thus, the control voltage should fall mainly between 0V and +5V, and its AC component should fall mainly in the sub-audio frequency region.

Naming the instrument: It is now seen that the name "sequencer" denotes here a somewhat different instrument than those found under that name in some other studios. For one thing, the "sequence" here is determined entirely by the control voltage and the selector switch settings; there is no sequence "built in" to the instrument. Secondly, the term "sequence" is better applied in this case to beginnings and endings of events than to the events themselves, since any number of events between 0 and 12 may appear simultaneously; i.e., overlapping the events, rather than strictly sequencing them, is a perfectly legitimate use of the instrument.

Uses: Uses of the sequencer in a studio are too numerous and dependent on other equipment available in a given studio to be discussed in detail here.

A few general examples:

1. A single input signal is sequenced and distributed to several filters, modulators, and/or different channels of a multi-channel tape-recorder. Control voltage may be a low frequency sine wave.

2. Several input signals are sequenced with various degrees of overlapping, and are mixed at the sum output to form a complex signal of varying content.

Control voltage may come from a variable function generator.

3. A control voltage may be obtained from an audio signal using an amplitude demodulator (=envelope follower) or frequency demodulator (=pitch to voltage converter).

The audio signal from which the voltage is derived is then itself sent through the sequencer to be switched and distributed according to its own amplitude or frequency.

Countless other possibilities are left up to the composer's fantasy.

## ELECTRONICS

### Electronic switching unit (circuit diagram on p. 124):

A description of the voltage-sensitive switch used, by its designer J. Scherpenisse, has been published in Dutch in *Radio Electronica*, January 1, 1971, p.14, under the title "Spanningsgevoelige schakelaar". The following is translated and adapted from his description:

" A voltage  $V_{in}$ , whose DC value lies between two previously chosen reference voltages  $V_1$  and  $V_2$ , closes a relay. If  $V_{in}$  goes outside the chosen range, the relay opens. By using a number of these circuits coupled with a programmable DC voltage source, audio signals may be switched on and off according to a predetermined program.

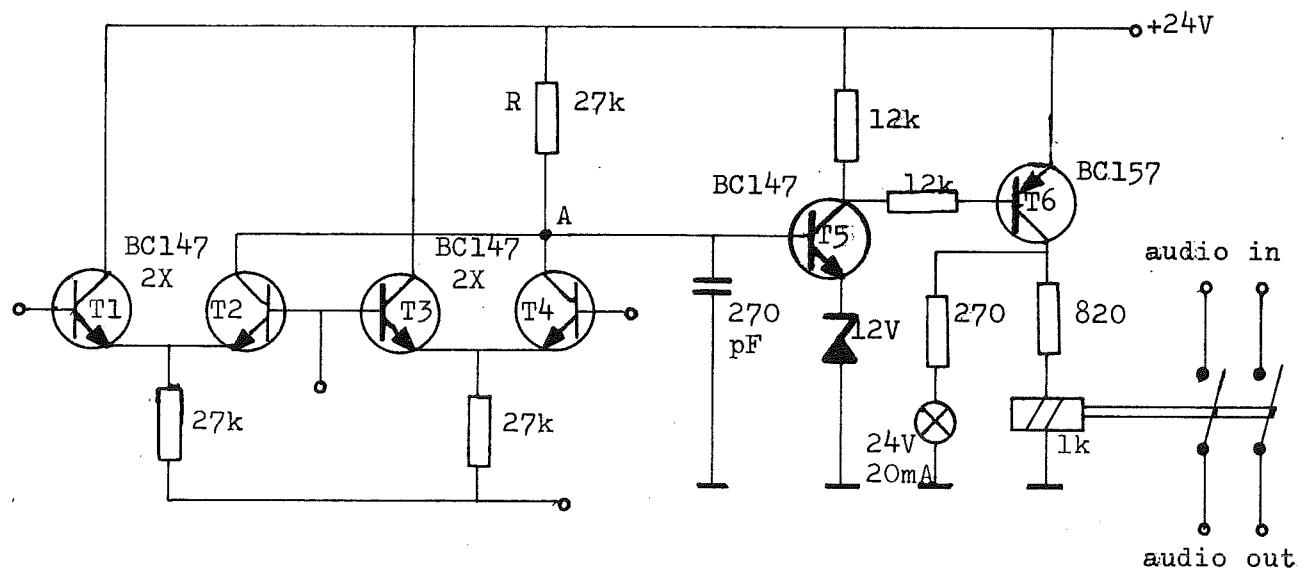
" The circuit contains two so-called long-tailed pairs, in which one transistor of each pair is connected to  $V_{in}$ , and the other is supplied with the lower resp. upper boundary value of the chosen reference voltage range,  $V_1$  resp.  $V_2$ .

" When  $V_{in}$  is lower than  $V_1$ ,  $T_4$  conducts, causing a voltage drop across the collector resistor R; the voltage at point A is then low. In this state,  $V_{in}$  is of course also lower than  $V_2$ , so  $T_2$  remains cut off, and  $T_1$  conducts.

When  $V_{in}$  is higher than  $V_1$  but lower than  $V_2$ ,  $T_1$  and  $T_3$  conduct, but  $T_2$  and  $T_4$  are cut off. Since there is then no voltage drop across R, point A becomes quite positive. If  $V_{in}$  now becomes higher than  $V_2$  (and  $V_1$ ),  $T_2$  will conduct, and so the voltage at point A will drop once more.

" Thus it is seen that only when  $V_1 < V_{in} < V_2$  will point A go positive, and it is this voltage which is used to trigger the relay.

ELECTRONIC SWITCHING CIRCUIT



Circuits of the voltage-sensitive electronic switching unit, and of the paths followed by audio signals in the sequencer.

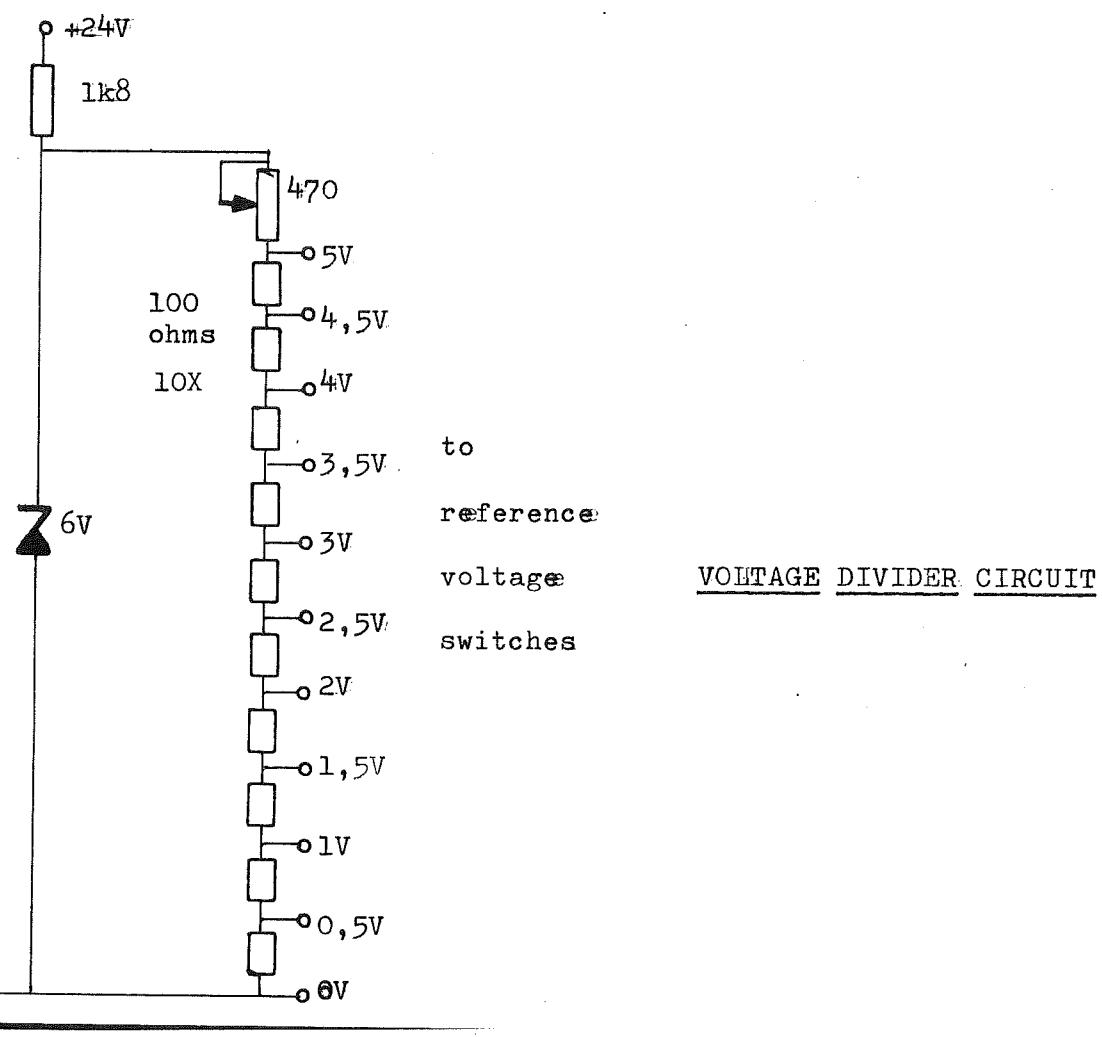
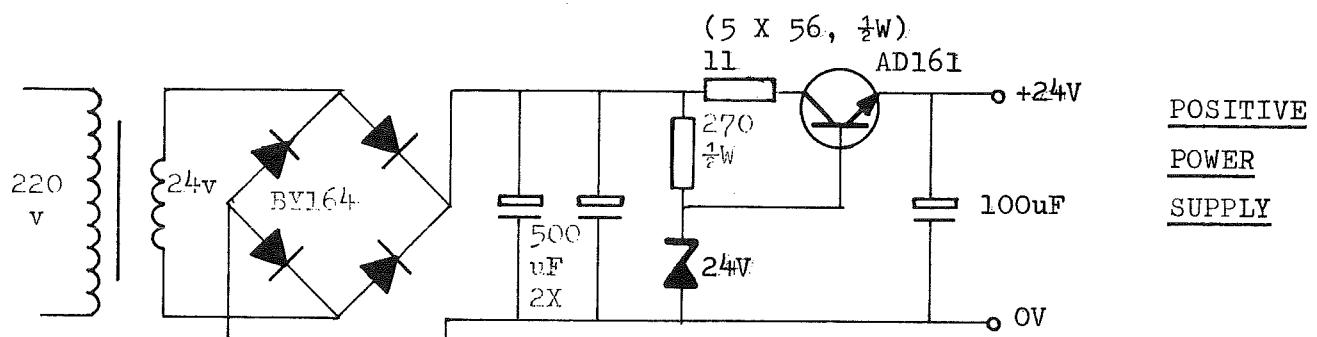
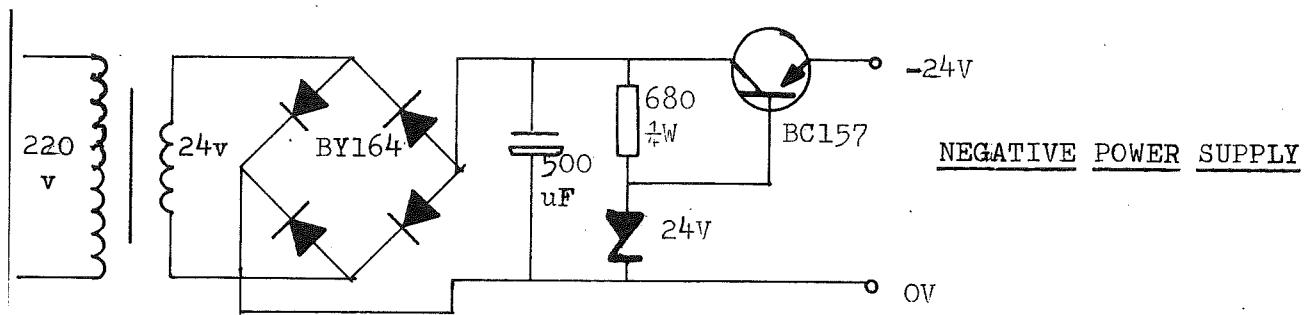
The long-tailed pair circuit is followed by a transistor circuit designed to actually operate the relay. The zener diode fixes a threshold value for the voltage at point A. Reed relays were chosen because of their relatively fast switching speed and low power dissipation."

Audio signal paths: (schematic on p. 126).

An audio signal is applied at one or more inputs, determined by use of the disconnect sockets wired in series. The signal arrives at the corresponding relay switches, and passes through whichever switches are in the "on" condition (determined by the control voltage and the position of the reference voltage selector switches). If the signal passes through a relay, it arrives at its individual output socket, where it may either be taken out, or allowed to be mixed with other signals in the sum output circuit. The sum output circuit mixes all output signals which are not taken at their individual outputs, through resistances. The mixed signal is transformed to make it unsymmetrical, then attenuated by the *sum amplitude* potentiometer, amplified by the standard line amplifier currently used in the Utrecht studio, and retransformed to free it from earth before arriving at the *sum out* socket.

Power supplies and voltage divider : (diagrams on p. 127).

The negative and positive power supplies are built using separate transformers, rectifiers, and simple stabilisers. Since the negative supply is loaded only by the emitter resistors of the switching units and by the sum output amplifier, totalling less than 40 mA, a low-power transistor is used in the stabiliser. The positive supply, on the other hand, must deliver current to the relays, to the indicator lamps, and to the voltage divider for the reference voltages, a maximum total of nearly 500 mA, so the more powerful transistor AD161 is used.

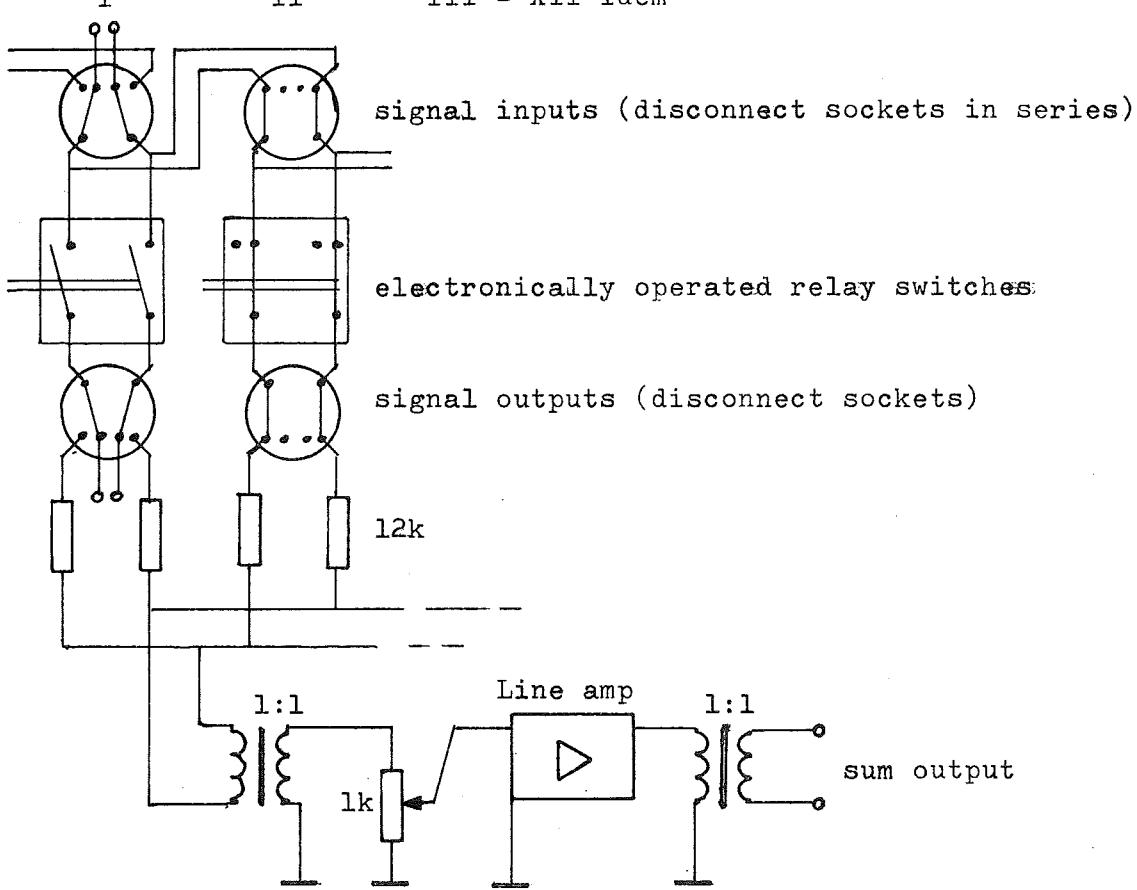


## AUDIO SIGNAL CIRCUIT

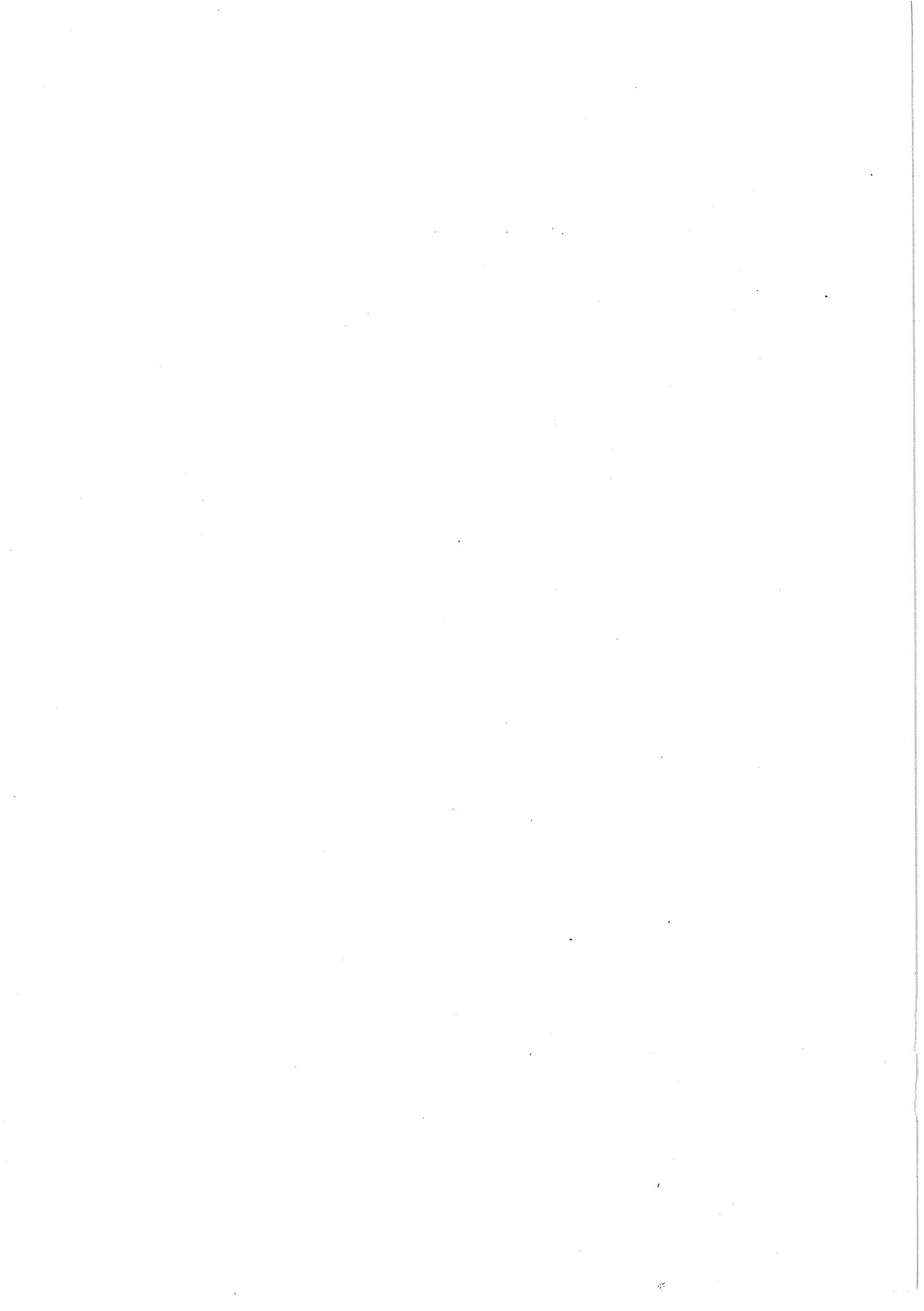
I II

III - XII idem

I - XII idem



The voltage divider is relatively low impedance so that each voltage tap can supply current for several reference voltage inputs at once. The voltage is stabilised with a zener diode.



## NEW PRODUCTIONS - INSTITUTE OF SONOLOGY

Between May 1970 and August 1971 the following compositions (concert works) were realized in the Utrecht University Studio. The number of tracks in the original version and the duration are given in brackets.

1970	John Stanley Body	Silence and me	(2 - 9'20)
	Rochus Kuhn	6'42"	(4 - 6'42)
	Simeon ten Holt	Inferno	(4 - 18'45)
	Mary Beth Nelson	"I", moros	(4 - 11'40)
	Marian de Garriga	Transformations	(2 - 4'55)
	Chaia Gerstein	In a big field	(4 - 8'30)
	Alireza Maschayeki	Abstraktion C	(1 - 2'49)
	Alireza Maschayeki	Panoptikum 70	(2 - 10'47)
	William Lennox	Electronic Music No.1	
		Composition II	(4 - 18'40)
		Composition III	(3 - 12'27)
		Composition IV	(4 - 9'40)
	William Lennox	Electronic Music No.2	
		Composition I	(2 - 4'56)
		Composition II	(4 - 7'00)
	William Lennox	Electronic Music No.3	(4 - 21'50)
	-	Electronic Music No.4	
		Composition I	(4 - 12'02)
		Composition II	(4 - 18'40)
	Arras	Gamma No. III	(4 - 26'53)
	Nicole Lachartre	Sommeil	(4 - 7'50)
	Nicole Lachartre	Déroute	(4 - 5'40)
1971	José Luis de Délas	Aube	(1 - 11'55)
	Eric Brabant	Scherzo	
		first version	(2 - 7'25)
		second version	(2 - 5'10)

Eric Brabant	Figure H.C.M.	(2 - 14'50)
-	Figure T.R.	(2 - 6'47)
Mario Milani	Legature	(2 - 13'50)
Jaap Vink	Residuals I	(2 - 16'10)
-	Residuals II	(2 - 15'00)
Benno Amman	Sumerian Song for Soprano and tape	(2 - 9'30)
Jorge Antunes	Para Hascer Aqui	(4 - 24'55)
William Lennox	Electronic Music No.5 Composition I	(4 - 8'03)
	Composition II	(4 - 8'45)
	Composition III	(4 - 8'46)
	Composition IV	(4 - 18'20)
	Composition V	(4 - 11'35)
	Composition VI	(4 - 9'38)
	Electronic Music No.6 Composition I	(4 -
	Composition II	(4 -
	Electronic Music No.7 (4 -	
Otto E.Laske	Structure I	(4 - 5'45)

Institute of Sonology and the Foundation Film and Science

1971 Ernest Bresser/ Frits Weiland

GELUID  $\leftrightarrow$  KIJKEN

A report on film of three audio-  
visual projects

16mm/magnetic sound

distribution :Foundation Film and Science,  
Hengeveldstraat 29,  
Utrecht

The Netherlands

