

**PIETRO GROSSI**  
*Raccolta di articoli*

a cura di Marco Ligabue



## *Introduzione*

Marco Ligabue

A fianco della produzione musicale ed artistica, Pietro Grossi ha lasciato anche un buon numero di scritti che illustrano e documentano il suo pensiero riguardo alla musica ed al rapporto col mezzo tecnologico. Gli scritti qui raccolti, già pubblicati a suo tempo in varie occasioni – di fatto oggi irreperibili – vogliono offrire ad una più ampia platea la possibilità di entrare in contatto con il pensiero di Pietro Grossi e con il clima culturale, sociale, ed estetico degli anni in cui egli sviluppò le sue attività. Un operare che riflette in pieno la poliedricità multiforme del personaggio e si lega ad iniziative che, nel segno del più puro spirito pionieristico, diedero avvio e diffusione a una serie di processi di trasformazione nell'ambito dell'espressione e del pensiero musicale la cui portata chiede ancora oggi una approfondita valutazione. Le esperienze pionieristiche di Luciano Berio e Bruno Maderna nel campo della musica elettronica allo Studio di Fonologia della RAI di Milano, presso cui Grossi si recò per un breve periodo con lo scopo principale di introdursi e confrontarsi con le nuove possibilità di quella frontiera, furono prontamente metabolizzate e rielaborate in chiave personale ed originale: le attività dell'S 2F M (Studio di Fonologia Musicale di Firenze) ne sono piena e compiuta testimonianza. Attività dalle quali nascerà peraltro, in maniera più o meno diretta, la diffusione sul territorio nazionale delle scuole di Musica elettronica in ambito istituzionale: la prima cattedra di tale tipo fu creata al Conservatorio 'Luigi Cherubini' di Firenze nel 1965, grazie alla donazione da parte di Pietro Grossi delle attrezzature dello studio S 2F M, originariamente collocato nell'abitazione dello stesso Grossi. Nacquero di lì a breve, grazie ad Enore Zaffiri e a Teresa Rampazzi – che gravitarono entrambi per un certo periodo intorno all'S 2F M – le altre esperienze istituzionali di Torino e Padova, esperienze testimoniate all'interno di questo numero della rivista nelle specifiche parti dedicate ai due musicisti.

Il pensiero e le attività di Grossi procedettero ben presto oltre le prime esperienze e si indirizzarono verso l'applicazione delle tecnologie informatiche alla musica, imboccando una direzione che pochissimi – quasi nessuno a dire il vero, compresi molti dei pionieri – dividevano, tanto sul piano operativo quanto sul piano estetico. Nacquero così le prime esperienze italiane – ma anche tra le prime a livello internazionale – di computer music, soprattutto grazie alla collaborazione di Grossi con

l'Istituto CNUCE (oggi ISTI) del CNR e la progettazione e la costruzione del primo computer musicale, il sistema ibrido TAU2, ampiamente descritto nel contributo qui presente del Dott. Graziano Bertini. Il software di gestione TAUMUS realizzato per il TAU2, oltre che per l'interesse sul piano pratico-operativo, si qualifica per le implicazioni estetiche che la sua struttura concettuale ed organizzativa proietta sul discorso musicale, implicazioni che trovano oggi puntuale riscontro proprio nella direzione che Grossi aveva pensato e previsto con quarant'anni di anticipo.

La selezione di articoli qui presentata vuole quindi, in definitiva, rendere conto di un percorso intellettuale e creativo che ha saputo, senza alzare la voce, porre istanze significative, interrogando il futuro stesso della musica come forma di espressione fino a stabilirne un nuovo possibile sistema di coordinate nel quadro del suo esistere e significare sociale. In merito, segnaliamo i titoli *Automazione e musica: verifiche e previsioni*, *Sulla computer music*, *Musica in tempo reale*, *L'istante zero della musica*.

Gli articoli originali di Pietro Grossi qui raccolti sono stati tutti riproposti nella loro integralità ed in ordine cronologico rispetto alla loro data di stesura, così da facilitare il lettore nella ricostruzione di quel percorso cui si alludeva poco sopra.\*

\* Tutti gli articoli di Pietro Grossi qui pubblicati provengono da: Pietro Grossi, *Musica senza musicisti. Scritti 1966-1986*, a cura di L. Camilleri, F. Carreras, A. Mayr, CNUCE/CNR, Pisa 1987.

[I] *S 2F M. Studio di fonologia musicale di Firenze*

NOTIZIA 1

Musica prodotta nel periodo novembre 1965-gennaio 1966 dall'equipe dell'S 2F M durante lo svolgimento del corso di musica elettronica del conservatorio musicale di Firenze.

RICERCA HZ

impiegare 10 serie geometriche

1° termine	ragione
80	2
110	1,9
140	1,8
170	1,7
200	1,6
230	1,5
260	1,4
290	1,3
320	1,2
350	1,1

onda sinusoidale

REALIZZAZIONI

combinazioni di 8 fz di ciascuna serie secondo i coefficienti binomiali

$$\binom{8}{1}, \binom{8}{2}, \binom{8}{3}, \binom{8}{4}, \binom{8}{5}, \binom{8}{6}, \binom{8}{7}, \binom{8}{8}$$

durata media per combinazione 10".

I LAVORI CITATI SONO A DISPOSIZIONE DI ENTI E PRIVATI

firenze, piazzetta delle belle arti, 31 gennaio 1966

[2] *Relazione sulla fondazione, gli scopi e l'attività dell'S 2F M*

L'S 2F M (Studio di fonologia musicale di Firenze) è sorto nel 1963 per iniziativa del sottoscritto ed è stato fornito di una attrezzatura che ha permesso fino dall'inizio la realizzazione di lavori di alto livello tecnico ed artistico; tale attrezzatura è stata tuttavia costantemente arricchita, migliorata in modo da consentire un'attività considerevole, le cui tappe più significative sono qui riassunte:

1963 Presentazione a Firenze del primo lavoro dello Studio.

1964 1) audizioni nelle città di Torino, Padova, Ferrara, L'Aquila, Roma delle prime opere realizzate.  
 2) presentazione dello studio e della sua attività al Festival di musica contemporanea di Venezia.  
 3) partecipazione al primo Colloquium internazionale di musica elettronica che ha avuto luogo a Gand dove l'Italia era appunto rappresentata dallo scrivente.

1965 1) conferenze sull'indirizzo di lavoro dello studio e sulla sua produzione, ed audizioni nelle seguenti città italiane: Torino, Bolzano, Trento, Rovereto, Padova, Trieste, Firenze, Genova, Terni, Roma, Napoli, Palermo.  
 2) trasmissioni di lavori dello studio dalle stazioni radiofoniche di Hilversum, Lugano, Stoccolma, Sydney e di alcune città degli U.S.A.  
 3) partecipazione alla mostra "La casa abitata" di Palazzo Strozzi a Firenze, con sonorizzazione di alcune sale e dello stand dell'architetto Ricci  
 4) collaborazione con Bruno Munari per una mostra a Milano.

1966 Milano: Ideal Standard: realizzazione di eventi audiovisivi in collaborazione con il gruppo MID, durata dell'esposizione: un mese.

Lo studio ha inoltre collaborato a Firenze con l'Associazione "Vita Musicale Contemporanea" (fondata per iniziativa del sottoscritto e da esso diretta) per audizioni di musica elettronica nel corso delle quali sono state presentate le più vaste ed aggiornate rassegne della produzione dei vari studi del mondo (Parigi, Colonia, Monaco di

Baviera, Gand, Varsavia, New York, Tokio) con cui l'S 2F M mantiene stretti contatti per reciproca informazione.

Nel 1965 l'attrezzatura dello Studio è stata messa a disposizione del Conservatorio di Firenze per lo svolgimento di un corso di musica elettronica. L'offerta è stata accolta con vivo interesse dal direttore M.° Veretti e dal Ministero della P.I. che ha concesso l'autorizzazione all'istituzione del corso stesso, primo del genere in Italia e uno dei pochissimi nel mondo.

### [3] *La musica elettronica in Italia*

Il quadro dell'attività musicale elettronica in Italia è la testimonianza di un decorso dotato del carattere di unicità, vivo, palpitante, in continua trasformazione, proteso verso lontane mete estetico-operative con puntate esplorative che talvolta vanno anche al di là di esse, un decorso che si avvale del globale apporto di ogni centro di lavoro esistente nel mondo.

Un esame statistico pone oggi l'Italia al primo posto in Europa e al secondo nel mondo dopo gli Stati Uniti, nel rapporto Centri di Studio-Popolazione, con gli Studi di Milano, Torino, Padova e Firenze. A questi Studi vanno aggiunti i due corsi didattici di Torino e Firenze, rispettivamente privato e pubblico ed il costante aumento, specialmente nel momento attuale, di singole attività nel campo tecnico e creativo.

L'assunzione dei mezzi tecnici più evoluti ci vede tra i primi: dall'apparato dello Studio di Milano, dotato a partire dal 1955 delle allora più aggiornate conquiste dell'elettronica, alle recenti realizzazioni di sintetizzatori e all'impiego degli elaboratori elettronici. Così dicasi delle istanze estetiche, che vanno da alcune brillanti affermazioni personali apparse sin dall'inizio alle esperienze d'equipe volte ad affrontare la problematica più riposta e che viene via via alla luce con l'acquisizione delle nuove tecniche e del nuovo mondo sonoro disponibile.

L'istituzione dello Studio di fonologia presso la sede della RAI di Milano nel 1955 segna l'inizio dell'attività italiana nel campo musicale in oggetto. La mente aperta e lungimirante di Mario Labroca, allora dirigente della RAI, contribuì in modo decisivo alla concretizzazione dell'avvenimento e all'alta qualità dei primi risultati, affidando lo Studio a Luciano Berio e Bruno Maderna.

Questi seppero subito allinearli tra i primi ed i più attivi del mondo, come quelli di Parigi, Colonia, New York, seguendo di questi l'iter sperimentale e facendone tesoro, per poi configurare una propria posizione; posizione libera dalle limitazioni suggerite soprattutto da Parigi e Colonia e, semmai, più vicina a New York per la spregiudicatezza dell'impiego delle fonti sonore ma sempre distinta per il forte impegno stilistico imposto dalla cultura musicale europea dell'ultimo dopoguerra.

Tale impostazione iniziale è valsa a guidare il lavoro di alcuni musicisti ospitati dallo studio, quali Vlad, Castiglioni, Bucchi, Sifonia e altri tra cui, più tardi Nono,

che tuttora vi elabora, trasforma e da veste definitiva al tessuto fonico del suo teatro. La doviziosa bibliografia inerente l'attività dello Studio milanese tra il 1955 e il 1960 è una valida conferma del fervore produttivo italiano di quel periodo.

I primi accenni di una espansione dell'interesse per la sperimentazione del campo dell'elettronica a fini musicali si hanno a Roma intorno al 1960; Vittorio Gelmetti, Antonio De Blasio, Gino Marinuzzi junior riescono a produrre alcuni lavori sia con mezzi propri, come nel caso di Marinuzzi sia con l'ausilio di attrezzature dell'Istituto Superiore delle Telecomunicazioni come nel caso del Gelmetti e del De Blasio.

È di questo stesso periodo un notevole allontanamento dallo spirito che allora dominava negli studi sperimentali ad opera di Gelmetti con *Treni d'onda a modulazione di intensità*. In questo lavoro la linea di forti contrasti ritmici e timbrici a tempo rapido è ormai abbandonata per proporre l'ascolto di sottili trasformazioni di densità sonore con predisposta e limitata ampiezza. La valorizzazione dell'immenso universo sonoro utilizzabile viene in tal modo sottolineata.

Nel 1961 nello Studio di Milano è stata realizzata per la prima volta in Italia musica programmata o algoritmica da parte di Pietro Grossi.

Si trattava della prima indagine o ricerca compiuta con strumenti elettronici che doveva dare inizio ad un processo operativo in totale opposizione agli altri preesistenti a causa della sua finalità: acquisizione di eventi sonori diversi tra loro e, quindi, «musica come ricerca» e pregnanza del messaggio grazie agli strumenti logici impiegati per lo svolgimento dell'analisi. La scelta del campo sonoro da analizzare e del sistema di analisi sono dettati da motivi di agibilità e di consequenzialità in un più ampio disegno di ricerca. Al fine di continuare e sviluppare la via intrapresa, il Grossi istituì nel 1963 lo Studio di Fonologia Musicale di Firenze, l'S 2F M, e insieme a giovani musicisti quali Italo Gomez, Jon Phetteplace, Albert Mayr, Riccardo Andreoni, procedette nel lavoro di realizzazione e diffusione della musica elettronica. Da allora annuali audizioni a Firenze – talvolta ripetute anche in altri centri – hanno assicurato a questa città un primato singolare di conoscenza della produzione significativa di molti studi sperimentali.

Dal 1965 l'S 2F M ha messo a disposizione le sue attrezzature per lo svolgimento di un corso straordinario di musica elettronica istituito presso il Conservatorio di Firenze dietro interessamento del direttore dell'istituto stesso, M.<sup>o</sup> Antonio Veretti.

Il corso è tenuto dal Grossi.

Una particolarità distingue questo corso: l'ammissione di studenti di altre facoltà anche se sprovvisti di preparazione musicale. L'esperienza ha dato sinora buoni risultati ed ha confermato la tesi di un profondo divario operativo e di conseguenza anche didattico che divide la musica strumentale e vocale fondata sul virtuosismo esecutivo e quella elettronica in cui la fatica di attuazione è demandata pressoché esclusivamente agli apparati elettronici.

Nel 1964 e 1965 sono sorti sull'esempio fiorentino due altri studi privati a Torino e a Padova. Ambedue questi studi hanno un indirizzo di lavoro affine a quello dell'S 2F M.

Lo SMET (studio di musica elettronica di Torino), fondato da Enore Zaffiri, che riunisce intorno a se una numerosa schiera di giovani e tiene un corso privato, procede

nella oculata elaborazione di dati prescelti secondo le caratteristiche di figure geometriche. La garanzia strutturale è perciò assicurata e con essa la validità della ricerca.

L'NPS (Nuove Proposte Sonore) di Padova vede all'opera quattro padovani di diversa provenienza di studi: le musiciste Teresa Rampazzi e Serenella Marega, il pittore Ennio Chiggio, il fisico Memo Alfonsi. Il loro lavoro ha come punto di partenza un dato acustico semplice o complesso. Le caratteristiche di questo dato vengono sviluppate in genere con criteri di progressività entro un limite di scelte parametriche suggerite da quelle dello stesso dato iniziale.

I due studi svolgono opera di propaganda e diffusione sì che, considerando anche l'attività dell'S 2F M, gran parte dell'Italia può dirsi bene informata sul corso della vita musicale elettronica.

Anche il 'Collage', di suggerimento new dada, vanta in Italia una sua produzione attraverso il lavoro del citato Gelmetti, del fiorentino Giuseppe Chiari e, ultimamente, di Aldo Clementi. I loro criteri di lavoro si diversificano nella proporzione dell'intervento e quindi nella modifica dell' 'oggetto sonoro' registrato.

La 'Musica elettronica viva', così definita per la sua realizzazione estemporanea che ha luogo nel momento della fruizione stessa e cioè davanti all'ascoltatore o, al limite, prodotta dallo stesso ascoltatore, non conta cultori assidui se si eccettua un gruppo di americani che operano a Roma.

In tale fervida attività protesa, pur nelle sue differenziazioni, a percorrere la via delle conquiste toniche, formali e operative, non poteva mancare, l'apparato elettronico che oggi potenzia le facoltà umane a dismisura in ogni disciplina: il computer. Infatti, dal maggio 1967 un computer della Olivetti-General Electric, il GE 115, viene impiegato come esecutore, se ne sfruttano le risorse foniche e ritmiche con opportune istruzioni che usano i dati di un programma elaborato da un dipendente della Olivetti stessa, il tecnico Ferruccio Zulian, per l'emissione di 1300 frequenze. L'S 2F M sotto la guida del Grossi ha iniziato i primi esperimenti tacendo eseguire al computer brani classici di Bach, Paganini, Webern e programmando ricerche varie.

Non vi è dubbio che con l'apporto del computer l'attività di ricerca potrà procedere su un piano di verificabilità, attendibilità e velocità finora precluse; questo importante passo verso i più alti livelli di automazione musicale allinea l'Italia agli ancora pochi paesi che hanno iniziato esperienze con i computer, gli Stati Uniti, il Canada, l'Olanda.

#### [4] *Corso straordinario di musica elettronica*

Nel 1965, con la collaborazione dell'S 2F M (Studio di Fonologia Musicale di Firenze) ha avuto inizio un corso straordinario dedicato alla musica elettronica presso il Conservatorio di Musica 'Luigi Cherubini' di Firenze. Il corso, privo di precedenti in Italia e ancora uno dei pochi nel mondo, ha costituito l'avvio di un'attività didattica la cui esigenza è testimoniata dall'interesse che le giovani generazioni stanno dimostrandogli.

Dal 1965, possiamo dire, è cominciato, col crisma ufficiale, il processo di aggiornamento e d'integrazione nel campo didattico che si era reso necessario con l'estendersi dell'attività musicale nel settore elettronico.

Nella stesura del piano di lavoro è stato tenuto conto delle profonde diversità che separano la pratica musicale tradizionale a base esclusivamente artigianale da quella consentita dagli apparati elettronici disponibili oggi, che, anche a livello sommo, escludono la necessità di un virtuosismo esecutivo.

L'approccio diretto e immediato con gli apparati e la conoscenza attraverso l'esperienza delle peculiarità delle fonti sonore captabili hanno, quindi, costituito la parte essenziale e più approfondita del programma di studio. La parte pratica del corso è stata articolata in esperienze d'equipe e individuali. Nella presente raccolta vengono presentati campi di ricerca ben definiti – ed esplorati col massimo rigore procedurale consentito dagli apparati utilizzabili – e realizzati da gruppi o dall'intera équipe. I principi operativi che sorreggono tale impostazione di lavoro, mirano all'acquisizione di fenomeni sonori sicuramente differenziati tra loro e pertanto recanti un loro originale messaggio: lavoro, quindi, per conoscere, apprendere e arricchire il potere informativo del mondo sonoro. Anche l'attività individuale ha perseguito le stesse finalità valendosi, nella generalità dei casi, delle ricerche d'equipe come materiale o fonte sonora originaria per compiere ulteriori ricerche. L'estesa gamma di possibili trasformazioni dell'evento sonoro impresso su nastro magnetico viene in lai modo utilizzato con metodi e finalità che nella loro più pura applicazione si discostano dalla prassi della scelta casuale.

Il corso tenuto dal sottoscritto ha visto una media annuale di venticinque iscritti. Validi assistenti al corso sono Albert Mayr e Riccardo Andreoni.

Al termine di ogni tornata annuale vengono disposte audizioni comprendenti i lavori realizzati nel corso dell'anno accademico stesso, e vengono programmate audizioni di opere prodotte dai vari studi sperimentali e notizie storico-estetiche intorno agli studi a scopo informativo e formativo. Dallo scorso anno è stato abbinato al corso di musica elettronica un corso di matematica e fisica.

### Ricerca: 3 T B M N

Battimenti.

<i>Frequenze</i>			
395=1	398=4	401=7	404=10
396=2	399=5	402=8	405=11
397=3	400=6	403=9	

	<i>frequenze</i>	<i>Differenze</i>
Combinazioni a due	6 7	1
	5 7	2
	5 8	3
	4 8	4
	4 9	5
	3 9	6
	3 10	7
	2 10	8
	2 11	9
	1 11	10

Totale 10 combinazioni

Combinazioni a tre	5 6 7	1 1
	4 6 7	2 1
	4 5 8	1 3
	4 6 8	2 2
	3 7 8	4 1
	3 6 8	3 2
	3 4 9	1 5
	3 5 9	2 4
	3 6 9	3 3
	2 8 9	6 1
	2 7 9	5 2
	2 6 9	4 3
	2 3 10	1 7
	2 4 10	2 6
	2 5 10	3 5
	2 6 10	4 4
	1 9 10	8 1
	1 8 10	7 2
	1 7 10	6 3
	1 6 10	5 4
	1 2 11	1 9
	1 3 11	2 8
	1 4 11	3 7
	1 5 11	4 6
	1 6 11	5 5

Totale 25 combinazioni.

Nota: sono omesse le differenze tra i numeri estremi.

L'ordine diverso di differenze dello stesso valore non dà luogo ad una apprezzabile diversità auditiva; è stata perciò realizzata una sola versione dei gruppi costituiti dalle stesse differenze.

	<i>Frequenze</i>	<i>Differenze</i>
Comb. a quattro	4 5 6 7	1 1 1
	4 5 6 8	1 1 2
	3 5 6 7 8	3 1 1
	3 5 7 8	2 2 1
	3 4 5 9	1 1 4
	3 4 6 9	1 2 3
	3 5 7 9	2 2 2
2	7 8 9	5 1 1
2	6 8 9	4 2 1
2	5 8 9	3 3 1
2	5 7 9	3 2 2
2 3 4	10	1 1 6
2 3 5	10	1 2 5
2 3 6	10	1 3 4
2 4 6	10	2 2 4
2 4 7	10	2 3 3
1	8 9 10	7 1 1
1	7 9 10	6 2 1
1	6 9 10	5 3 1
1	5 9 10	4 4 1
1	6 8 10	5 2 2
1	5 8 10	4 3 2
1	4 7 10	3 3 3
1 2 3	11	1 1 8
1 2 4	11	1 2 7
1 2 5	11	1 3 6
1 2 6	11	1 4 5
1 3 5	11	2 2 6
1 3 6	11	2 3 5
1 3 7	11	2 4 4
1 4 7	11	3 3 4

Totale 31 combinazioni.

	<i>Frequenze</i>	<i>Differenze</i>
Comb. a cinque	4 5 6 7 8	1 1 1 1
	3 5 6 7 8	2 1 1 1
	3 4 5 6 9	1 1 1 3
	3 4 5 7 9	1 1 2 2
2	6 7 8 9	4 1 1 1
2	5 7 8 9	3 2 1 1
2	4 6 8 9	2 2 2 1
2 3 4 5	10	1 1 1 5
2 3 4 6	10	1 1 2 4
2 3 4 7	10	1 1 3 3
2 3 5 7	10	1 2 2 3
2 4 6 8 10	10	2 2 2 2
1	7 8 9 10	6 1 1 1
1	6 8 9 10	5 2 1 1
1	5 8 9 10	4 3 1 1
1	6 7 9 10	5 1 2 1
1	5 7 9 10	4 2 2 1
1	4 7 9 10	3 3 2 1
1	4 6 8 10	3 2 2 2
1 2 3 4	11	1 1 1 7
1 2 3 5	11	1 1 2 6
1 2 3 6	11	1 1 3 5
1 2 3 7	11	1 1 4 4
1 2 4 6	11	1 2 2 5
1 2 4 7	11	1 2 3 4
1 2 5 8	11	1 3 3 3
1 3 5 7	11	2 2 2 4
1 3 5 8	11	2 2 3 3

Totale 27 combinazioni.

Comb. a sei	3 4 5 6 7 8	1 1 1 1 1 1
	3 4 5 6 7 9	1 1 1 1 1 2
2	4 5 6 7 9	2 1 1 1 1 2
2	5 6 7 8 9	3 1 1 1 1 1
2	6 7 8 9 10	4 1 1 1 1 1
2	5 6 7 8 10	3 1 1 1 1 2
1 2 3 4 5	10	1 1 1 1 1 5
1 3 4 5 6	10	2 1 1 1 1 4
1 4 5 6 7	10	3 1 1 1 1 3
1 7 8 9 10 11		6 1 1 1 1 1
1 6 7 8 9 11		5 1 1 1 1 2
1 5 6 7 8 11		4 1 1 1 1 3

Totale 12 combinazioni.

	<i>Frequenze</i>	<i>Differenze</i>
Comb. a sette	3 4 5 6 7 8 9	1 1 1 1 1 1 1
2	4 5 6 7 8 9	2 1 1 1 1 1 1
2	4 5 6 7 8 10	2 1 1 1 1 1 2
2	5 6 7 8 9 10	3 1 1 1 1 1 1
1	5 6 7 8 9 10	4 1 1 1 1 1 1
1	4 5 6 7 8 10	3 1 1 1 1 1 2
1 2 3 4 5 6	11	1 1 1 1 1 1 5
1 3 4 5 6 7	11	2 1 1 1 1 1 4
1 4 5 6 7 8	11	3 1 1 1 1 1 3

Totale 9 combinazioni.

Comb. a otto	2 3 4 5 6 7 8 9	1 1 1 1 1 1 1 1
	2 3 4 5 6 7 8 10	1 1 1 1 1 1 1 2
1	3 4 5 6 7 8 10	2 1 1 1 1 1 1 2
1	4 5 6 7 8 9 10	3 1 1 1 1 1 1 1
1	5 6 7 8 9 10 11	4 1 1 1 1 1 1 1
1	4 5 6 7 8 9 11	3 1 1 1 1 1 1 2

Totale 6 combinazioni.

Comb. a nove	2 3 4 5 6 7 8 9 10	1 1 1 1 1 1 1 1 1
1	3 4 5 6 7 8 9 10	2 1 1 1 1 1 1 1 1
1	3 4 5 6 7 8 9 11	2 1 1 1 1 1 1 1 2
1	4 5 6 7 8 9 10 11	3 1 1 1 1 1 1 1 1

Totale 4 combinazioni.

Comb. a dieci	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 11	1 1 1 1 1 1 1 1 1 2

Totale 2 combinazioni.

C. a undici	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-------------	-------------------------	-----------------------

**Ricerca: D N S T**

Densità.

11 intervalli a cui vengono aggiunte 1, 3, 7, 15 frequenze intermedie. Le frequenze intermedie costituiscono delle progressioni aritmetiche.

Es.: 1° intervallo

freq. estreme: da 500 a 1000

freq. interm., 1=750

\* \* 3=625; 750; 875;  
 \* \* 7=562,5; 625; 687; 750; 812,5; 875; 937,5  
 \* \* 15=531,2; 562,5; 593,7; 625; 656,2; 687,5; 718,7;  
 750; 781,2; 812,5; 843,7; 875; 906,2; 937,5;  
 968,7

altri intervalli:

1 - 2,13	frequenze	485 - 1035
1 - 2,27	*	470 - 1070
1 - 2,44	*	450 - 1100
1 - 2,60	*	435 - 1135
1 - 2,78	*	420 - 1170
1 - 2,97	*	405 - 1205
1 - 3,17	*	390 - 1240
1 - 3,40	*	375 - 1275
1 - 3,63	*	360 - 1310
1 - 3,85	*	350 - 1350

Forma d'onda: l'intera ricerca è stata realizzata con onda sinusoidale e ripetuta con onda quadra.

Tempo: 30" per ogni densità.  
 -15 Db per frequenza.

Ricerca: P L S  
 Impulsi.

Sequenze di eventi sonori temporizzati da un generatore d'impulsi a tempo e a durata variabili.

*tempi di successione  
 degli impulsi*

2''  
 1'',9  
 1'',8  
 1'',7  
 1'',6  
 1'',5  
 1'',4  
 1'',3  
 1'',2  
 1'',1

*frequenze:*

Rumore bianco filtrato  
 con filtro Krohn-Hite.  
 Posizione delle 2 scale  
 del filtro:

2000  
 1900  
 1800  
 1700  
 1600  
 1500  
 1400  
 1300  
 1200  
 1100

Accordi di 8 frequenze i cui intervalli sono dati dalle ragioni geometriche.

1'',0	2	(accordi della
0'',9	1,9	ricerca CB)
0'',8	1,8	
0'',7	1,7	
0'',6	1,6	
0'',5	1,5	
0'',4	1,4	
0'',3	1,3	
0'',2	1,2	
0'',1	1,1	

Sono state realizzate 12 sequenze di ogni temporizzazione la cui durata è di 20'' ciascuna, separate da pause di 20''.

Le temporizzazioni si sovrappongono nell'ordine dato dalla colonna, ditanziate di una sequenza. Es.:

1 <sup>a</sup> sequenza temporizzazione	2''
2 <sup>a</sup> »	»
3 <sup>a</sup> »	»
etc.	

$$2'' + 1'',9$$

$$2'' + 1'',9 + 1'',8$$

Volume: -0 dB.

**Ricerca: C B**

Combinazioni date dai coefficienti binomiali

$$\binom{8}{1} \binom{8}{2} \binom{8}{3} \binom{8}{4} \binom{8}{5} \binom{8}{6} \binom{8}{7} \binom{8}{8}$$

Di 10 sequenze di 8 frequenze ciascuna ottenute in progressione geometrica con le seguenti ragioni:

2	(prima frequenza	80)
1,9	( »	» 110)
1,8	( »	» 140)
1,7	( »	» 170)
1,6	( »	» 200)
1,5	( »	» 230)
1,4	( »	» 260)
1,3	( »	» 290)
1,2	( »	» 310)
1,1	( »	» 340)

Numero delle combinazioni per sequenza:

$$8 + 28 + 56 + 70 + 56 + 28 + 8 + 1 = 255$$

Durata di ogni combinazione 30".

Forma d'onda sinusoidale.

Volume: -10 dB.

**Ricerca: O M**

60 permutazioni delle 20 frequenze che costituiscono il tema dell'«OFFERTA MUSICALE» di J. S. Bach.

Frequenze del tema numerate dal grave all'acuto

1) 440	5) 587,3	9) 740
2) 493,8	6) 622,2	10) 784
3) 523,2	7) 659,2	11) 830,6
4) 554,4	8) 698,5	

la frequenza n.	2	viene ripetuta	due	volte
» » »	3	» »	quattro	»
» » »	5	» »	due	»
» » »	6	» »	tre	»
» » »	8	» »	due	»
» » »	10	» »	due	»

$$\text{permutazioni possibili: } \frac{20!}{4!3!2!2!2!2} = 1.055.947.052.160.000$$

permutazioni realizzate:

da	1	a	10
»	100	»	109
»	1000	»	1009
»	10000	»	10009
»	100000	»	100009
»	1000000	»	1000009

Ordine delle frequenze-elementi nella 1° permutazione:

- 1, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 4, 4, 4, 6, 6, 6, 7, 8, 8, 9, 10, 10, 11.

Le altre permutazioni sono ottenute con lo spostamento dei numeri da destra a sinistra e cioè ogni numero si sposterà di una posizione dopo un intero ciclo del numero immediatamente precedente a destra. Es.: il 10 cambia di una posizione ogni 20 posizionature dell'11.

Ogni permutazione è collocata in una diversa zona frequenziale come segue: al numero 1 di ogni permutazione corrisponde la frequenza data dalla seguente tabella di 60 frequenze del temperamento equabile divise in 12 gruppi:

gruppo 11:	87,30;	92,50;	98,00;	103,8;	110
» 9:	116,54;	123,47;	130,8;	138,6;	146,8
» 7:	155,5;	164,5;	174,7;	185;	196
» 5:	207,2;	220	233,1;	246,9;	261,6
» 3:	277,2;	293,6;	311,1;	329,6;	349,2
» 1:	370,;	392;	415,3;	440,;	466,2
» 2:	493,8;	523,2	554,4;	587,3;	622,2
» 4:	659,2;	698,5;	740;	784	830,6
» 6:	880;	932,3;	987,7;	1046;	1108
» 8:	1175;	1244;	1318;	1396;	1480
» 10:	1568;	1661;	1760;	1864;	1975
» 12:	2093;	2217;	2350;	2489;	2637

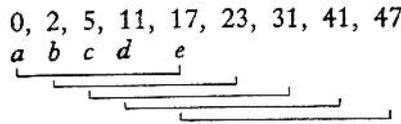
L'impiego dei gruppi è lineare, es.:

numero 1 della 1 <sup>a</sup> permutazione	Hz	370
» » » 2 <sup>a</sup>	»	» 493,8
» » » 3 <sup>a</sup>	»	» 277,2

Tempi:

Tempo per elemento o freq. 30”.

Tempi di successione degli elementi in secondi:



Un tempo di successione vale per una intera permutazione

1) i gruppi *a, b, c, d, e*, vengono impiegati secondo l'ordine dato dai coefficienti binomiali:

$$\binom{5}{2}\binom{5}{3}\binom{5}{4}\binom{5}{5}$$

Es.: *a, b; a, c; a, d; a, e; b, c; etc.*

2) L'ordine degli elementi di ciascun gruppo è dato dalle permutazioni di 5 elementi.

Tempi di successione delle permutazioni in secondi:

1,3,7,13, 19, 29, 37, 43, 53.

*a, b, c, d, e.*

Per le norme d'impiego seguire i paragrafi 1) e 2).

Forma d'onda sinusoidale.

Volume -10 dB.

## [5] *Il calcolatore elettronico*

Sembra ormai prossima l'epoca in cui una sola generazione di uomini potrà produrre musica per decine, forse centinaia di successive generazioni.

Questa affermazione può apparire incredibile, stupefacente e venata di fantascientismo. Essa non è, invece, che la naturale conclusione di osservazioni, esami e valutazioni attuali e realistiche circa la possibilità d'impiego per fini musicali dei mezzi più recenti messi a disposizione del musicista dal progresso scientifico.

Sappiamo infatti per esperienza che spessissimo ogni previsione, ritenuta più che azzardata nel momento della sua enunciazione, ogni attività giudicata avveniristica e stravagante durante il suo svolgimento, hanno più tardi ottenuto il riconoscimento della ragione storica della loro comparsa.

Qual è dunque il mezzo che può sconvolgere dalle radici l'attività musicale? Il calcolatore elettronico.

Uno strumento oggi presente e operante e che può annoverarsi, almeno sino ad ora, tra i più preziosi e rivoluzionari mezzi di cui l'uomo dispone, forse al livello di quella che fu la rivoluzione del fuoco o della ruota.

Esso è già insostituibile e indispensabile nei settori scientifico e commerciale solo dopo vent'anni dalla sua apparizione e si comincia ad impiegarlo nelle attività artistiche quali il disegno, la musica e la letteratura.

In musica, prescindendo da quelle esibizioni di rito che avvengono in ogni simposio o convegno sui calcolatori, consistenti in melodiette o marcette realizzate dai programmatori per meravigliare e divertire i convenuti, vi sono esempi di impiego sia totale che parziale.

Totale, se l'intero processo, dalla programmazione alla realizzazione, è affidato al calcolatore, parziale se i dati programmatici servono per comporre brani strumentali o anche elettronici ma con i consueti strumenti in dotazione agli studi di fonologia musicale.

L'impiego parziale è stato finora soprattutto sfruttato per fini musicali di ricerca della forma e della materia sonora (esempi probanti quelli di Hiller e Isaacson a Urbana, Stati Uniti; di Xenakis a Parigi e in Italia di Grossi a Firenze).

Tornando tuttavia ai *Divertissements* accennati poc'anzi, essi hanno il loro significato non trascurabile, perché hanno dimostrato che, sia pure a livello embrionale, era

possibile l'utilizzazione del calcolatore come strumento musicale in quanto generatore di suono. Tutti i parametri musicali si ottengono con questo strumento: altezza, durata, timbro, volume.

La gamma di frequenze varia a seconda delle caratteristiche del mezzo: a maggior rendimento corrisponde una maggiore gamma di suoni (uno dei più recenti computers, il GE 115 della Olivetti General Electric, impiegato dal Grossi recentemente come 'esecutore', ha una gamma di 1300 frequenze). I valori di durata sono praticamente illimitati, e anche gli altri due parametri, quali il timbro – vale a dire la composizione del suono con le vibrazioni formanti desiderate – e il volume sono gradualmente ad un'estensione di finezza inaccessibile con altri mezzi.

Le possibilità che esso offre unitamente a quelle offerte dagli apparati elettronici già largamente in uso negli studi di fonologia musicale, fanno sì che il controllo capillare di uno smisurato mondo sonoro, prima inimmaginabile, divenga realtà.

Le memorie magnetiche del computer e le schede perforate di facile conservazione permetteranno una indagine sistematica e vasta nonché la ripetizione, teoricamente infinita, di ogni programma predisposto; caratteristiche in cui il calcolatore si affianca al disco e al nastro magnetico ma con requisiti qualitativi superiori.

Grazie alla sua costante evoluzione, anche le melodie apparentemente più ardue – tra le quali ad esempio la polifonia – saranno certamente raggiunte.

Centrali di realizzazione e diffusione permetteranno all'utente una ricca scelta ed anche interventi modificatori su programmi prestabiliti.

Alla base dei risultati sorprendenti sta la sbalorditiva velocità di elaborazione computabile in miliardesimi di secondo.

Dal lontano avvento del grammofono e del disco, quali agenti di produzione e conservazione del suono, e attraverso gli studi di fonologia musicale sorti vent'anni or sono, siamo dunque giunti all'automazione con la quale ci troviamo di fronte a nuovi pressanti problemi ed ad interrogativi di ordine pratico, didattico ed estetico.

Essa si affianca infatti all'artigianato, base esclusiva sino ad oggi di ogni attività musicale. Le due attività procederanno dapprima allineate e poi entreranno in competizione. Quale il futuro?

Non è dato ancora ipotizzare situazioni future; è certo che tutto quanto è stato acquisito dà luogo ad un processo che pare irreversibile.

## [6] *Esperienze di computer music*

in collaborazione con la General Electric

Nel maggio 1967 per iniziativa dell'S 2F M e la collaborazione della General Electric Information Systems Italia hanno avuto luogo in Italia le prime esperienze di computer music.

Le prove sono avvenute a Pregnana Milanese presso il centro ricerche e studi della General Electric. È stato impiegato l'elaboratore elettronico Ge-115 come sorgente sonora e, insieme, esecutore. Nessun organo di conversione o altro apparato elettronico è stato impiegato. Il suono generato direttamente nei circuiti dell'unità centrale dell'elaboratore è stato di volta in volta registrato via cavo su nastro magnetico.

Sono state prese in esame, sperimentate e applicate le possibilità del computer relative ai parametri frequenza e tempo.

Per l'attuazione delle esperienze sono stati approntati 3 programmi impiegati parzialmente o totalmente a seconda della natura della ricerca e delle realizzazioni.

I programmi sono stati preparati da Ferruccio Zulian (G.E.) e impiegati da Pietro Grossi (S 2F M) per l'esecuzione di opere di Bach, Paganini, Webern e ricerche di nuove strutture sonore. Hanno cooperato in modo particolare all'iniziativa l'ing. Domenico Cesa-Bianchi e il dott. Giovanni Rapelli (G.E.) e alla trascodifica dei testi Riccardo Andreoni, Mario Baroni, Albert Mayr, Aurelio Peruzzi (S 2F M).

### *Programma musicale Z3 (PMZ3)*

Il pmz3 elabora 1488 istruzioni, corrispondenti ad altrettante frequenze, di 8 caratteri alfanumerici ciascuna e distribuite in 7 subroutines.

Un apposito tabulato indica le frequenze disponibili e il loro codice di macchina.

I primi 4 caratteri di ogni istruzione – invariabili – determinano la formazione di una vibrazione il cui valore in microsecondi è compreso tra 143,3 e 15301,3 valori in frequenza rispettivamente 6978,3 e 65,3. Differenza tra vibrazione e vibrazione 12 microsecondi.

I rimanenti 4 caratteri alfanumerici – variabili – indicano il numero delle ripetizioni della stessa vibrazione e, pertanto determinano la durata della frequenza corrispondente fino ad un massimo di 65.536 periodi. Durata minima 1 periodo.

Una ulteriore istruzione di 6 caratteri alfanumerici – 2 invariabili e variabili – elaborata da un'ottava subroutine non genera una vibrazione udibile e, pertanto, è utilizzata come pausa.

L'istruzione genera un periodo di silenzio equivalente a 1/309 di secondo. Il numero delle ripetizioni di questa istruzione determina la durata della pausa.

Con il richiamo di una istruzione particolare compresa nel pmz3 è possibile ordinare l'aumento o la riduzione del numero delle vibrazioni di ogni frequenza.

### *Programma A1 (PA1)*

Elaborazione disposizioni con ripetizione (dr). Il pa1 dispone nelle unità periferiche di memoria dell'elaboratore elettronico una serie di elementi costituiti da istruzioni del pmz3 secondo la formula del calcolo combinatorio relativa alle dr. La formula riunisce in ogni possibile raggruppamento gli elementi dati. Numero massimo degli elementi elaborabili 16.

Il pa1 riconosce come elemento uno dei seguenti abbinati di istruzioni: suono-pausa, pausa-suono, pausa-pausa.

La scelta dei valori di durata e frequenza di ogni elemento e di ogni componente l'elemento è libera e indipendente dai valori prescelti per altri componenti della stessa elaborazione purché rientrante nell'ambito di agibilità del pmz3.

Un esempio sulle capacità operative del GE-115 con pa1. Le dr di 5 elementi a 5 a 5 pari a 15.625 elementi-275.000 caratteri alfanumerici vengono elaborati e registrati nella memoria periferica a nastro in 40 secondi.

### *Programma A2 (PA2)*

Ricerca ed estrazione disposizioni. Il pa2 ricerca ed estrae qualsiasi disposizione precedentemente registrata nelle unità periferiche di memoria dell'elaboratore con il pa1.

Il pa2 accetta da 1 a 99 variabili di ricerca costituite da 3 cifre e dotate di segno + o -. La ricerca ha inizio da una disposizione espressamente indicata in precedenza e continua sino all'estrazione del numero di disposizione designato sempre in precedenza insieme ai valori delle variabili.

Numero massimo delle disposizioni estraibili 99.999.

Le disposizioni estratte vengono raccolte in un'altra unità periferica e i dati che le compongono eseguiti con il pmz3.

Un esempio di ricerca.

*Elaborato G*

- L'elaborato g comprende 70.859 disposizioni distribuite in 4 sezioni:  
 I sezione: 2943 dr di 109 gruppi di 3 elementi i cui valori temporali sono indicati nella tabella 1. È stata assegnata una sola frequenza per gruppo a partire dalla 317 fino alla 549. Per ogni elemento 2 periodi di suono e il rimanente di pausa.  
 II sezione: 7371 dr di 164 gruppi di 3 elementi comprendenti complessivamente 492 frequenze consecutive e in ordine ascendente tratte dal tabulato del pmz3 a partire dalla frequenza 317.  
 III sezione: 31-000 dr di 124 gruppi di 4 elementi di 496 frequenze del pmz3 disposte 'a ventaglio' secondo la tabella 2. Per ogni elemento 10 periodi di suono e 1 di pausa.  
 IV sezione: come la sezione precedente con la variante di 1 periodo di suono e 10 di pausa per elemento.

TABELLA 1 ELABORATO G I SEZIONE

Tutte le combinazioni contenute nella presente tabella sono servite a stabilire i rapporti di durata tra gli elementi delle disposizioni. Ogni valore x5 designa il numero dei periodi per elemento esempio:

combinazione 1 2 3 = 5 10 15 (2 suono + 3 pausa, 2 suono + 8 pausa, 2 suono + 13 pausa)  
 combinazione a 3 a 3 dei primi dieci numeri della serie naturale

1 2 3	1 3 4	1 4 5	1 5 6	1 6 7	1 7 8	1 8 9	1 9 10
1 2 4	1 3 5	1 4 6	1 5 7	1 6 8	1 7 9	1 8 10	
1 2 5	1 3 6	1 4 7	1 5 8	1 6 9	1 7 10		
1 2 6	1 3 7	1 4 8	1 5 9	1 6 10			
1 2 7	1 3 8	1 4 9	1 5 10				
1 2 8	1 3 9	1 4 10					
1 2 9	1 3 10						
1 2 10						Tot. parz.	36
2 3 4	2 4 5	2 5 6	2 6 7	2 7 8	2 8 9	2 9 10	
2 3 5	<del>2 4 6</del>	2 5 7	<del>2 6 8</del>	2 7 9	<del>2 8 10</del>		
2 3 6	2 4 7	2 5 8	2 6 9	2 7 10			
2 3 7	<del>2 4 8</del>	2 5 9	<del>2 6 10</del>				
2 3 8	2 4 9	2 5 10				Tot. parz.	28-
2 3 9	<del>2 4 10</del>						6
2 3 10							22
3 4 5	3 5 6	3 6 7	3 7 8	3 8 9	3 9 10		
3 4 6	3 5 7	3 6 8	3 7 9	3 8 10			
3 4 7	3 5 8	<del>3 6 9</del>	3 7 10				
3 4 8	3 5 9	3 6 10				Tot. parz.	21-
3 4 9	3 5 10						1
3 4 10							20
4 5 6	4 6 7	4 7 8	4 8 9	4 9 10			
4 5 7	<del>4 6 8</del>	4 7 9	<del>4 8 10</del>				
4 5 8	4 6 9	4 7 10					
4 5 9	<del>4 6 10</del>						
4 5 10						Tot. parz.	15-
							3
5 6 7	5 7 8	5 8 9	5 9 10				12
5 6 8	5 7 9	5 8 10					
5 6 9	5 7 10					Tot. parz.	10
5 6 10							



## [7] *Automazione e musica: verifiche e previsioni*

L'elaboratore costituisce la più recente acquisizione del mondo musicale. Esso viene ad arricchire la già cospicua serie di strumenti elettronici oggi in uso nei laboratori di musica elettronica e ne aumenta la potenza realizzativa.

La misura dell'apporto dell'elaboratore all'estensione delle facoltà operative dell'uomo nell'ambito sonoro, così come in ogni altro settore dell'attività umana, è provatamente immensa e per di più in continua espansione a causa del rapido succedersi delle cosiddette generazioni dei sistemi logici elettronici.

È una necessità inderogabile, dunque, seguire l'evolversi della realtà obiettiva musicale sotto la spinta del progresso tecnologico e trarre senza esitazione tutte le conseguenze al fine di individuare più chiaramente possibile le vie musicali diramatesi nell'era elettrica che stiamo vivendo.

In definitiva si tratta di passare da uno stadio operativo 'artigianale' ad un altro 'automatico' mantenendo l'equilibrio indispensabile tra i due termini dell'equazione pensiero-strumento.

In quaranta secondi un calcolatore elettronico s'è posto in condizione di eseguire 15.625 suoni.

Ne consegue che si predisporrebbe per l'esecuzione di 1 milione 406 mila 250 suoni in un'ora e 11 milioni 250 mila in 8 ore.

Questa è la più recente e anche tra le più significative esperienze musicali portate a termine mediante l'impiego del calcolatore quale esecutore diretto o strumento musicale.

Poche parole circa l'uso del calcolatore per gli scopi musicali surriferiti.

Si sa che nell'elaboratore elettronico circola un gran numero di vibrazioni elettriche – queste vibrazioni si formano nell'insieme dei circuiti componenti la unità di elaborazione dei dati durante il suo impiego.

Il programmatore, a conoscenza delle caratteristiche funzionali del calcolatore disponibile, prepara un programma di operazioni atte a formare all'interno dell'unità centrale tutte le vibrazioni udibili consentite dalla capacità dell'apparato stesso.

Il compositore sceglie tra le operazioni suddette quelle che gli servono per il proprio lavoro e nell'appropriato codice le comunica all'elaboratore tramite schede perforate.

L'emissione dei suoni è captata via cavo e registrata su nastro magnetico.

Queste in sintesi le operazioni per impiegare il calcolatore elettronico come esecutore.

Per inciso dirò che il programma elaborato per le esperienze recenti che si sono fatte in Italia permette l'uso di 1500 frequenze o suoni la cui durata può avere 65.000 valori diversi.

Ritorno alla comunicazione iniziale, cioè che in 40 secondi un calcolatore s'è posto in condizione di eseguire 15.625 suoni, per chiarire che il fatto che sia predisposto all'esecuzione non significa che emetta suoni ma solamente che elabora dati, li registra, li immagazzina nelle memorie a disco o a nastro, dette anche memorie periferiche. L'esecuzione avviene quando l'operatore ordina il trasferimento dei dati all'unità centrale per il loro impiego; la velocità di immagazzinamento e di trasferimento è di 60 mila caratteri/secondo, vale a dire circa 390 suoni/secondo. Volendo cercare analogie con la pratica musicale classica si potrebbe dire che elaborazioni e immagazzinamento equivalgono alla stesura della partitura; il trasferimento e lo svolgimento equivalgono all'esecuzione.

Ed ora un confronto: la IX Sinfonia di Beethoven comprende circa 250.000 suoni, il calcolatore può preparare cinque lavori della stessa complessità in 1 ora e quaranta in 8 ore.

Se poi si considera che le esperienze compiute finora hanno quel carattere di elementarità che contraddistingue ogni iniziale presa di contatto con sistemi o mezzi inconsueti, è lecito supporre che ulteriori perfezionamenti tecnico-operativi porteranno a risultati superiori a quelli ottenuti presentemente.

Si deve infine aggiungere che le cifre concernenti il tempo di elaborazione esposte sono valide solo per il momento presente.

La rapida successione delle generazioni dei calcolatori, obbliga ad un continuo riesame delle situazioni via via creantisi. Per esempio, è prevista per l'anno prossimo una riduzione di due terzi dei tempi dati relativamente all'esperienza citata all'inizio di questo intervento.

Il calcolatore elettronico è il più recente e il più evoluto strumento acquisito dalla pratica musicale.

È l'ultimo di una lunga serie a cui ha dato inizio la valvola termoionica o elettronica.

Da allora gli strumenti legati in qualche modo all'elettronica, amplificatori, filtri, microfoni, altoparlanti, ecc., sono entrati nella vita della musica alterandone gli equilibri da tempo stabiliti tra creatore, esecutore, ascoltatore.

Questa alterazione, limitata al rapporto esecutore-ascoltatore fino all'introduzione del nastro magnetico, investe l'attività creativa all'affermarsi di questo ultimo mezzo. Esso è tanto importante che oltre a portare un miglioramento sostanziale nelle trasmissioni radiofoniche e nelle incisioni discografiche, contraddistingue una fase di conquiste toniche e operative senza precedenti. Basta accennare al controllo immediato dell'evento sonoro prescelto dal compositore stesso, e alla realizzazione perfettamente corrispondente alle intenzioni del creatore che è ad un tempo anche esecutore.

Con il nastro magnetico, il magnetofono, i generatori di frequenza, di rumore bianco ed altri, il dominio dell'uomo sull'intera gamma dei suoni udibili si estende e si rafforza ad un tempo con il raggiungimento della libertà dalla manualità o virtuosismo esecutivo.

Fino all'acquisizione dei calcolatori elettronici – avvenimento recente almeno in dimensioni sensibili – si può parlare di semiautomazione o di periodo di sutura tra l'artigianato e l'automazione vera e propria.

Con l'introduzione dei calcolatori si sta raggiungendo veramente una nuova fase delle conoscenze e dell'impiego del mondo sonoro.

L'avvio a un totale mutamento delle strutture della società musicale sviluppatasi e consolidatesi nei secoli sulle basi che conosciamo, e che fino ad oggi erano ritenute insostituibili, è una realtà.

All'esecutore si sostituisce l'apparato elettronico che per la sua sbalorditiva potenza in aumento continuo darà al fruitore mondi sonori mai prima d'ora nemmeno sospettati e la cui scelta ricca e agevole sarà disponibile in qualsivoglia luogo e momento.

Infatti la recente applicazione dei cosiddetti terminali remoti, che come si sa consentono l'utilizzazione del calcolatore a distanza di decine, centinaia, migliaia di chilometri lascia intravedere applicazioni favolose.

Attualmente l'automazione si affianca alla pratica manuale. Ma a che cosa porterà l'accostamento di due sistemi operativi tanto differenti?

Personalmente dubito del persistere del loro equilibrio, sia in considerazione dell'età ormai secolare dei nostri strumenti barocchi e della loro fonica priva dopo tanto impiego di pregnanza informativa, sia per le prospettive di conquiste fino ad oggi immaginabili, cioè la liberazione da fatiche improbe imposte dalla tecnica tradizionale e conseguentemente le possibilità di un maggior affinamento del lavoro intellettuale che è poi la meta a cui l'uomo tende. Esso infatti vuole riserarsi solo l'attività creativa affidando alle macchine l'esecuzione dei suoi programmi e l'attuazione delle sue idee.

Concludo osservando che la disponibilità per chiunque, in ogni luogo e in ogni tempo di una quantità praticamente infinita di micro e macrostrutture sonore tramite computers operanti in time-sharing con i relativi terminali remoti e le conquiste in atto nella cibernetica in generale, inducono a ribadire taluni concetti che possono essere così sintetizzati: progressiva caduta di ogni forma di specializzazione; provvisorietà del valore di ogni esperienza e acquisizione e di ogni impostazione didattica; agibilità totale di scelta non più dipendente dall'arbitrio di pochi specialisti.

Si manifesta infine l'inderogabile necessità di una stretta collaborazione dei centri sperimentali in luogo di una superata e inutile concezione competitiva. Tali centri diminuiranno presumibilmente di numero in diretta proporzionale con l'aumento della loro potenza operativa sino al prevenibile sfocio nell'impiego di centri-satellite rotanti intorno al globo approntati per ogni soluzione sonora richiesta.

Il divenire storico del processo operativo in musica, come in altri settori dell'attività umana, corrisponde ad una piramide la cui base è costituita dalla esclusiva manualità e il vertice dall'automazione integrale il «tutto per tutti infaticato e senza valore» del sociologo e psicologo Renato Famea sintetizza impareggiabilmente la condizione umana che ci attende nel prossimo futuro.

## [8] *Sulla 'computer music'*

*Il computer offre la possibilità di risolvere i problemi dell'automazione integrale di ogni branca dello scibile musicale, dalla musicologia alla composizione e alla esecuzione, contribuendo in modo determinante al futuro del mondo sonoro.*

Nel momento in cui l'uomo è in possesso di strumenti per operare a tale livello di complessità e perfezione da realizzare una estensione rapida e imprevedibile delle sue cognizioni e delle sue facoltà operative che oggi già gli permettono di concretare in successione vertiginosa progetti audacissimi, ed è costretto ad una continua rettifica del concetto ragionevole di limite circa le sue possibilità nonché all'aggiornamento degli strumenti stessi, si deve convenire che la problematica generale legata ad ogni attività umana, tramandataci dal passato o sorta nel presente, non può trovare soluzioni rispondenti alle esigenze attuali senza tener conto delle opportunità di impiego delle tecniche più avanzate. Il prescindere da esse significherebbe dispendio inutile, e perciò dannoso, di tempo e di energia in un lavoro antistorico, antieconomico, antiumano.

La musica non fa eccezione; le tecniche 'sé-operanti' e le relative metodologie, da quelle imprescindibili, stanno trovando applicazione nei suoi vari settori: composizione, ricerche toniche e musicologiche, ponendo, al limite, l'operatore in condizione di liberarsi completamente di ogni onere manuale quale la stesura dei testi, la loro esecuzione e sostituendolo anche in un'ampia serie di stadi decisionali. Ne conseguono varie applicazioni a livello operativo, organizzativo, estetico, didattico-sociale che impongono un riesame delle preesistenti strutture della prassi musicale, sulla scorta di tutti gli elementi forniti dalla nuova realtà dell'attuale era 'tecnologica'; era che eleva smisuratamente il potere dell'uomo, facendogli assumere, d'altronde, la tremenda responsabilità connessa con la traduzione in realtà dei suoi più fantastici sogni.

L'incidenza nella pratica musicale dell'evoluzione dei suoi strumenti nel corso dei tempi può sintetizzarsi come segue.

*Dagli albori al XIX secolo*

La creazione e l'esecuzione musicale passano da stadi primitivi ad una tecnica più complessa, mantenendo invariate alcune caratteristiche.

*Composizione:* nella stesura dei testi si passa dalla manualità alla stampa.

*Esecuzione:* gli strumenti a funzionamento manuale sono privi di qualsiasi forma di 'automatismo' e quindi inerti se abbandonati dall'esecutore.

*Limiti di agibilità nel mondo sonoro:* sistema intervallare 'ben temperato' e possibilità ritmiche e foniche condizionate dalle capacità esecutive umane.

*Audizione:* il consumo avviene esclusivamente nell'istante e nell'ambiente in cui opera l'esecutore. Il fruitore non può in alcun modo intervenire nella scelta, nella esecuzione e nel luogo di emissione del messaggio.

L'invenzione di nuovi strumenti ed il loro progressivo perfezionarsi non alterano la prassi operativa ed il rapporto compositore-esecutore-ascoltatore.

*XX secolo*

Proseguimento della manualità sia nella tecnica compositiva che in quella esecutiva. Parallelamente, in ogni stadio operativo musicale ha inizio il processo di automazione caratterizzato dall'impiego di strumenti che conservano il messaggio sonoro (disco) e lo trasmettono in qualsiasi punto dello spazio (radio). Il susseguente sviluppo dell'automazione vede l'introduzione nella pratica musicale dei generatori di frequenze, del nastro magnetico, dei filtri, dei sintetizzatori ecc. e, più recentemente, dei computers.

Questo rapido *excursus* evidenzia un momento della massima importanza: l'acquisizione di strumenti 'sé-operanti' e il loro impiego in sostituzione dell'uomo in ciascun momento dell'*iter* operativo, dall'idea alta sua esecuzione, attraverso vari momenti di scelta, combinazione, e controllo dei valori parametrici del suono. Il significato della conquista va oltre il fatto rimarchevole (e addirittura impreveduto nel settore in oggetto, ma ormai acquisito concettualmente in generale) della liberazione dal lavoro manuale, per riguardare il problema del rinnovamento delle strutture della 'società musicale', delle sue gerarchie e dei suoi rituali; strutture inattaccabili e insostituibili fino alla comparsa del primo strumento in grado di subentrare all'uomo come esecutore, il disco, ma poi in graduale decadenza a causa delle continue immissioni dei nuovi e più evoluti apparati che il progresso scientifico può via via offrire al settore musicale. E il susseguirsi di tali apporti è in continua accelerazione.

La gradualità della vera e propria metamorfosi tecnologica in atto nel ramo musicale è chiara e ben individuabile in ogni suo stadio.

Lasciando in disparte tutte le ricerche avvenute avanti l'apparizione del disco, che non hanno lasciato traccia apprezzabile a causa dell'insufficienza dell'indispensabile supporto tecnologico, è proprio con la celebre invenzione di Thomas Alva Edison che inizia la sopra accennata sostituzione del lavoro e della presenza fisica dell'uomo. Il *disco*, permettendo la conservazione del messaggio e la sua riproduzione in ogni luogo

e tempo scelti dal fruitore, altera sensibilmente il rapporto esecutore-ascoltatore sotto gli aspetti economici, estetici e culturali. Economici, per il costo limitato del disco in relazione alle numerose audizioni possibili a livello tecnicamente accettabile; estetici, per la generale eccellenza dell'esecuzione, per la possibilità dell'immediato raffronto fra diverse interpretazioni e per la testimonianza riguardante le esecuzioni del passato. Quest'ultima ha favorito un più spedito cammino in sede estetico-tecnica mettendo in luce la limitazione nel tempo della validità interpretativa<sup>1</sup> e stimolando la tecnica degli strumentisti; culturale perché l'enorme diffusione del disco permette una larghissima diffusione di messaggi musicali.

La *radio* si affianca al disco nelle prerogative sopra accennate e, in più permette l'ascolto simultaneo a moltitudini di ascoltatori. Sia il disco che la radio provocano il decadimento dell'attività musicale per quanto riguarda l'esecuzione a livello dell'amatore e la presunta indispensabilità dell'esecuzione dal vivo. con conseguente ridimensionamento della reale importanza dei tradizionali luoghi di riunione destinati alla musica: la sala da concerto e il teatro. L'introduzione, poi, del nastro magnetico nelle tecniche discografiche e radiofoniche ha elevato il potere concorrenziale di questi canali nei confronti dell'esecuzione dal vivo, a causa dell'alto livello di perfezione raggiunto con tale mezzo nella incisione e nella riproduzione.

La fatica, o meglio, l'impossibilità degli Enti musicali, soprattutto di quelli sinfonico lirici, di sostenere tale concorrenza è ormai evidente e la competizione non può che risolversi sfavorevolmente per questi ultimi. Solo l'inerzia di una imponente tradizione ed altri fattori che niente hanno a spartire con la musica permettono un proseguimento, oltre i limiti delle reali esigenze della società, di attività nettamente superate dalla dinamica degli avvenimenti che stanno modificando l'intera vita della comunità umana. È sufficiente infatti esaminare le disponibilità discografiche e dei canali radiofonici nazionali, inclusi quelli della filodiffusione, e ripensare poi alla situazione musicale dell'inizio del secolo o anche solamente di venti anni fa per constatare l'entità del mutamento delle condizioni della musica nelle fasi di esecuzione e fruizione.

Il nastro magnetico e gli altri apparati elettronici sopra elencati, alcuni dei quali a funzionamento automatico, danno al compositore facoltà, per la prima volta del corso della storia della musica, di realizzare, ascoltare, modificare immediatamente gli elementi fonici concepiti<sup>2</sup>. L'autore può registrarli su nastro magnetico con l'ampia agibilità consentita dagli apparati elettronici di generazione, alterazione, sovrapposizione del suono che costituiscono la strumentazione degli studi di musica sperimentale sorti dopo il 1945. Ne conseguono: la disponibilità del totale sonoro, lo svincolo dal sistema 'ben temperato', l'eliminazione dell'esecutore quale interprete e mediatore tra compositore e ascoltatore e, infine, il superamento dei limiti delle capacità esecutive

<sup>1</sup> Significativa a questo riguardo l'eccezione rappresentata dalle esecuzioni toscaniniane tuttora vive e insuperate.

<sup>2</sup> Prerogativa in precedenza estremamente rara e riservata a pochi compositori virtuosi di qualche strumento limitatamente alle produzioni concepite per esso.

umane. Il compositore vede così soddisfatta la sua aspirazione alla perfetta realizzazione delle sue idee ed il pubblico, la cui sensibilità è stata progressivamente educata dal livello qualitativo raggiunto dal disco e dalle trasmissioni radiofoniche, si vede offrire prodotti qualitativamente perfetti. Infine l'elementarità delle operazioni di produzione estende le possibilità operative nel campo della musica ad un elevato numero di aspiranti culturalmente evoluti ma privi delle specializzazioni indispensabili per la musica artigianale.

Il *computer* poi, al suo apparire, ha posto in campo le sue capacità destinate a risolvere i problemi dell'automazione integrale di ogni branca dello scibile musicale dalla musicologia alla composizione e alla esecuzione. Studi ed esperienze in merito sono in corso e, in concordanza con il prodigioso progresso qualitativo del mezzo, il loro esito non tarderà a contribuire in modo determinante sul futuro del mondo sonoro. Con l'introduzione di questo strumento la dinamica delle tecniche, dei concetti e delle scelte didattiche e artistiche, che ha sottoposto l'operatore e il fruitore ad un continuo riesame della mutevole realtà derivante dallo sviluppo della strumentazione elettronica, ci presenta un regime di operatività infinitamente più rapido di prima costringendo via via l'uomo all'adattamento alle nuove forze e al loro controllo senza pause e incertezze. L'intensità degli studi nel settore della *computer music* è in costante aumento. Centri di calcolo elettronico e di automazione sperimentano e perfezionano tecniche e sistemi mentre si delinea l'impostazione di una didattica intesa a preparare quadri di studiosi e programmatori abilitati a questo genere di lavoro. Si segnala a tutt'oggi attività didattica a Urbana (Illinois), Princeton (New Jersey), Utrecht (Olanda) e Firenze (Italia). Il corso di *Firenze* è stato istituito nel febbraio 1969 presso il Conservatorio di Musica ed è svolto in collaborazione con il Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico (CNUCE) di Pisa.

Tale rapidità di mutamenti in sede strumentale induce a pensare che oggi l'esperienza e la dimostrazione hanno la loro massima validità e giustificazione storica nel solo momento in cui sono attuate, per cui la programmazione, anche limitata nel tempo, deve tener conto del ritmo dell'evoluzione tecnologica prevista durante il periodo di realizzazione della programmazione stessa. Siamo alle viste di un evento di alta suggestione: la disponibilità per tutti, attraverso diversi canali, radio o filodiffusione, di un immenso numero di micro o macro strutture sonore componibili secondo gradimento da parte degli utenti per mezzo di elementari operazioni su tastiere, commutatori, terminali remoti o fotocellule. Numerosi canali provenienti da centri o anche da un solo centro distributore di altissima efficienza potranno giungere in ogni ambiente e dare la facoltà più ampia di scelta ad ogni singolo individuo nell'ambito del mondo a lui stesso congeniale. Compositore, esecutore e fruitore saranno in tal modo una sola persona.

La conseguente totale caduta della specializzazione e la capacità personale di ottenere qualsiasi combinazione sonora condurrà per forza al disinteresse per le scelte altrui o, quanto meno, ad un interesse non superiore alla mera curiosità e indirizzato più in senso metodologico che estetico. Tale fenomeno è già constatabile, in misura minore, ma evidente, nei rapporti tra centri di musica sperimentale a base elettronica e deriva, appunto, dalla possibilità di ogni centro di raggiungere risultati notevoli

con relativa facilità grazie all'elevato grado di funzionalità degli apparati elettronici disponibili.

Le prospettive per il futuro sono ormai prive di qualsiasi carattere fantascientifico. Tutti gli strumenti, alla maniera di pezzi di un meccano, esistono e non attendono che di essere usati. Permangono, logicamente, difficoltà di ordine concettuale e organizzativo più che economico (perché i costi saranno irrisori, nemmeno paragonabili a quelli destinati a sostenere le strutture musicali tradizionali) e ciò rallenta il progredire degli studi e delle esperienze con il solo risultato, tuttavia, di ritardare un processo inevitabile mentre sarebbe doverosa una responsabile presa di coscienza del problema anche al fine, nel caso che anche in questo settore il *gap* si facesse sentire, di ottenere che almeno qui, come in altri settori fra quelli meno ardui per costi e organizzazione, l'Europa potesse acquisire una priorità.

In ogni modo, l'esame del passato, del presente e la formulazione di ipotesi sull'avvenire della musica alla luce dell'evoluzione degli strumenti disponibili per far musica, indica un andamento a piramide che va dalla base costituita dall'imponente e diffuso lavoro manuale, fino al più perfetto sistema 'sé-operante' ad universale disponibilità (*computer* – satellite radioricetrasmittente) attraverso tappe intermedie di automazione rappresentate dalle conquiste tecniche conseguite a partire dal vecchio fonografo fino al computer. Il «tutto per tutti infaticato», felice sintesi del sociologo Famea<sup>3</sup> indicante la condizione futura dell'umanità si prospetta naturalmente anche per la musica, facendole vivere proprio adesso uno dei momenti più esaltanti della sua ineluttabile metamorfosi.

<sup>3</sup> Renato Famea, *Lo sconcertante mondo di domani*, Centro Nazionale di Studi sulla Civiltà moderna, Venezia 1966, p. 114.

[9] *Musica in tempo reale*

La rivoluzione in atto nella realtà del nostro tempo impone a chi opera nel campo delle varie arti una presa di coscienza del momento storico, una visione chiara di ciò che ormai appartiene al passato e una ricerca del senso del presente da cui muovere per la formulazione di ipotesi sul futuro.

È indubbio che questo impegno non si assume senza in qualche modo riportare degli shocks e senza esser disposti ad accettare quanto di traumatizzante ci può essere nel rinunciare a principi e valori su cui ci siamo formati, ma che ci appaiono ormai fuori del presente.

Il discorso è valido evidentemente per tutti i settori della cultura e pertanto deve essere esteso anche alla musica che, fra le varie arti, appare almeno sul piano istituzionale la, più legata ancora ad una concezione genericamente romantica.

Non ci stancheremo pertanto di invitare tutti coloro che operano nel campo musicale – e dimostrano un'accentuata mancanza di interesse per ogni attività sperimentale ignorando l'importanza dei nuovi strumenti acquisiti dall'uomo – a considerare nel settore in questione, e anche in una visione interdisciplinare, il contributo che essi sono in grado di offrire allo sviluppo della civiltà.

È fuori dubbio che, come la storia insegna, ogni tappa del progresso umano è stata caratterizzata dall'impiego di strumenti sempre più potenti; il prescindere significa dunque vanificare a priori ogni eventuale impegno creativo e realizzativo in qualunque attività.

Fra le rare eccezioni di musicisti che hanno capito fino in fondo questo problema, ci sembra opportuno ricordare quella geniale figura di uomo e di artista che è stato Hermann Scherchen, che in nessun momento apparve nella pratica professionale di direttore d'orchestra come *routinier*, ma anzi, attaccato com'era alla propria disciplina, forse proprio per questo si sentiva obbligato ad un costante ed obiettivo esame dell'evoluzione che si andava via via delineando. Ebbene: egli, che nel 1954 aveva fondato un laboratorio di ricerche elettroacustiche nella propria casa di Gravesano, ebbe a dire a chi scrive, come lui impegnato da privato in analoga iniziativa, che forzatamente tutti e due avrebbero dovuto accorgersi dell'inutilità delle spese che avevano sostenuto, perché i loro apparecchi sarebbero stati ben presto abbandonati per usare invece il *computer*.

L'affermazione era quanto mai profetica, solo che in quel momento gli strumenti elettronici rappresentavano l'unico mezzo avvicinabile e costituivano un *iter* necessario.

Ancora nell'anno 1963 lo stesso Scherchen disse agli allievi del corso dell'Accademia Chigiana di Siena, all'atto in cui si congedava da loro, che invitava a riflettere sull'opportunità di lasciare gli strumenti e tradirli. Tale esortazione lì per lì fece scandalo, senza però stimolare, almeno nell'ambiente in cui il seme era stato gettato, quei ripensamenti che l'autorità della persona e lo spirito dei tempi avrebbero dovuto far nascere.

La situazione dà oggi ragione a Scherchen. Infatti dovunque sono fioriti centri di studi per l'applicazione alla musica dei mezzi forniti dal processo tecnologico alla pratica musicale; ed il cammino percorso è stato estremamente rapido e si svolge con sempre maggior accelerazione. Ed è altresì evidente che in ogni sua tappa esso ha offerto motivo di mettere in discussione alcuni valori o rapporti o riti legati alla musica tradizionale come apparirà da una rapida analisi del processo evolutivo nel campo in argomento.

Con l'invenzione del disco si è cominciato innanzitutto a sostituire il lavoro e la presenza fisica dell'uomo, cioè dell'esecutore, nell'atto della fruizione della musica, dando principio a quel fenomeno di liberazione dal lavoro manuale, che è nella logica della nostra civiltà. Inoltre il disco permette la conservazione di un messaggio e la sua riproduzione a tempo e luogo scelti dal fruitore. La radio, il nastro magnetico e gli altri apparati forniti dalla tecnologia elettroacustica hanno poi arricchito enormemente le possibilità di fruizione sia perché consentono maggior ampiezza di scelte sia perché hanno più capacità di penetrazione in tutti gli strati sociali. Perciò svolgono una funzione culturale di ben altra portata di quella delle istituzioni musicali tradizionali; ed il loro intervento è stato tale da alterare in modo assai evidente i rapporti intercorrenti tra esse e il pubblico. E se poi vogliamo prendere in considerazione quanto vantaggio il disco, la radio, il nastro magnetico abbiano portato al musicista e al musicofilo, si noterà che l'eccellenza tecnica delle esecuzioni riprodotte, le possibilità di immediato raffronto fra diverse interpretazioni e, infine, le testimonianze riguardanti le esecuzioni del passato permettono sia di soddisfare gli ascoltatori più esigenti sia di trarre spunto per approfonditi studi e ripensamenti, in quanto fanno balzare agli occhi con grande evidenza l'usura di certi messaggi.

In particolare, poi, il nastro magnetico ha consentito all'autore la realizzazione immediata del suo pensiero e quindi ha servito, non solo ad eliminare la presenza dell'interprete all'atto della fruizione, ma addirittura ne ha abolita la mediazione.

L'affermazione che sovente capita di ascoltare, che tuttavia coi suddetti mezzi si perde il vantaggio della partecipazione diretta dell'uomo, cadrà se solo si rifletta un attimo sul rapporto autore-esecutore.

In effetti la mediazione dell'interprete è stata dapprima accettata di buon grado dagli autori. Essi però hanno fornito via via testi sempre più completi, tali da ridurre al limite il margine lasciato all'interprete.

Del resto ci accorgiamo che gli interpreti musicali che subiscono meno l'usura del tempo sono proprio quelli che hanno mirato, nell'interpretazione, alla massima oggettività. Rimangono in questo senso esemplari le esecuzioni di Toscanini.

Ed è significativo l'esempio di Stravinskij, che volle interpretare i propri lavori da sé, per fornire agli esecutori un modello rispondente alla sua volontà; e non esitò a

prendere nettamente posizione contro quegli interpreti che, anziché mettersi al servizio della musica, la piegano alle loro esigenze per fare emergere alcune loro qualità.

Si potrebbe obiettare che correnti musicali recenti come la musica aleatoria, il *new dada* ecc. sembrano riportare l'esecutore ai fasti del passato tanto da fornirgli spesso il ruolo di compositore. Ma questi fenomeni vogliono essere una posizione di rottura per denunciare la decadenza delle forme e l'inadeguatezza degli strumenti tradizionali, e quindi in un certo senso preparano la situazione che si va delineando con la comparsa degli strumenti offerti dalla moderna tecnologia.

È fuori dubbio dunque che, sotto la spinta dei mezzi in questione, nella produzione e nell'ascolto della musica si deve mettere in discussione tutta la prassi tradizionale. Infatti ci si presentano vari interrogativi, ad esempio che senso abbia un'esecuzione dal vivo, quando è indubbia la superiorità qualitativa della musica riprodotta; che senso abbia il rito del concerto o dello spettacolo musicale in genere, se vi partecipa solo una élite legata ad una consuetudine borghese ormai abnorme rispetto alla realtà. Infatti l'uomo è abituato oggi a ricevere messaggi, non più a cercarli, perché è quotidianamente sommerso da un'enorme quantità di informazioni che lo raggiungono dove si trova. Il dover raggiungere un luogo di riunione per fruire della musica è evidentemente un andar contro corrente; e non si creda che ciò favorisca la difesa dell'individualità, semmai questa sarà favorita dalla consuetudine di operare scelte proprie tra le informazioni che ci raggiungono.

Se consideriamo ad esempio quale è stata nel passato la funzione sociale del teatro ci accorgiamo che, oltre che per fornire motivo di diletto, esso era importantissimo sia per i messaggi che diffondeva coi suoi spettacoli sia perché costituiva luogo d'incontro per quell'*élite* sociale e culturale che si identificava con le forze politicamente, socialmente e culturalmente operanti nelle varie epoche. Oggi però molti altri canali d'informazione hanno il compito di trasmettere messaggi ad una base sociale infinitamente più larga, quale è l'attuale e, essendo più moderni, hanno prerogative che non consentono al teatro di reggere il confronto. Naturalmente gli spettacoli musicali non fanno eccezione a quanto si è detto sopra, per cui qualunque tentativo di penetrazione capillare nel tessuto sociale con forme di spettacolo tradizionale, rappresenta oggi un tentativo troppo tardivo e perciò anacronistico; così come rasenta l'utopia, di fronte ai mezzi attuali, servirsi del teatro in generale – e di quello musicale in particolare – per la diffusione di contenuti politici; oggi, in cui un pubblico della più varia estrazione culturale può ricevere messaggi impegnati in ogni senso nel proprio domicilio e, per quanto riguarda la musica, può disporre di una produzione qualitativamente perfetta!

Va da sé che ogni considerazione che coinvolge la funzione delle istituzioni musicali è destinata a riflettersi sugli istituti di istruzione musicale, a cui è affidato appunto il compito della formazione delle nuove leve di strumentisti. Essi devono evidentemente riesaminare le loro finalità e la loro organizzazione. Nati come istituti destinati a creare una particolare categoria di professionisti, la cui preparazione era tutta concentrata in un lungo e faticoso esercizio sugli strumenti musicali, affiancato da lezioni teoriche su discipline rigorosamente affini – i corsi di studi non vanno neppure oggi, per quanto riguarda la cultura generale, oltre i confini della scuola dell'obbligo – rischiano di condannarsi ad un inevitabile declino, se non sapranno assumersi il compito che automa-

ticamente scaturisce dalla nuova realtà e che impone ad essi di tener conto dei mezzi di riproduzione della musica, degli apparati elettronici e soprattutto del *computer* che, per le sue eccezionali capacità, permetterà l'automazione integrale in ogni branca della musica, dalla musicologia alla composizione e all'esecuzione.

Il *computer* impone di essere consapevoli come non mai della necessità di concezioni nuove, estremamente dinamiche, sia per quanto riguarda le teorie che le strutture che ne possano derivare.

La nostra civiltà è infatti sottoposta ad un'accelerazione che non consente pause o incertezze. Anche al musicista, pertanto, non rimane che la scelta del mezzo più evoluto, di quello che può dare più attualità e pregnanza al suo lavoro, cioè il *computer*.

Oggi la *computer music*, che ha avuto inizio non molto dopo la nascita del *computer* stesso e ne ha seguito lo sviluppo in un rapporto all'incirca costante, è il prodotto delle esperienze di numerosi operatori che nei vari centri di calcolo del mondo hanno dato vita ad un'intensissima attività.

Così dalle isolate ricerche di Killer a Urbana e di Barbaud a Parigi siamo arrivati oggi ad una rete a livello mondiale di centri operanti, fra cui quelli di New York, Tokyo, Los Angeles, Londra, Urbana, Albuquerque, Utrecht, Parigi, Pisa. Presso il CNUCE (Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico) di Pisa il programma di lavoro che è stato formulato e impostato sul criterio della ricerca di una soluzione globale dei problemi inerenti all'automazione della produzione sonora ed è anche ispirato all'intento di offrire agli eventuali fruitori un'amplissima possibilità di scelta da esercitare per la produzione di musica attraverso l'uso dei terminali. Mentre altrove si individuano metodi e programmi diversi che potrebbero essere così schematizzati: o elaborazione con il *computer* della sola partitura, affidata poi per l'esecuzione ad altri strumenti, oppure controllo da parte del *computer* di altri apparati elettronici quali sintetizzatori, catene di filtri, modulatori ad anello, magnetofoni o, infine, elaborazione ed esecuzione diretta.

La misura dell'apporto del *computer* all'estensione delle facoltà operative dell'uomo nell'ambito sonoro, così come in ogni altro settore dell'attività umana, è provatamente immensa: esso dà la possibilità di spaziare in campi sonori illimitati, libera dalle fatiche imposte dalle tecniche tradizionali, accelera smisuratamente i tempi di produzione, permette a tutti di sviluppare ed esprimere anche nel campo della musica la propria creatività, offre infine informazioni sempre pregnanti. Inoltre, a causa del succedersi delle cosiddette generazioni di sistemi logici, permette una continua espansione della ricerca e delle realizzazioni.

Ed è proprio per questo che, lavorando col *computer*, dobbiamo renderci conto che ogni nostra esperienza, il cui peso storico è indiscutibile, è destinata ad essere rapidamente superata e pertanto rappresenta solo un momento di una perenne attività, che si sviluppa in diretto rapporto col vertiginoso incremento e potenziamento del mezzo che la determina.

Se facciamo un raffronto tra la procedura operativa secolare, imperniata sull'esecuzione diretta dell'uomo per mezzo di strumenti di per sé inerti e l'automazione dei processi che si svolgono nel *computer*, balza evidente all'occhio la constatazione che nel tempo, ad esempio, in cui l'esecutore accorda lo strumento, il *computer* elabora dati di

migliaia di suoni, che naturalmente potranno venire da esso stesso anche eseguiti secondo gli ordini ricevuti, con una precisione che va al di là delle facoltà umane. Merita poi adeguata considerazione il tempo che è necessario per imparare ad eseguire anche forme elementari con gli strumenti tradizionali, sia pure da parte di soggetti forniti di specifiche attitudini musicali e strumentali; questi esecutori sono stati per secoli costretti a trascorrere le ore migliori dell'età giovanile dedicandosi a lunghi e faticosi esercizi manuali, mentre i mezzi attuali offrono la possibilità, a chi si voglia impegnare in un'attività musicale, di non soggiacere ad una condizione di inferiorità come quella di non aver tempo per una formazione culturale generale, con evidente danno individuale che si riflette poi in uno scarso apporto sociale.

Ora dunque, proprio attraverso l'impegno dell'elaboratore elettronico si può pensare di trovare qualche risposta agli interrogativi che abbiamo formulato e si possono formulare anche proposte di parziale soluzione di altri problemi evidenziati dallo sviluppo della società.

Il *computer* ci dà la musica in tempo reale; questa è la novità indubbiamente scioccante che esso ci offre. Attraverso i terminali, strumenti estremamente semplici per quanto ne concerne l'uso – e che sono oggi alla portata di tutti, se non di famiglia come saranno in futuro, almeno delle istituzioni – ognuno oggi è in grado di programmare, produrre, ascoltare musica con un'ampiezza di scelte che non ha confronti. Infatti si può andare dalla riproduzione di opere classiche fino alla creazione di qualsivoglia prodotto sonoro. Queste straordinarie possibilità, i cui limiti attuali sono destinati ad essere rapidamente superati dall'evoluzione degli studi, rendono sempre più anacronistico l'atteggiamento di chi, per fruire della musica, deve dipendere dalle scelte degli altri; al limite liberano dalla musica degli altri.

Ci si trova poi di fronte al fatto nuovo che viene offerta la possibilità di operare nel campo della musica ad un elevatissimo numero di aspiranti, data l'elementarità dei mezzi con cui si può ottenere la musica. Essi potranno secondo il proprio gusto, corrispondere al desiderio di ritorno alle voci del passato oppure esprimere la propria creatività operando in modo estremamente semplice su un apparecchio che è destinato a diventare familiare.

È per questo che il *computer* ha tutte le carte in regola per divenire anche uno strumento didattico efficacissimo, atto ad inserirsi in qualsiasi ordine di scuola e ad educare alla musica giovani di qualsiasi età, risolvendo così un annoso problema, quello dell'educazione musicale dei giovani in tutti gli indirizzi di formazione.

Infine, se proiettiamo lo sguardo nel futuro, potrà offrire eccezionali opportunità nel quadro dell'impiego del tempo libero.

Proprio in questa visuale hanno avuto luogo nell'autunno scorso le prime dimostrazioni del lavoro svolto in Italia in questo settore, dapprima Venezia, in occasione del Festival di Musica Contemporanea, poi a Rimini nell'ambito della I Biennale internazionale di metodologia globale della progettazione.

Qui, per una settimana, in un padiglione allestito dalla IBM in collaborazione col CNUCE di Pisa, il pubblico ha potuto prender contatto con un terminale collegato appunto con un elaboratore della serie 360 IBM a Pisa e, fornendo istruzioni secondo un programma preordinato, ha potuto ottenere la risposta musicale immediata.

Analoghe esperienze sono poi avvenute nello stesso periodo a Como durante l'Autunno Musicale.

Queste ultime esperienze, relative all'impiego di un terminale, di cui va segnalata la priorità a livello internazionale, convalidano in larga misura le previsioni che siamo venuti formulando.

Ed è proprio in riferimento ad esse che vien fatto di notare l'atteggiamento assunto da certi ufficiali della critica, che, evidentemente rimasti completamente estranei ai caratteri dell'esperienza e alle loro implicazioni problematiche, hanno creduto di poterne parlare con un metro di valutazione e perfino una terminologia assolutamente impropri nei confronti del fenomeno a cui assistevano, domandandosi ad esempio se si trattava di «opere d'arte». Essi hanno così indicato ancora una volta l'incapacità di emanciparsi dai modelli tradizionali, mentre sarebbero occorse piuttosto riflessioni sul significato delle esperienze, sulle loro proiezioni future, su come esse potevano essere inquadrare in una visione interdisciplinare, sulle proposte che ne potevano derivare per la soluzione di alcuni problemi di fondo che lo sviluppo della società farà emergere, come quello del tempo libero. Eppure si dovrebbe trattare di acquisizioni ormai ufficialmente diffuse e anzi in corso di approfondimento. Invece si è visto che chi è investito dalla responsabilità ufficiale dell'informazione in certi casi ha potuto sentir parlare, senza subire stimoli per alcuni ripensamenti, delle possibilità che ha oggi l'uomo di disporre di mezzi che possano far considerare già una realtà l'autoinformazione, l'autocreazione, l'autoformazione.

Naturalmente l'autocreazione fa sorgere il problema dello sviluppo della personalità dell'uomo, della formazione del gusto e di una nuova posizione nei confronti dell'estetica, ed investe pertanto il campo didattico.

Questa visione della futura formazione dei giovani, che dovrebbe concedere spazio anche alla musica, trova conforto in alcune prospettive indicate da vari sociologi. Essi infatti vanno delineando l'immagine di una società caratterizzata sia da un'istruzione ed una ricerca permanenti, sia da una maggiore entropia nel ciclo della vita, cioè dal passaggio da un'attività ad un'altra.

È chiaro dunque che l'uomo negli anni giovanili dovrà fare un gran numero di esperienze nelle più diverse discipline, per penetrare già da allora in quello che è lo spirito delle eventuali future professioni, e dovrà inoltre convincersi che le sue acquisizioni non possono avere carattere definitivo. Poi anche nella pienezza della sua maturità il tempo libero, derivante dall'incremento dell'automazione, gli darà la possibilità di arricchirsi culturalmente e di affinarsi.

È probabile che le opinioni qui espresse lascino perplessi molti musicisti, perfino fra quelli che operano nella *computer music*; esse peraltro mi sembrano suffragate dall'evidente trasformazione della società del nostro tempo, di fronte alla quale non mi sembra saggio chiudere gli occhi.

Oggi abbiamo virtualmente la possibilità di soluzione per tutti i nostri problemi; non mancano i mezzi, mancano le strutture adeguate. Prendiamone atto con consapevolezza e operiamo ricordando che sulla nostra generazione pesa la responsabilità delle generazioni future.

## [10] *Computer music in tempo reale: l'esperienza di Pisa*

### 1. *Suonare il computer in tempo reale*

Cosa si intende quando si dice che un brano musicale viene eseguito «con il computer» o, addirittura, «dal computer»? Immaginiamo di avere un sintetizzatore dotato di tastiera e pannello di comando con innumerevoli interruttori, manopole, cursori e joy-sticks; la complessità della musica che saremo in grado di ottenere tramite questo strumento dipenderà essenzialmente da due fattori:

- a) la nostra abilità alla tastiera;
- b) la nostra velocità e precisione nel manipolare i comandi del pannello.

Ricorrere ad una esecuzione a quattro mani (due sulla tastiera, due sul pannello) potrà indubbiamente migliorare la situazione, ma non renderà certo possibili sostanziali novità.

Grosse novità invece possono nascere se si fa entrare in gioco il computer: collegato opportunamente il nuovo 'strumento' al sintetizzatore e istrutitelo sul da farsi, esso potrà pilotare la tastiera ed il pannello di comando (o meglio, direttamente i corrispondenti oscillatori e circuiti vari) con una complessità di controllo e con una velocità e precisione enormemente superiore a quelle possibili per qualsiasi esecutore umano.

In questo senso si può dire che il computer svolga, in parte, la funzione dell'esecutore. Diciamo 'in parte' perché naturalmente non ci potremo aspettare dalla macchina alcuna interpretazione personale o ispirata della partitura, ma soltanto la semplice e perfetta esecuzione della sequenza di comandi da noi precedentemente memorizzata.

Superate alcune delle limitazioni insite nella manualità, rivolgiamo l'attenzione ai limiti dello strumento, il sintetizzatore.

I metodi di sintesi del suono, cioè i metodi per ottenere le funzioni che rappresentano le fluttuazioni del segnale audio nel tempo a partire da funzioni costituenti più semplici, sono numerosi, e difficilmente un sintetizzatore può incorporarli tutti; ancora più difficile è trovare un sintetizzatore che sia potenzialmente predisposto a qualsiasi nuovo metodo di sintesi che la ricerca può escogitare. Per il suo carattere di programmabilità il computer non soffre di questa limitazione. Esso infatti, se programmato opportunamente sulla base delle formule di sintesi richieste, potrà realiz-

zare l'intero processo di costruzione del suono senza dover gestire, a questo scopo, un sintetizzatore esterno, giungendo fino allo stadio finale della rappresentazione digitale (numerica) del segnale audio; un semplice convertitore digitale/analogico (DAC) trasformerà la serie di numeri (campioni) generati dal computer in suono. Si parlerà di metodo 'ibrido' quando il processo di sintesi viene svolto da una apparecchiatura analogica esterna al computer e da questo controllata; e di metodo 'interamente digitale' quando il segnale audio, nella sua rappresentazione 'a campioni', viene fornito direttamente dal computer.

Non sempre gli elaboratori su cui operano i programmi per la sintesi digitale del suono, per la mole di calcoli richiesta, sono in grado di fornire al DAC la serie di campioni del segnale audio a una velocità tale da garantire un suono di buona qualità (32.000 campioni al secondo, almeno). In questo caso i campioni vengono prima calcolati e memorizzati, ad un ritmo più lento, su opportuni supporti (memorie di massa come dischi o nastri magnetici), quindi vengono spediti ad alta velocità al DAC per l'esecuzione in 'tempo differito'. Non poter ascoltare immediatamente il risultato sonoro di una elaborazione costituisce ovviamente un notevole svantaggio.

Si dice invece che il computer suona in 'tempo reale' quando il tempo di calcolo e il tempo di esecuzione musicale sono sovrapposti, o comunque alternati, in modo che il primo sia trasparente all'ascoltatore; il calcolo di un campione del segnale per il DAC (sintesi digitale) o di una istruzione di controllo per il sintetizzatore esterno (sintesi ibrida) viene effettuato ad alta velocità nell'intervallo di tempo fra la spedizione di un campione, o di una istruzione, e la spedizione successiva, senza che il suono subisca interruzioni. Con il metodo ibrido, essendo il computer alleggerito del lavoro di sintesi, è possibile ottenere la esecuzione in tempo reale con maggior facilità.

Il TAU2, descritto nel prossimo paragrafo, è un dispositivo elettronico per la sintesi del suono in tempo reale basato sul metodo ibrido.

Le possibilità di impiego del computer come strumento musicale non sono certo esaurite dagli esempi visti fin qui. La funzione più generale dell'elaboratore elettronico è infatti, come dice lo stesso nome, quella di e-laboratore dati. Una volta stabilito un criterio con il quale rappresentare internamente al computer le partiture musicali (codice), queste, oltre a venir memorizzate e ad essere immediatamente eseguibili, possono subire manipolazioni ed elaborazioni la cui realizzazione manuale, con carta (pentagramma) e matita imporrebbe tempi lunghissimi ed alte probabilità di errore. L'esempio più elementare: una partitura classica di data tonalità, una volta memorizzata, può venir trasposta dal computer in qualsiasi altra tonalità in un tempo trascurabile rispetto a quello necessario all'uomo per battere al terminale questa richiesta. Le manipolazioni possibili a questo livello sono, a priori, pressoché infinite, ma sono realizzabili solo dopo aver dotato l'elaboratore di programmi appositamente scritti: uno di questi programmi è il TAUMUS, descritto al prossimo paragrafo.

Abbiamo visto in breve tre modi in cui il computer può essere considerato uno strumento per 'far musica':

- il computer come esecutore automatico di partiture su uno strumento esterno;
- il computer come esecutore e, contemporaneamente, strumento, cioè generatore del suono;
- il computer come mezzo per elaborare strutture musicali ed eseguirle.

Non è ragionevole ritenere che l'applicazione del computer in campo musicale miri alla progressiva sostituzione dello strumento, dello strumentista, dell'orchestra, del compositore e, addirittura, come qualcuno ha obiettato, anche dell'ascoltatore, per giungere alla situazione paradossale in cui avremo da una parte macchine che suonano e dall'altra macchine che a-scoltano, mentre l'uomo rimarrà completamente escluso. Il computer va invece considerato come un mezzo, come un potente 'strumento musicale' che l'uomo soltanto può utilizzare in modo creativo per prolungare le proprie facoltà di pensiero e di espressione, e per dare una forma musicale alle proprie idee.

## 2. *Il sistema TAU2 -TAUMUS*

Una importante realizzazione del gruppo di lavoro pisano è costituita dal sistema TAU2-TAUMUS, un complesso di apparecchiature elettroniche (hardware) e di programmi per computer (software) che consente la memorizzazione, composizione, rielaborazione ed esecuzione in tempo reale di brani musicali. Il sistema, basato sul metodo ibrido (cfr. paragrafo precedente), fa uso, per la sintesi del suono, di un terminale audio appositamente progettato e costruito negli anni '74-75 all'I.E.I., il TAU2, e, per l'elaborazione musicale, del programma TAUMUS, residente sul sistema IBM 370/168 del CNUCE. Il TAU2 può essere visto come lo strumento musicale sul quale vengono eseguite le strutture sonore elaborate tramite il TAUMUS, il TAUMUS, a sua volta, crea e manipola brani musicali sulla base di istruzioni, o COMANDI, assegnati dall'utente mediante la tastiera alfanumerica del terminale (scrivente o video) collegato all'elaboratore.

### 2.1. *Il terminale audio TAU2*

Il TAU2 è uno strumento polifonico, politimbrico e che esegue musica in tempo reale sotto il controllo di un elaboratore di tipo generale.

Il TAU2 è composto da un unità di interfaccia e di controllo interamente digitale che riceve dall'elaboratore le 'istruzioni musicali' contenenti i parametri acustici e scambia con esso i comandi necessari alla corretta trasmissione dei dati musicali, e da un unità digitale-analogica (unità audio) che produce i segnali in banda audio in base alla codifica binaria dei parametri fornita in sequenza dall'unità di controllo.

Elenchiamo brevemente le prestazioni musicali del terminale tralasciando le altre caratteristiche operative.

I segnali audio sono ottenuti sommando un certo numero di segnali sinusoidali con frequenze in rapporto armonico con la fondamentale e con ampiezze regolabili dinamicamente e individualmente tramite le apposite istruzioni musicali dal programma TAUMUS e che contengono in ordine opportuno i parametri:

- Frequenza fondamentale delle note da emettere (F)
- Ampiezza delle componenti armoniche (A)
- Intensità dei suoni (I)

- Durata dei suoni (D)
- Effetti speciali (ES)

Il TAU2 dispone di una gamma di 324 frequenze comprese fra 32,4 e 16.425,1 Hertz (9 ottave) il cui rapporto intervallare di base di base è 1/6 di tono temperato, sufficiente a provocare all'ascolto una sensazione quasi continua della variazione del tono.

Le durate dei suoni sono regolabili via software a multipli di 10ms e via hardware si possono ridurre a multipli di 1ms tramite un regolatore manuale posto sul pannello di comando del TAU2.

Per simulare differenti sorgenti distribuite nello spazio il TAU2 genera i suoni su tre canali distinti e simultaneamente. Da ogni canale si possono emettere fino a quattro note contemporaneamente, ciascuna corredata automaticamente dalle prime sette armoniche (28 segnali distinti emessi insieme per canale).

La forma d'onda di ciascun canale può essere definita tramite apposita istruzione, detta di timbro, controllando l'ampiezza di ciascuna 'formante' entro sette livelli di ampiezza, con una dinamica di 27 dB.

Il volume generale del canale è regolabile anch'esso tramite software entro 15 livelli di intensità (29 dB)

Considerando le dinamiche possibili per i suddetti parametri si possono ottenere complessivamente  $2^{21}$  combinazioni spettrali per canale e con opportune successioni si ottengono numerosi timbri diversi e in una qualsiasi successione durante l'esecuzione dello stesso brano. Analogamente agendo sui livelli di intensità di canale si possono ottenere modulazioni degli involucri del suono.

La scelta dei timbri (successione di istruzioni timbro) e la forma degli involucri (evoluzione delle intensità) può esser fatta fra alcuni modelli precedentemente memorizzati in archivio del TAUMUS, oppure è lasciata alla facoltà dell'utente (compositore) la ricerca e la programmazione delle forme d'onda che ritiene più adatte per il suo brano.

## 2.2. Breve nota sul TAU2

Il progetto e la realizzazione del TAU2 risalgono agli anni '73-74-75. Le caratteristiche strutturali e operative del TAU2 furono scelte tenendo conto dei componenti disponibili in quell'epoca e con l'obiettivo di ottenere l'esecuzione automatica di brani polifonici in tempo reale con un ridotto valore del tempo di calcolo dell'elaboratore, così da poter svolgere esperienze di musicologia, didattica musicale, produzione di computer music nella maniera più economica, agevole ed immediata possibile. Tra l'altro, fu deciso di non scegliere, fra gli obiettivi, quello dell'imitazione di strumenti o sintetizzatori di tipo tradizionale, o della sperimentazione di nuovi modelli di sintesi, ma l'impegno fu rivolto verso l'acquisizione di una estesa gamma di valori dei parametri acustici e la loro completa programmabilità via software. Perciò fu adottato il principio della semplice sintesi additiva armonica e componenti sinusoidali.

Mediante originali soluzioni circuitali dell'unità audio e grazie all'interfacciamento con il computer mediante una memoria tampone e una opportuna organizzazione dell'unità di controllo, si sono potute ottenere interessanti prestazioni quali:

- sintesi armonica a spettri variabili a brevi intervalli di tempo;
- segnali audio con modulazioni complesse in modo pressoché ininterrotto per brani di lunghezza qualsiasi;
- esecuzione di un numero di note sufficiente per produrre brani musicali polifonici senza ricorrere all'uso del 'play-back';
- esecuzione di musica indipendentemente dalla velocità di arrivo dei comandi dall'elaboratore, che può essere così utilizzato da altri utenti;
- il rapporto fra tempo di calcolo e tempo di esecuzione della musica è mantenuto nei limiti di qualche secondo di elaborazione (anche complessa) per un minuto di musica eseguita al TAU2. Per questi due ultimi requisiti specialmente, l'uso del TAU2 è tuttora valido in quanto consente lo sfruttamento in tempo reale delle ampie risorse del sistema 370/168 del CNUCE (per esempio dell'archivio e del *teleprocessing*) cui il terminale è attualmente collegato come una qualunque periferica di uscita.

### 2.3. *Il programma TAUMUS*

Il TAUMUS è un programma, attualmente residente sul sistema IBM 370/168, che interpreta ed esegue le istruzioni, o COMANDI, assegnati di volta in volta dall'utente tramite un terminale (video o scrivente) collegato al sistema. Le funzioni principali che l'utente può esplicare per mezzo dei comandi del TAUMUS sono tre: COMPOSIZIONE, RIELABORAZIONE, GESTIONE DELL'ARCHIVIO di brani. Per poter svolgere queste funzioni il TAUMUS è stato dotato di due principali zone di memoria: l'AREA OPERATIVA e l'ARCHIVIO.

L'area operativa è la sede di tutte le elaborazioni del materiale sonoro; essa può contenere brani fino a 12 voci (come permesso dalla struttura del TAU2) e un massimo (attualmente) di 2000 suoni per voce. Il materiale sonoro contenuto nell'area operativa, dopo avere subito eventuali rielaborazioni, può venire indirizzato all'archivio per la conservazione definitiva e/o al TAU2 per l'esecuzione. Il richiamo di un brano dall'archivio all'area operativa o la composizione di un brano (che avviene direttamente in area operativa) può provocare o meno (a discrezione dell'utente) la cancellazione del contenuto precedente dell'area.

L'archivio può contenere brani per un totale di circa tre milioni di suoni, ma tale limite è facilmente superabile mediante supporti periferici del computer come nastri o dischi (memorie di massa). Attualmente l'archivio contiene più di mille testi, fra brani di ogni epoca e stile, 'modelli timbrici' da impiegare in processi di modulazione del suono ed esperimenti di varia natura, e rappresenta, per dimensioni e modalità di impiego, un esempio probabilmente unico nel suo genere.

I comandi dal TAUMUS possono essere visti come un insieme di strumenti per il trattamento dell'informazione contenuta nell'area operativa e nell'archivio, e per il suo trasferimento.

La Tabella 1 elenca i comandi del TAUMUS in relazione alle loro funzioni.

- composizione di strutture sonore può essere realizzata secondo due differenti criteri. In un caso (Assegnazione testo) è possibile codificare e memorizzare in

archivio brani dal testo completamente definito (ad esempio partiture classiche); nell'altro caso (Autogenerazione) le strutture sonore vengono generate automaticamente dal programma (ed istantaneamente eseguite al TAU2) sulla base di processi di generazione di numeri casuali che possono venir controllati dall'utente a vari livelli.

- I comandi di rielaborazione consentono all'utente di apportare modifiche sul materiale sonoro contenuto nell'area operativa, sia esso il frutto di precedenti operazioni di composizione o di prelevamento diretto dall'archivio. Possono venir modificati in vario modo i valori dei parametri acustici delle note del brano (timbri, frequenze, durate, volumi) e il loro ordine.
- I comandi di gestione dell'archivio mettono l'utente del TAUMUS in condizione di manipolare i brani archiviati e di inviarli all'area operativa in vari modi. È possibile ad esempio cancellare brani, caricarne nell'area operativa più di uno in sequenza, o caricare in sovrapposizione voci da brani diversi, e così via.

È poi possibile utilizzare tale funzione in modo automatico. Con opportuni comandi, infatti, l'utente può dare il via alla esecuzione di una serie prescelta di brani che il programma preleva in ordine casuale dall'archivio; l'esecuzione di ogni brano viene fatta seguire da un certo numero di variazioni le quali vengono realizzate dal programma utilizzando, sempre in modo casuale, le procedure dei comandi di rielaborazione. In questo modo il TAUMUS simula l'operato di un utente che, ininterrottamente, sceglie brani di archivio, li modifica in vario modo e li esegue.

### 3. *Un esempio di 'seduta musicale' al computer*

Sedutosi al terminale ed espletate poche operazioni preliminari, l'utente si trova in 'ambiente TAUMUS': egli cioè può iniziare a dialogare con il computer ed ad elaborare brani musicali, tramite i comandi del programma. Gli esempi mostrano alcuni comandi e i corrispondenti risultati musicali.

Per le esemplificazioni sono state utilizzate le prime 8 battute del tema dell'ultimo movimento della Nona Sinfonia di Beethoven e, per il solo comando MIX, le prime 8 battute del tema del *Bolero* di Ravel.

N.B. I parametri associati ai comandi sono stati scelti allo scopo di ottenere risultati codificabili su pentagramma e facilmente intelligibili ritmicamente. Gli esempi sono stati realizzati considerando il valore della prima uguale a 72 cent/sec.

#### *Esempi:*

A) esecuzione - esempi di esecuzione a blocchi alterni (N cent/sec. Eseguiti e N cent/sec. eliminati)

PLAY Z|,,,(54  
ESEMPIO 1

PLAY Z|,,,(45  
 ESEMPIO 2  
 PLAY Z|,,,(36  
 ESEMPIO 3  
 PLAY Z|,,,(27  
 ESEMPIO 4  
 PLAY Z|,,,(18  
 ESEMPIO 5  
 PLA Y Z|,,,(63  
 ESEMPIO 6

+ Il carattere Z indica al programma che i valori numerici devono essere considerati centesimi di secondo.

B) modifiche

1) aumento di quinta del testo a blocchi alterni di 63 cent/sec. MODIFY ZF| + 21",(63  
 ESEMPIO 7

2) aumento progressivo delle frequenze di un semi to no per ogni suono + l'incremento del suono precedente

MODIFY F| + (0,78)

ESEMPIO 8

3) modifica dei rapporti intervallari da 10° al 22° suono.

SCALE |. 1,10,22

ESEMPIO 9

4) esecuzione retrograda alterna secondo i parametri assegnati. GOBACK 1,,,(6,5,7,4,3

ESEMPIO 10

5) inversione speculare delle frequenze.

INVERT F

ESEMPIO 11

6) riordinamento casuale di sezioni del brano di 108 cent/sec. ciascuna, numerate da 1 a 11

SHUFFLE ZI108

ESEMPIO 12

7) successione alterna di 2 suoni del tema di Beethoven con 3 del tema di Ravel.

MIX 12,,3

ESEMPIO 13

C) elaborazione automatica - esempio di creazione di una struttura a 4 voci, durata 5 secondi.

CREATE

random? (programma)

NO (operatore)

assign options (programma)

LA|5|FA|,, 176, 73,,3|DA|,,200,20,,

201\* (OPERATORE)

ESEMPIO 14



ESEMPIO 7  
sestona modificata

..... Idem

ESEMPIO 8

ESEMPIO 9

ESEMPIO 10

ESEMPIO 11

ESEMPIO 12

ESEMPIO 13

ESEMPIO 14  $\text{♩} = 80/100 \text{ CENT. / SEC.}$

#### 4. Conclusioni e prospettive

Il terminale audio TAU2 e il programma TAUMUS che lo gestisce sono stati, e sono tuttora, impiegati per varie attività, dalla didattica alle dimostrazioni e ai concerti, dalla ricerca musicologica alla composizione.

Dal 1977 ad oggi sono stati tenuti numerosi corsi di introduzione all'uso del sistema, per studenti del Conservatorio, dell'Università e delle Scuole Medie Superiori. I corsi sono stati organizzati in modo da mettere in breve tempo i partecipanti in grado di lavorare autonomamente al terminale video, dialogando con la macchina tramite i comandi del TAUMUS, codificando, componendo, modificando e memorizzando brevi strutture sonore.

Le possibilità musicali del sistema sono state presentate in svariate occasioni con dimostrazioni e concerti tenuti da Pietro Grossi, e con alcune trasmissioni radiofoniche e televisive. Si possono ricordare:

- la dimostrazione al Conservatorio S. Cecilia di Roma (1977)
- le partecipazioni alle manifestazioni dell'Autunno Musicale di Como (1977-1979)

- il seminario di Informatica Musicale al Conservatorio ‘G. Verdi’ di Milano (1978)
- le due giornate di “Audizione permanente” (realizzate tramite ponte radio RAI Pisa-Firenze), con incontri e tavola rotonda, in occasione del 41° Maggio Musicale Fiorentino 1978)
- l’esecuzione (trascrizione per computer) dell’Arte della Fuga di J.S. Bach in occasione dell’Estate Fiesolana, a Pisa e a Roma (1979)
- la partecipazione al Festival Internazionale “Ars Electronica” di Linz, in Austria (1979)
- più varie altre dimostrazioni a Milano, Genova, Livorno, Siena, Pisa.

Un esempio delle possibilità operative del sistema TAU2-TAUMUS è rappresentato dall’ultimo disco dimostrativo di computer music pubblicato a cura del Reparto Musicologia del CNUCE nell’aprile 1979. Esso contiene esempi di composizione automatica e semi-automatica, di adattamento per computer di partiture per strumenti tradizionali, di variazione automatica su brani di autori classici, moderni e contemporanei, e altro ancora. Hanno collaborato alla sua realizzazione: A. Belfiore, T. Bolognesi, P. Grossi, A. Mayr e T. Rampazzi (naturalmente tutti i brani sono eseguiti dal TAU2). In particolare ricordiamo che il brano *Aegror* di Alfonso Belfiore, contenuto nell’album, ha ottenuto il secondo premio al Concorso Internazionale ‘Luigi Russolo’ per giovani compositori di musica elettroacustica (Varese, 10-23 settembre 1979).

Un altro rilevante settore di applicazione del sistema è quello della ricerca in campo compositivo, musicologico ed acustico. Fra i musicisti che hanno utilizzato più o meno frequentemente le risorse di Pisa ricordiamo Mario Milani, Teresa Rampazzi, Albert Mayr, Alfonso Belfiore; Roberto Cacciapaglia, il gruppo D.O.C. (Collina, Melli, Nencini, Stefi) della RAI di Milano, Ingrid Mcintosh, Noel Zahier, oltre, naturalmente, a Pietro Grossi, principale ideatore dell’intero sistema. TAUMUS e TAU2 sono poi stati utilizzati dai ricercatori del Reparto Musicologia del CNUCE per analisi timbriche e per esperienze di psicoacustica, e da studenti universitari per tesi di laurea in Fisica ed Informatica.

Se da una parte il TAU2 rimane ancora un valido strumento di ricerca musicale e, come tale, viene impiegato ancora in molte circostanze, dall’altra la rapida evoluzione della tecnologia rende possibile la costruzione di terminali audio sempre più compatti ed efficienti. A questo proposito è in fase di avanzata realizzazione presso l’I.R.O.E. di Firenze (un Istituto del C.N.R.) una piastra microprogrammata interamente digitale particolarmente orientata alla sintesi del suono secondo la tecnica della ‘modulazione di frequenza’, che presto potrà affiancarsi al TAU2.

Un settore dello studio sulle applicazioni musicali del computer affrontato a Pisa con notevole interesse riguarda l’automazione di processi musicali e, in particolare, la simulazione della composizione basata sull’impiego del fattore casualità.

Il caso è un ingrediente che la musica contemporanea è andata cercando con sempre maggior interesse: basti pensare, ad esempio, a certe improvvisazioni di jazzisti di avanguardia come Cecil Taylor, o alla ‘musica stocastica’ di Iannis Xenakis, o alle numerose partiture contemporanee che prevedono, in certi momenti, un comportamento aleatorio da parte dell’esecutore.

Nel simulare la casualità difficilmente l'uomo può competere con il computer. Provate a pronunciare rapidamente una lista di parole scorrette: vi accorgete ben presto che molto difficilmente ogni parola risulterà veramente slegata (nel significato, o nella sonorità...) dalla precedente. Per il computer questa difficoltà non esiste; esso è quindi in grado di simulare un comportamento casuale di... finissima qualità. Ma c'è di più. La teoria dei processi stocastici insegna che le varietà possibili di casualità siano infinite e come, fra queste, alcune mostrino più 'musicalità' di altre: le frasi melodiche generate del computer, con la loro evidente suddivisione gerarchica in sottomelodie sono, ad esempio, soltanto frutto del caso (di una particolare varietà addomesticata di casualità detta «rumore  $1/f^x$ »). L'avreste detto?

Dunque, come si è dimostrato uno strumento musicale di grande utilità per lo studio dell'universo timbrico, così il computer sta rivelandosi utile anche per la esplorazione del mondo delle strutture (o dei comportamenti) random, ciò che può allargare (come una ricca varietà timbrica) la gamma delle materie prime sulla tavolozza del compositore. Tuttavia questo campo di studio è ancora largamente inesplorato ed è quindi difficile porre un limite a priori alle sue possibili applicazioni. La speranza, non infondata, è che ricerche del genere (come del resto altri studi che gravitano intorno agli elaboratori elettronici, come quelli sull'intelligenza artificiale) possano aiutare l'uomo a formulare modi sempre nuovi di far musica, rendendo, allo stesso tempo, sempre più manifesta la potenza e la versatilità del computer come strumento musicale.

## [ I I ] *Il calcolo combinatorio come strumento di lavoro nella composizione*

La vita musicale del XX secolo ha incontrato sul suo cammino problemi fondamentali e improcrastinabili sui quali gli addetti ai lavori, i musicisti, hanno dovuto impegnarsi con tutto il loro ingegno. L'imperante necessità di trasformazione, accelerata dalla pressione del rapido mutamento della società in cui lo sviluppo tecnologico porta tutto il suo peso, ha imposto la revisione di ogni momento operativo musicale sia esso creativo, didattico, esecutivo, analitico, organizzativo.

E tra i problemi di particolare interesse per i compositori si annoverano quelli fonici, di sostanza e di forma.

In relazione a quest'ultimo argomento la presente nota vuoi mettere in evidenza un possibile strumento di lavoro suggerito dalle discipline matematiche, il calcolo combinatorio.

La sua applicazione nello sviluppo di insiemi di parametri fonici, di suoni, di strutture musicali complesse e in altri casi in cui il musicista lo ritenga necessario, può essere ausilio per ideare, costruire, controllare edifici sonori sorretti da nuove logiche formali.

La nota comprende l'analisi delle varie possibilità di sviluppo offerte dal calcolo combinatorio, una descrizione delle possibilità operative delle routines del programma musicale TAUMUS e alcuni esempi di applicazione delle stesse routines.

Il calcolo combinatorio è quella parte della teoria degli insiemi finiti che studia il numero dei possibili raggruppamenti che si possono effettuare con un certo numero di oggetti considerando le 3 seguenti eventualità:

- prenderli tutti tenendo conto dell'ordine (permutazione)
- prenderli in parte tenendo conto dell'ordine (disposizioni)
- prenderli in parte senza tener conto dell'ordine (combinazioni)

Considerando un insieme finito  $I$ , qualunque, costituito da  $n$  elementi.

*Definizione:* una qualunque  $n$ -pla ordinata  $(a_1, \dots, a_n)$  di elementi di  $I$ , fra loro distinti, è detta permutazione semplice di  $I$  ed è indicata con  $P_n$ .

*Teorema 1:* Il numero delle  $P_n$  è

$$P_n = n (n-1) (n-2) \dots 2 \cdot 1$$

il prodotto dei primi  $n$  numeri naturali si chiama *fattoriale di  $n$*  e si indica con  $n!$

Pertanto:  $P_n = n!$

*Dimostrazione:* Nel formare una  $P_n$ , soltanto il primo degli  $n$  elementi che la compongono si può scegliere in  $n$  modi diversi; per la scelta del 2° elemento, infatti, non si usufruisce di quello già collocato al primo posto, per l'ipotesi che gli elementi siano diversi fra loro, pertanto si hanno solo  $n-1$  possibilità per il secondo;  $n-2$  per il terzo e così via fino ad avere una sola possibilità per l'ultimo elemento. Il numero di scelta è quindi  $P_n = n!$

Sussiste la relazione  $n! = (n-1)! \cdot n$  valida per ogni numero intero  $n > 0$ , purché si convenga che  $1! = 1$  e  $0! = 1$ .

*Definizione:* una qualunque  $n$ -pla ordinata  $(a_1, \dots, a_n)$  di elementi di  $I$ , non necessariamente distinti è detta permutazione con ripetizione di  $I$ ; ed è indicata con  $P'_n$ .

*Teorema 2:* il numero delle  $P'_n$  è:

$$P'_n = n^n$$

*Dimostrazione:* si procede analogamente al caso precedente con l'unica differenza che ogni elemento della permutazione si può scegliere in  $n$  modi diversi, in quanto si può usufruire di quelli già collocati. Pertanto:

$$n \cdot n \cdot \dots \cdot n = n^n$$

Generalizzando, supponiamo di scegliere solo  $k$  degli  $n$  elementi:

*Definizione:* una qualunque  $k$ -pla ordinata  $(a_1, \dots, a_k)$  di elementi di  $I$ , fra loro distinti, è detta disposizione semplice di  $I$  ed indicata con  $D_{n,k}$

In questo caso si deve avere necessariamente  $k \leq n$ .

*Teorema 3:* il numero delle  $D_{n,k}$ , di  $I$  è  $\frac{n!}{(n-k)!}$  che si indica anche con:

$$D_{n,k} = (n)_k = n(n-1)(n-2)\dots(n-k+1) = \frac{n!}{(n-k)!}$$

*Dimostrazione:* Infatti nel formare una  $D_{n,k}$ , solo il primo dei  $k$  elementi che la compongono si può scegliere in  $n$  modi diversi; per la scelta del 2° elemento infine, non possiamo più servirci di quello già collocato al primo posto per l'ipotesi che gli elementi siano tra loro diversi, quindi si hanno solo  $(n-1)$  possibilità per il secondo,  $(n-2)$  per il terzo e ...  $(n-k+1)$  per il  $k$ -mo; si hanno in tutto:

$$n(n-1)(n-2)\dots(n-k+1) = D_{n,k}$$

*Definizione:* una qualunque  $k$ -pla ordinata  $(a_1, \dots, a_k)$  di elementi di  $I$ , non necessariamente distinti è detta disposizione con ripetizione di  $I$  ed indicata con  $D'_{n,k}$  ;

*Teorema 4:* il numero di  $D'_{n,k}$  è:

$$D'_{n,k} = n^k$$

*Dimostrazione:* ciascuno dei  $k$  elementi che compongono una  $D'_{n,k}$  si può scegliere in  $n$  modi diversi, ciascuna scelta si può associare con una qualunque delle rimanenti  $k-1$  scelte; perciò si hanno

$$n \cdot n \cdot \dots \cdot n = n^k$$

possibilità diverse.

Si osservi che nel caso in cui  $n = k$ :

$$P_n = D_{n,k} \text{ e } P'_n = D'_{n,k}$$

pertanto le dimostrazioni viste per le disposizioni sono valide anche per le permutazioni nel caso in cui al posto di una  $k$ -pla ordinata si consideri una  $n$ -pla.

Sia ora una  $k$ -pla  $(a_1, \dots, a_k)$  non ordinata, di  $k$  elementi di  $I$ , non necessariamente distinti, il numero di volte che un dato elemento figura in questo gruppo verrà detto la sua 'molteplicità'.

*Definizione:* una qualunque  $k$ -pla non ordinata,  $(a_1, \dots, a_k)$  di elementi di  $I$ , fra loro distinti, intendendo uguali due  $k$ -ple quando in esse figurano gli stessi elementi di  $I$  e tutti con molteplicità 1, è detta combinazione semplice ed è indicata con  $C_{n,k}$ .

*Teorema 5:* il numero delle  $C_{n,k}$  è:

$$C_{n,k} = \frac{n(n-1)\dots(n-k+1)}{k!} = \frac{D_{n,k}}{P_k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}$$

*Dimostrazione:* il numero delle disposizioni delle  $D_{n,k}$  è  $\frac{n!}{(n-k)!}$ , e ciascuno di tali  $D_{n,k}$  costituisce un insieme di  $k$  elementi.

Considerando ora tutte le sue permutazioni, esse sono ancora della  $D_{n,k}$  in numero di  $k!$  e formate con gli stessi  $k$  elementi. Esse rappresentano quindi la stessa  $C_{n,k}$ . Cioè ad ogni  $C_{n,k}$ , corrispondono  $k!$   $D_{n,k}$  e quindi  $D_{n,k} = k! C_{n,k}$ . Segue la tesi.

Consideriamo un esempio:

Si vogliono le combinazioni delle lettere  $a, b, c, d$  prese a 3 a 3. Notiamo che ogni combinazione formata da 3 lettere determina  $3!=6$  permutazioni delle lettere nella combinazione:

COMBINAZIONI

abc  
abd  
acd  
bcd

PERMUTAZIONI

abc, acb, bac, bca, cab, cba  
abd, adb, bad, bda, dab, dba  
acd, adc, cad, cda, dac, dca  
bcd, bdc, cbd, cdb, dbc, dc b

Allora il numero di combinazioni moltiplicato per 3! è uguale al numero delle disposizioni:

$$C_{4,3} \cdot 3! = D_{4,3} \qquad \frac{D_{4,3}}{3!} = C_{4,3}$$

cioè in generale

$$C_{n,k} = \frac{D_{n,k}}{k!} = \frac{n!}{k!(n-k)!} = \binom{n}{k};$$

$\binom{n}{k}$  si dice coefficiente binomiale

È  $\binom{n}{1} = n$   $\binom{n}{n} = 1$  e, per convenzione,

$\binom{n}{0} = 1 = \binom{0}{0}$ ; inoltre  $\binom{n}{k} = 0$  se  $k > n$ .

*Definizione:* una qualunque k-pla, non ordinata,  $(a_1, \dots, a_k)$  di elementi di I, non necessariamente distinti, potendo un oggetto figurare nel gruppo fino a k volte e quindi con molteplicità  $> 1$ , è detto combinazione con ripetizione degli n oggetti a k a k. Due di tali combinazioni si ritengono distinte quando differiscono fra loro per almeno un oggetto, oppure quando, contenendo gli stessi oggetti, questi hanno molteplicità diversa.

*Teorema 6:* il numero delle  $C_{n,k}$  è:

$$C'_{n,k} = \frac{n(n+1)(n+2)\dots(n+k-1)}{k!} = \frac{(n+k-1)!}{k!(n-1)!}$$

*Dimostrazione:* è ovvio che il numero cercato non dipende dalla ‘natura’ degli elementi che costituiscono I; perciò si può supporre che  $I = \{1, \dots, n\}$ .

Allora considerata una  $C_{n,k}(a_1, \dots, a_n)$  possiamo pensarla scritta in modo tale che:

$$a_1 \leq a_2 \leq \dots \leq a_k \qquad (1)$$

dal momento che, alternando l'ordine dei suoi elementi si ha sempre la stessa  $C_{n,k}$ . Nelle disuguaglianze (1) può valere il segno uguale, non essendo escluso il verificarsi delle ripetizioni. Consideriamo ora i  $k$  numeri:

$$b_1 = a_1 + 0; b_2 = a_2 + 1; \dots; b_k = a_k + k - 1 \quad (2)$$

i quali evidentemente sono distinti, in virtù della relazione (1); inoltre si ha:

$$1 \leq b_i \leq n + k - 1 \quad (\text{per } i = 1, \dots, k).$$

Quindi data una  $C_{n,k}$  ad essa si può associare, mediante la (2), l'insieme  $\{b_1, \dots, b_k\}$ , che è una  $C_{n,k}$  dell'insieme  $\{1, \dots, n+k-1\}$  e viceversa. Ciò significa che le  $C_{n,k}$  di  $n$  elementi, sono tante quante le  $C_{n,k}$  di  $n+k-1$  elementi.

Il numero è:

$$C'_{n,k} = \binom{n+k-1}{k}.$$

VEDIAMO ALCUNI ESEMPI:

1. Consideriamo l'insieme delle lettere a,b,c, allora:

– Le Permutazioni semplici sono:

$$P_n = 3! = 3 \times 2 = 6$$

abc, acb, bac, bca, cab, cba

– Le Permutazioni con ripetizione:

$$P'_n = 3^3 = 27$$

aaa	bbb	ccc
aab	bba	cca
aac	bbc	ccb
aba	bab	cac
aca	acb	cbc
abb	baa	caa
acc	bcc	cbb
acb	bac	cab
abc	bca	cba

Nelle due ultime righe si possono osservare le permutazioni semplici.

2. Formare le disposizioni semplici dei 4 oggetti 1; 2; 3; 4 a 3 a 3 e le disposizioni con ripetizioni dei numeri stessi a 2 a 2.

Le disposizioni semplici in numero di

$$D_{4,3} = 4 \cdot 3 \cdot 2 = 24 \text{ sono:}$$

123	132	213	231	312	321
124	142	214	241	412	421
134	143	314	341	413	432
234	243	324	342	423	432

In una qualunque delle 6 colonne si trovano le semplici degli oggetti a 3 a 3.  $C_{4,3} = \binom{4}{3} = 4$  combinazioni

Le disposizioni con ripetizione, in numero di

$$D'_{4,2} = 4^2 = 16 \quad \text{sono:}$$

11, 12, 13, 14, 22, 23, 24, 33, 34, 44  
21, 31, 41, 32, 42, 43.

Nella prima riga figurano le:

$$C'_{4,3} = \binom{4+2-1}{2} = \binom{5!}{3!2!} = 10$$

Combinazioni con ripetizione dei numeri dati a due a due.

### *FUNZIONE COMBINA (CM)<sup>1</sup>*

Rielabora un brano in memoria e parte di esso mediante formule del calcolo combinatorio. Dato un insieme finito di elementi si possono operare vari raggruppamenti tenendo conto delle tre eventualità di prenderli tutti senza ordine, permutazioni, di prenderli in parte con ordine, disposizioni in parte senza ordine, combinazioni, ripetendo o no lo stesso elemento più volte e quindi tali raggruppamenti si chiamano rispettivamente semplici e con ripetizione.

La funzione COMBINA esamina tutte queste possibilità considerando gli insiemi I di elementi<sup>2</sup> che possono essere di due tipi:

- suoni singoli o singoli parametri acustici
- sezioni del brano in esame

In corrispondenza si hanno due tipi di formato dell'istruzione:

<sup>1</sup> COMBINA è una delle routines del programma TAUMUS destinate allo sviluppo automatico di strutture sonore. Predisposta attualmente per elaborare dati destinati al terminale-audio TAU; questa routine, modificata in alcune sue parti, può essere impiegata per l'elaborazione di qualsiasi tipo di informazione.

<sup>2</sup> Il limite del numero degli elementi viene determinato dalla possibilità operative del programma principale a cui è associata la routine e/o da quelle del sistema nel quale viene fatto girare il programma.

FORMATO 1 – elaborazioni di parametri acustici e di suoni singoli:

CO<PA><CV> I  $p_1, p_2, p_3, p_4$

<N><N><N><N>  
R R R

*Simboli variabili* - sono racchiusi fra parentesi:

<PA> - sta per PARAMETRI ACUSTICI indica una sequenza di uno o più fra i quattro simboli:

F frequenza

D durata

T timbro

V volume

<CV> - sta per CANALI<sup>3</sup> E VOCI ed una sequenza di lettere (A,B,C) e numeri (1,2,3,4) che si riferisce rispettivamente ai canali e alle voci interessate dal comando. N.B. La specifica di canale ha carattere limitativo; non scrivere alcun canale significa prenderli tutti, ma scriverne alcuni significa considerare solo quelli ed escludere i rimanenti. Le stesse considerazioni valgono, appena assegnato un canale, per voci i cui numeri dovranno essere scritti immediatamente dopo la lettera del canale al quale si riferiscono.

$p_1$  - ha la funzione di determinare l'ordine dei sottoinsiemi generati dal calcolo combinatorio. Se omissivo, l'ordine dei sottoinsiemi sarà quello risultante dall'applicazione della formula del calcolo; cioè si avrà come sequenza dei raggruppamenti quella che si ottiene dal ragionamento per la generazione di tutte le possibili eventualità. Se impiegato con un qualsiasi valore, si ottiene l'ordine dei sottoinsiemi casuale.

$p_2$  - indica l'elemento dell'insieme a partire dal quale deve iniziare l'elaborazione. Con questo parametro e il successivo si delimita un sottoinsieme di tutti gli elementi di I che saranno esaminati dalla funzione.

$p_3$  - indica l'altro estremo dell'intervallo prescelto all'interno dell'insieme I.

Se  $p_2$  e/o  $p_3$  sono omissivi acquistano per default i valori 1 e N rispettivamente dove N è l'ultima nota del brano o l'ultimo centesimo di secondo se si utilizza la costante Z per il sezionamento temporale in centesimi di secondo del pezzo.

$p_4$  - opera un'ulteriore sezione sulla sequenza delimita dai valori assegnati a  $p_1$  e  $p_2$ . Esso indica il passo con il quale vengono scelti gli elementi acustici dell'insieme I dato.

<sup>3</sup> La presente descrizione della routine, in riferimento all'elaborazione dei parametri acustici e al raggruppamento delle voci musicali in canali, si basa sulle peculiarità operative del terminale-audio TAU2.

La variabile N sottoscritta ad ogni parametro indica il valore massimo che possono assumere i parametri. N è il numero degli elementi sui quale si deve operare il raggruppamento e sarà specificato fra poco nel FORMATO 3.

La variabile R sottoscritta ai parametri  $p_2, p_3, p_4$  ha la funzione di delegare il programma nella scelta dei valori da assegnare ai parametri stessi. Una routine generatrice di numeri pseudocasuali fornisce i dati richiesti.

Se  $p_2, p_3, p_4$  non vengono impiegati si considererà il numero di suoni specificato del FORMATO 3, (N), e si elaborano solo i primi N suoni del testo.

I parametri sono separati dal carattere «,» ; se uno di esso è omesso si avrà la sequenza di due virgole consecutive; se tutti e tre i parametri non sono specificati non si scriverà nessun carattere separatore.

Se invece di singoli suoni, si considerano parti di brano, si ha il FORMATO 2

CO Z <CV> /  $p_1, (p_2^1, p_3^1), \dots, (p_2^9, p_3^9)$

<N><N><N>      <N><N>

Parametri obbligatori:

Z - è di obbligo in questo formato in quanto si considera la suddivisione dei brani in centesimi di secondo e gli intervalli così determinati sono gli e-lementi sui quali si opererà i raggruppamenti.

almeno una coppia:

$(p_2^i, p_3^i)$  - è l'i-esima coppia in esame: il primo parametro indica il centesimo di secondo a partire dal quale i suoni successivi appartengono all'elemento dato; il secondo parametro è l'ultimo centesimo di secondo dell'elemento dato.

Parametri opzionali:

$P_1$  - come nel formato 1 indica il modo con il quale deve essere selezionato il raggruppamento; si ricorda che se omesso l'ordine dei sottoinsiemi generati sarà quello dovuto al calcolo combinatorio.

OSS - i numeri sottoscritti 2 e 3 servono per ricollegarsi al formato 1 indicando ciascuno il primo e l'ultimo suono, in questo caso il primo e l'ultimo centesimo di secondo, della porzione di brano che vogliamo elaborare.

- gli intervalli considerati, in generale, non esauriscono l'insieme dei suoni; le sezioni del brano non soggette all'elaborazione vengono eliminate impiegando il formato 2.

- le elaborazioni che prevedono più di 2000 suoni per voce vengono interrotte al raggiungimento di tale quota limite. Questa quota limite è prevista dal programma TAUMUS.

Se il formato 1 e 2 hanno la funzione sopra tutto di scelta degli elementi, il formato 3 che esamineremo fra poco ha lo scopo di raggruppare opportunamente i suoni secondo le scelte combinatorie. Infatti dati uno dei primi comandi, il programma invierà

il messaggio ASSIGN e si porrà in attesa di informazioni riguardanti la formula, il numero degli elementi dei sottoinsiemi ed altri parametri di carattere limitativo. Si ha quindi il FORMATO 3 (formato dopo il messaggio ASSIGN)

C

PR<N><K> / p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub>, p<sub>3</sub>

D <N><N><N>

Parametri obbligatori sono:

C,P,D,R - che indicano il tipo di calcolo combinatorio scelto dall'operatore per l'elaborazione dei sottosistemi. Si possono impiegare così:

- 1) C - combinazioni semplici
- 2) P - permutazioni
- 3) D - disposizioni semplici
- 4) CR - combinazioni con ripetizione
- 5) PR - permutazioni con ripetizione
- 6) DR - disposizioni con ripetizione

N - è il numero degli elementi dell'insieme I sul quale si applica la funzione COMBINA

K - è il numero degli elementi di ogni sottoinsieme

OSS - Se K è uguale a N può essere omissso e in tal caso le disposizioni coincidono con le permutazioni.

K non deve essere maggiore di N.

Ambedue devono essere numeri positivi, interi, diversi da zero e non superiori a 9.

Parametri opzionali:

p<sub>1</sub> - se impiegato, questo parametro indica il primo sottoinsieme a partire dal quale si verifica la scelta sui raggruppamenti effettuati.

p<sub>2</sub> - indica l'ultimo dei sottoinsiemi generati al quale si deve arrestare la scelta.

p<sub>3</sub> - è il passo con il quale si scandisce l'insieme dei raggruppamenti.

OSS - Se omissi p<sub>1</sub> e p<sub>2</sub> assumono come valore di default 1: cioè si considerano i sottoinsiemi a partire dal primo con passo 1: non saltando nessun raggruppamento.

- se p<sub>2</sub> non è specificato questo parametro assume per default il numero dei sottoinsiemi previsti dalla formula e pertanto i raggruppamenti verranno considerati fino all'ultimo;

- anche qui i parametri sono separati da virgole e valgono le stesse considerazioni dette precedentemente per il formato 1 nel caso che uno o più di questi parametri venga omissso:

OSS - se il numero dei suoni da rielaborare è inferiore a N, l'elaborazione non ha luogo:

– se il numero dei suoni da rielaborare, definito dai parametri, è multiplo di  $N$  si avrà un numero di elaborazioni pari al rapporto fra il numero dei suoni e  $N$ . Infatti inizialmente verranno elaborati i primi  $N$  suoni poi ne rimarranno un numero maggiore o uguale a  $N$  e si può effettuare almeno un altro raggruppamento su  $N$  elementi.

## APPENDICE

Dati i primi 7 suoni di una melodia di Verdi si vogliono le permutazioni semplici di 4 sezioni definite in centesimi di secondo assumendo che la figura  $q$  vale 100 centesimi di secondo.

Comandi: COMBINA ZI, (1,175) (176,350) (351,525) (526,700).

The image displays a musical score for a melody and its permutations. The first staff shows the original melody: G4, A4, B4, C5, B4, A4, G4. Above this staff are four groups of four numbers: 1- 2- 3- 4- and 1- 2- 4- 3-. The subsequent 23 staves show the permutations of these four sections, numbered 1 through 23. The notation includes treble clefs, a key signature of one flat (B-flat), and various rhythmic values such as quarter, eighth, and sixteenth notes.

[12] *L'istante zero della musica*

La musica è giunta oggi a una radicale svolta della sua storia, della sua esistenza, del suo sviluppo. È al suo 'istante zero': e per istante io intendo un periodo di tempo che può durare anche un secolo o due, cioè un 'istante' nella storia della società e della musica. Questa è la mia convinzione, in seguito all'attività che sto svolgendo con il calcolatore, o per meglio dire al terminale. Sono un musicista (violoncellista e compositore); da circa vent'anni mi occupo di *computer music*, cui sono giunto dopo un periodo di sperimentazione nel campo della musica elettronica. E devo dire che ho fatto scoperte molto interessanti, perfino sconcertanti per la loro novità. Traggo deduzioni dalle mie personali esperienze, che non costituiscono necessariamente verità assolute. È noto che a tutt'oggi l'attività musicale è di natura manuale, artigianale. Artigianato, se si vuole, a altissimo livello, ma sempre artigianato che richiede, per produrre risultati, una notevole fatica dell'uomo: quando una persona s'accinge a studiare uno degli strumenti che io chiamo 'inerti' – rispetto a quelli 'operanti', automatici – deve sottoporsi un duro tirocinio e non ha neppure la certezza di raggiungere lo scopo che si è prefisso.

Con gli strumenti 'operanti' la cosa è ben diversa. Già prima del calcolatore usavamo mezzi che ci permettevano di lavorare con più agevolezza: generatori di suoni, magnetofoni, microfoni e altro. Anzi, io faccio partire questo 'istante zero' della musica da Edison, poco più di un secolo fa, cioè dal momento in cui la tecnologia, con la potenza dei suoi mezzi, è entrata nel campo musicale. Già con il grammofoono era divenuto possibile ascoltare qualsivoglia registrazione di musica o voci, dove e quando si desiderava, il che già affrancava la musica da una sorta di servitù. Con la radio, eventi sonori e musicali di qualunque tipo sono stati messi a disposizione di milioni di persone.

Un ulteriore passo avanti è stato compiuto con l'invenzione del filo magnetico e poi del nastro magnetico, grazie a cui, da un lato l'industria discografica ha compiuto un salto qualitativo enorme, e dall'altro è potuta nascere la cosiddetta *tape music*, la musica su nastro, cui si sono dedicate anche persone che non si erano prima occupate di musica: ad esempio ingegneri come Schaeffer a Parigi, Eimert a Colonia e altri. Con il nastro, la musica veniva composta direttamente, eliminando il diaframma stesso

dell'esecuzione: non più mediazione dell'esecutore nella trasmissione del messaggio musicale. Non soltanto, ma da quel momento il fruitore stesso diventava padrone di intervenire direttamente sul messaggio. Già venticinque anni fa ero in contatto stretto con tutti gli studiosi che si occupavano di musica elettronica, e ci scambiavamo vari nastri registrati che avevano ciascuno un titolo e un autore. E ciascuna volta che ne ricevevo uno ero ben felice di ascoltare ciò che aveva fatto la persona che me l'aveva mandato. Ma io potevo anche ricavare da quel nastro centinaia d'altri brani, avvalendomi dei mezzi tecnici di cui si disponeva a quel tempo: magnetofoni a velocità variabile, filtri, le forbici stesse. Già si delineava la possibilità di renderci indipendenti dal messaggio, che in precedenza veniva rigidamente fissato su carta pentagrammata e eseguito secondo una prassi ben precisa. Ciascun messaggio fonico inciso su nastro costituiva un punto di partenza per crearne parecchi altri.

Con l'elaboratore elettronico queste possibilità operative si sono allargate smisuratamente, portandoci alla totale indipendenza dal lavoro di altri; il calcolatore, direi, ci libera dal genio altrui ed esalta il nostro. Fin dall'inizio della mia pratica al computer ho constatato che potevo ottenere il migliore risultato consentito dai mezzi disponibili, e questo immediatamente. Dato un testo, potevo udirne subito una perfetta esecuzione. Da quel momento sono diventato un'altra persona, fornita di possibilità operative che neppure immaginavo. Ho realizzato una biblioteca 'digitale' di musica presso il CNUCE (Centro nazionale universitario di calcolo elettronico) di Pisa, dove lavoro; un archivio che comprende *L'arte della fuga* e *Il clavicembalo ben temperato* di Bach, i *Capricci* di Paganini, *La sagra della primavera* di Stravinskij e molti altri lavori. Per ora il processo di memorizzazione è ancora manuale e abbastanza faticoso; è però in via di realizzazione un sistema di lettura ottica dei testi musicali che ci consentirà di lavorare assai più agevolmente. Orbene, una volta memorizzato il testo, io mi sono trovato in condizioni di eseguirlo come mi pareva, in quanto l'informazione elaborata dal calcolatore può venire trasformata in moltissimi modi diversi. Pertanto, da un insieme d'informazioni che costituivano un brano classico, contemporaneo, o anche estemporaneo, fatto dal calcolatore stesso, è possibile ottenere una serie infinita di trasformazioni.

Tutto ciò comporta alcuni profondi mutamenti nel modo di pensare la musica in generale. La prima constatazione è che oggi l'esecuzione manuale può non avere nessun senso. Per ottenere un buon esecutore tradizionale dobbiamo selezionarne centinaia di migliaia, secondo un processo di eliminazione a piramide, finché troviamo quello che può soddisfarci. Ma con il computer – anche con un home computer, ce ne sono già alcuni che lavorano a otto o anche a sedici voci – ciascuno di noi oggi può eseguire a suo piacimento brani musicali precedentemente memorizzati. È un'esperienza che io compio ogni giorno: vado al terminale ed eseguo come voglio *La sagra della primavera* o un *Capriccio* di Paganini o la *Rhapsody in Blue* di Gershwin, e così via. Lo faccio con assoluta tranquillità e mi permetto di fare di quel brano ciò che voglio. Questa è una condizione nuova: mi libera dall'esecutore.

Certo questa condizione la vivo ancora a livello personale; ma ritengo, con questo, di avere cominciato a vivere l'epoca a venire della musica.

Che cosa significa eseguire? Significa studiare duramente uno strumento, uno di quegli strumenti – bellissimi, certo – cui anch'io mi dedicavo prima di queste nuove

esperienze, ma che appartengono a una tradizione che sta per concludere il suo ciclo. Trovo folle impegnarsi su uno strumento per eseguire, sforzandosi, a malapena qualche suono quando oggi possediamo mezzi che ci permettono di realizzare subito quanto desideriamo. Al Conservatorio di Musica di Firenze, dove insegno, si è sentita la necessità di introdurre un liceo scientifico, per invogliare i ragazzi a proseguire studi anche dopo avere compiuto l'obbligo, sì da poter giungere all'età adulta con una preparazione culturale decente. Infatti, non tutti i ragazzi ce la fanno: alcuni continuano, altri no.

Con gli strumenti 'operanti', oggi, ciascuno di noi è in grado di creare da sé, in casa sua, la propria musica. Il mondo musicale che abbiamo conosciuto fino a oggi, con la sua ritualità, con i suoi vincoli, con le sue esclusioni e selezioni, con il suo dislivello tra ascoltatore, creatore e dispensatore di musica dovrà ormai trasformarsi radicalmente.

## [13] *Computer Music as a Permanent Service. Towards Musical Telematic*

con Graziano Bertini e Riccardo Andreoni

### *Summary*

In the light of the various proposals for experimentation in the rapidly expanding field of telematics, it is possible to consider the setup of a permanently available service exploiting musical information adequately organized and made accessible to many users from music schools, public and private organizations.

The activities of the Musicology Division of CNUCE of Pisa seem to be oriented, since its foundation, towards this objective. The installation of a universally available differentiated service appears to be the natural outcome and logical application of the research work underway.

In this paper, the didactical and demonstrative activities of the last few years are discussed and a proposal is presented for an experimental system to be installed at a musical conservatoire, reorganizing and gradually expanding the existing structures.

Demonstrations and concerts will be given in real time using existing resources during the sessions of the conference. The fields of operation and the program of the demonstrations are given in the Appendix.

### *1. Didactical and demonstrative activities of the Musicology Division of Pisa*

Research work on computer music in Pisa started in 1969, under the proposal of Maestro P. Grossi and has been characterized, since the beginning, by some basic characteristics concerning the methods of using the computer in music [1. 2], which can be summarized as follows:

- work in real time,
- interactivity,
- high degree of automation of the process.

Among the many interesting aspects of musicology such as the analysis and processing of musical texts, the synthesis of sounds and the simulation of composition procedures, particular importance has been attributed, since the beginning, to

demonstrations and courses: we think that these are necessary means to continuously spread information and stimulate interest at all levels and in all environments in the sector of music.

In order to achieve this goal, several choices have been made which have characterized the nature of the research work of the Pisan group:

- design and experimentation of easily programmable systems for the production of computer music suitable for real-time work: DCMP [3], TAU2-TAUMUS [4], IRMUS [5];
- formation of a library to permanently store musical texts of different ages and styles, as well as timbres, to satisfy the various requirements of research work.
- execution of demonstrations and concerts, mostly in real-time, both in Pisa and in other Italian cities via telephone and radio links transmitting audio signals;
- execution of introductory courses on the use of computers in music.

Remote demonstrations were started at CNUCE in 1970 using the available program DCMP (Digital Computer Music Program) implemented on the IBM 360/30 system and subsequently on more powerful computers.

Even if the performance of these systems was in some ways limited, a first important series of didactical sessions was given in Pisa and remote demonstrations were organized in other Italian cities directly connected to the Pisan Centre via telephone network (point-to-point connection) to emphasize the possibilities offered by the computer in musicology. A list of the demonstrations held by using the DCMP is given in [3]

With the growing interest in computer music and the progress in electronics and informatics, it was possible to rationalize the use of computers and improve the acoustic and musical performances of sound producing instruments.

In 1974-75, under the collaboration of IEI and CNUCE, a polyphonic and polytimbric system, TAU2-TAUMUS, was installed for experiments on real time computer music [6].

This system was the principal support for sound production in 15-day courses held at CNUCE twice a year under the title of *Musical Applications*; it was extensively used for several demonstrations given from 1976 onwards.

Students from all over Italy were admitted to the courses. They came from different musical disciplines (mainly composition and electronic music) and were interested in the operative methodology adopted by the Pisan Centre. There were also students from scientific disciplines with basic knowledges on physics and electronics, particularly interested in the methods of sound production and in the required hardware and software.

The didactical schedule was basically the following:

- introduction to the applications and future trends of computer music;
- presentation of methodologies and experiments of research works underway in different centres;
- description of the hardware and software system adopted by the Pisan centre;
- illustration of processing and creation of sound structures on the TAUMOS;
- short sessions with impromptu composition by the students.

Participants particularly interested in composition were, and are helped in the development of original works presented at various public competitions and national and international demonstrations.

In 1981, an annual trial course on computer music was given at the L. Cherubini Conservatoire dealing more extensively with the problems of this discipline.

The remote demonstrations were formulated in a similar, although more concise, way as the courses. Several records of particularly interesting pieces were produced [7,8].

## *2. Remote Connection Techniques with TAU2-TAUMUS system*

While few problems were encountered with local works, since a University lecture room was available near IEI and was directly connectable to the TAU2 and to the computer of CNUCE, a special approach had to be adopted for remote work (more details are given in [9]).

It is known that scientific centres in Italy may use the computer resources of CNUCE through a special data processing service using a data transmission (DT) network of the Italian Telephone Society (SIP).

A simple telephone link on the DT network. (switched or leased lines) can connect an I/O device (teletypewriter or video terminal) of any centre to the computers of CNUCE and musical software instructions may be transmitted in an interactive way. The only difference between local and remote work lies in the slight difference in the time of response.

This type of connection is normally used for the courses on computer music held at the L. Cherubini Conservatoire, where a video terminal is connected to the teleprocessing network of CNUCE.

On the other hand, TAU2 is connected 'on line' to the time-sharing system as a rapid periferal output unit through a block subchannel of the multiplexer channel. By switching on the TAU2 system, ordained pieces can be played even in remote places.

For long distance transmission of sounds produced by the TAU2 of Pisa, 2 distinct solutions are adopted. For particularly important occasions, when high fedelity is required, the National Broadcasting Corporation (BAI) facilities are used via VHF or UHF radio links. In this case a basic band of 15KHz can be sent.

For most of the other demonstrations or seminars in remote places, when only the operating possibilities of TAU2-TAUMUS are to be shown or when only an example of the use of computers in music is to be given, it has been decided, for reasons of economy, to transmit signals via point-to-point telephone links on leased lines. The signal base band is about 3.5KHz, which is quite sufficient for these purposes.

The general configuration of the system for this type of utilization is shown in Figure 1. Messages are interchanged between the remote user and the local operator (at the computer and at TAU2) on video terminals by a simple procedure.

The equipment for the transmission of UHF signals is shown in Figure 2. The signal at the output of the TAU2 equalization circuit is sent to the transmitting system

and irradiated towards the nearest station of the RAI radio link network using a carrier frequency in the GHz range.

The signal is received by the RAI station of the remote place, demodulated and sent by a special SIP wide band cable to the site of the demonstration.

The demonstrations performed during this conference are carried out by the above mentioned type of transmission. A list of the operating fields of the facilities available at present is shown in the Appendix.

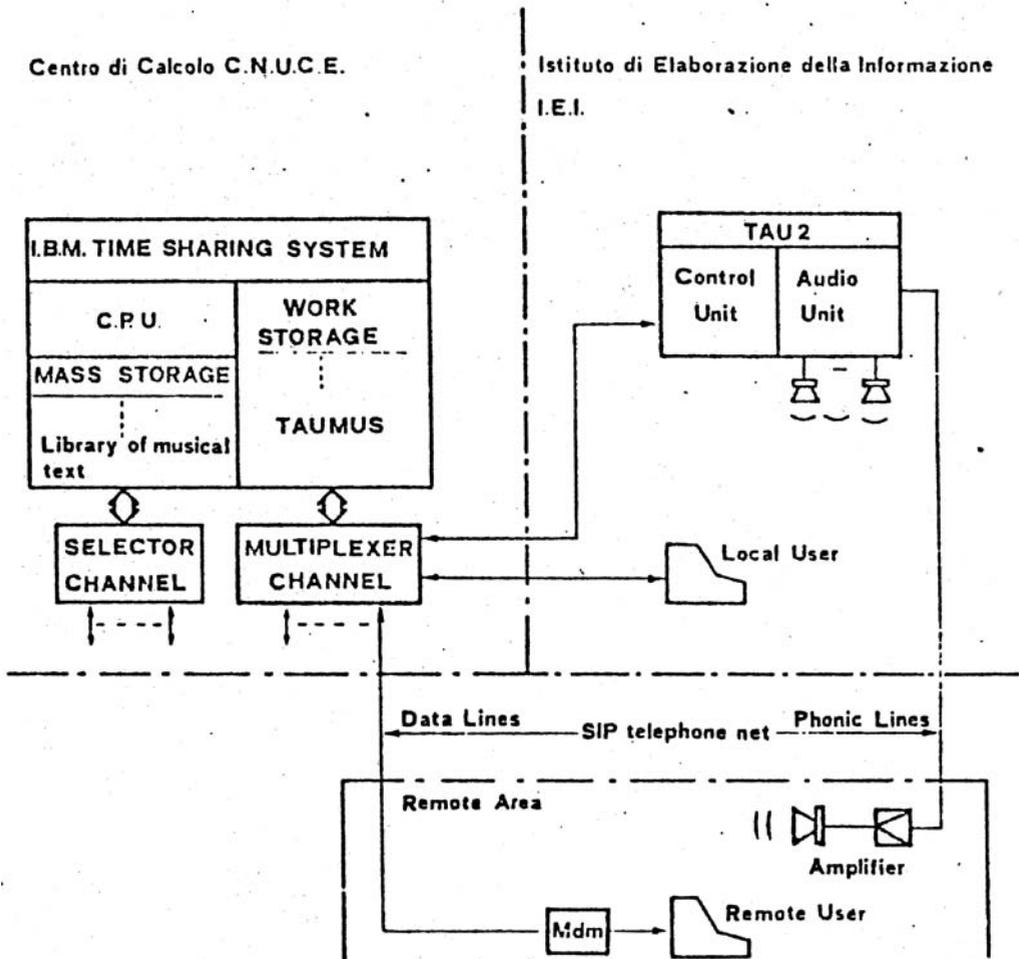


Fig.1- General scheme of remote usage of computer music system in real-time on TAU 2 - TAUMUS with telephone links

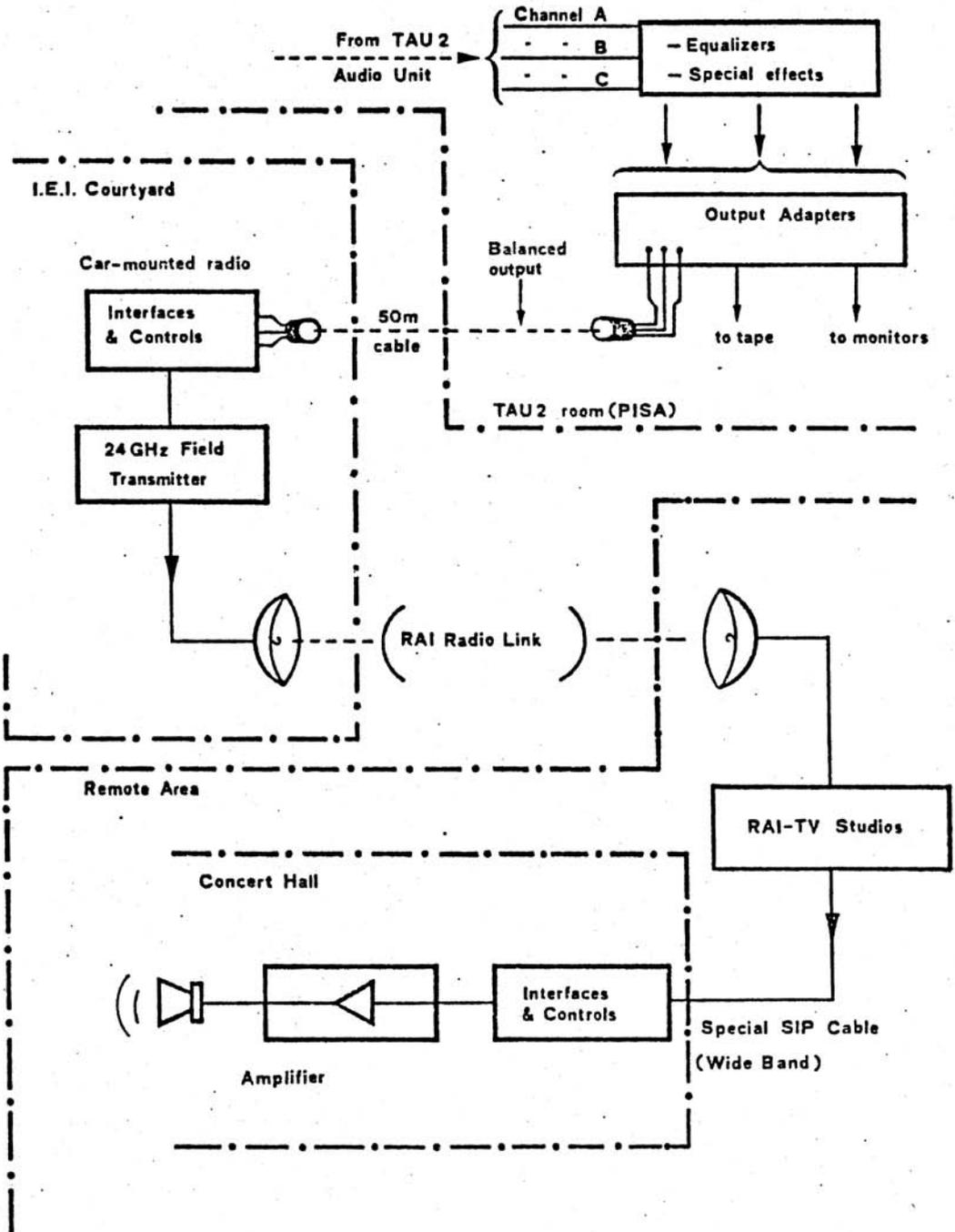


Fig.2- Apparatuses used to transmit audio signals through RAI links

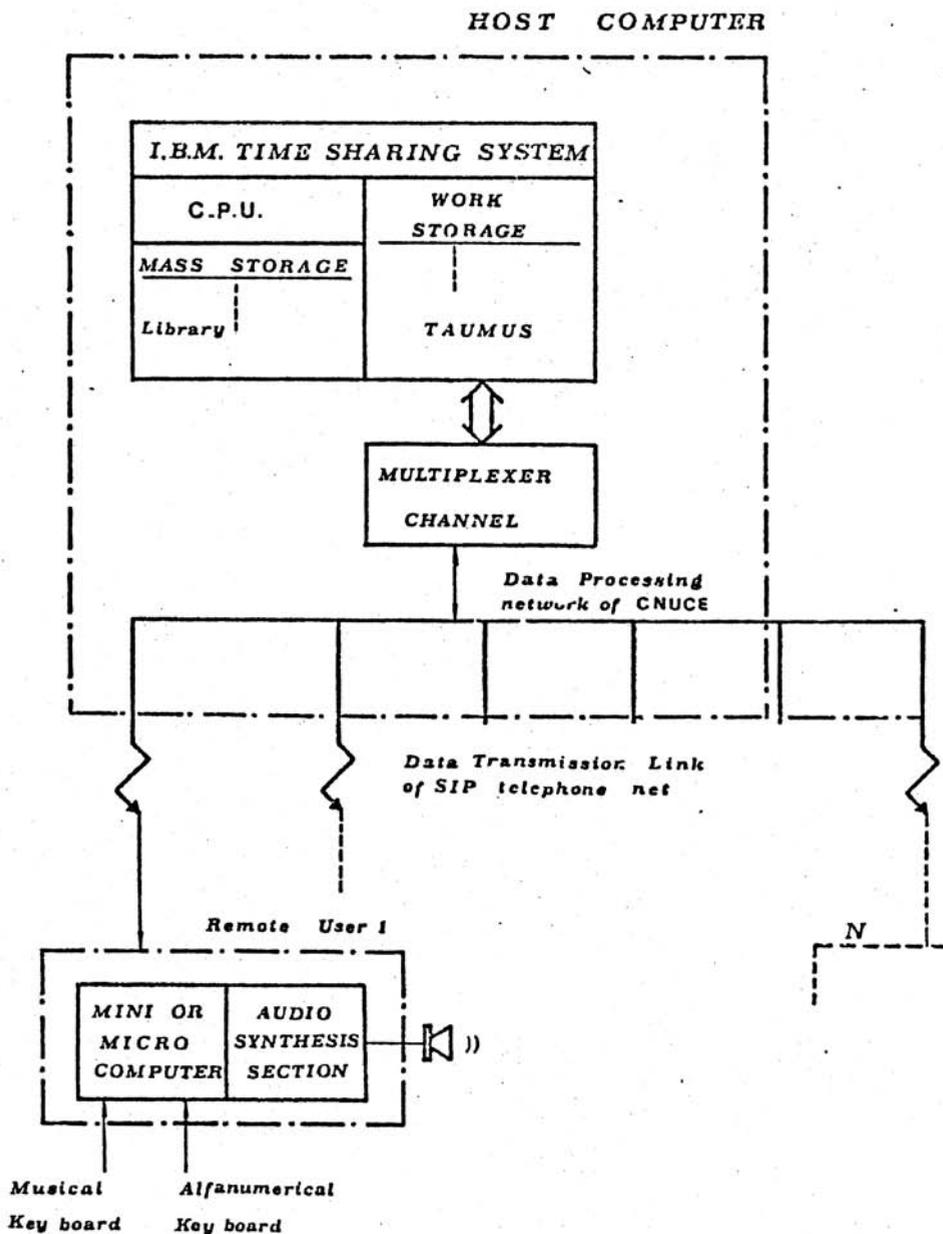


Fig. 3 A possible configuration for experimental musical telematic system

### 3. *Comments on past activities and proposal for the future*

It can be deduced from the previous paragraphs that, partly also as a result of the contributions of the Pisan group, there has been a remarkable expansion at all levels of the activities connected to computer music, even if development is still insufficient, especially in research work and in the coordination between public scientific centres and the industrial sector.

The present state of research shows us two trends which naturally interact with profit:

- the first consists in the development of complex computer systems with sophisticated software to fulfill research requirements in specialized laboratories, music conservatoires, university centres, etc. [10];
- the second trend is oriented towards the development of low cost systems making use of 'personal computer' hardwares and softwares specialized in such a way that any person may use them for activities in computer music at home [11].

It seems therefore that remote demonstrations given with the support of a big computer centre, at least in the way and with the spirit of spreading information shown up to now would be reduced and stopped in the next few years.

However, interesting developments may arise, at the beginning perhaps only for specialized users, in the experimentation of some aspects of telematics, especially for the use of adequately organized musical information.

Infact, in view of the probable expansion in telematics as a means of information distribution, it is possible to think of a permanent service of musical telematics.

A possible configuration of this system is shown in fig. 3.

The host computer contains the main part of the processing programs and the musical library (historical news about authors, musical texts, etc.). As shown in the figure, remote users (musical schools, for example) may connect to the central system by the public data transmission network to obtain the library information. In the remote user's postation mini and micro processors are available with a sound synthesizer section for the execution of musical texts recalled from the central library or locally produced.

The future research of the Pisan group will be devoted to the musical telematics service briefly described above [12].

*APPENDIX*

The content of the Appendix covers the operating fields of the facilities available for a differentiated type of users.

Some of these, enlarged and revised several times, can be considered definitively tested. Others, especially those relative to the analysis and the management of data bases, inserted only recently, have to be tested and enlarged.

Fields of application

- a) musical storage
- b) creation
- c) re-processing
- d) performance
- e) management of a musical library
- f) analysis
- g) access to a data base

a) Musical storage

Routine of TAUMS program for the decoding and the storage of musical texts of up to 12 voices

b) Creation

Routine (TAUMUS) of reading and decoding (see storage);

Routine for automatic processing with random procedures controlled optionally by the operator;

Routine for calculation of combinatorics.

Other routines for circumscribed, fields of frequency, rhythm, timbre and forms with interactive and self-decisional modalities.

c) Processing

Routines of modification and/or reordering of phonic parameters of sounds both considered individually or as a group.

The above routines are managed by the TAUMUS program with the exception the routines for data base management. The TAUMUS handbook describes the routine functions in great detail.

d) Performance

Routines of decoding and performance of one or more pieces, whether concatenated or overlapping.

Routines of performance of structures of non-stop and automatic processing during performance (real-time)

Routines of processing and modification of a given piece.

Routines of library sorting and automatic generation with random (pseudo-random) procedure and real time performance.

e) Management of musical library

The library is managed by the TAUMOS program with commands for:

- 1) storage
- 2) sorting
- 3) performance
- 4) erasion
- 5) reordering
- 6) re-naming
- 7) updating of titles of pieces
- 8) performances and particular sorting by keywords:  
author, piece, movement, tune, original instrument, sigla, editor, location

Library

J.S. BACH	L'ARTE DELLA FUGA
J.S. BACH	OFFERTA MUSICALE
J.S. BACH	VARIAZIONI GOLDBERG
J.S. BACH	IL CLAVICEMBALO BEN TEMPERATO
D. SCARLATTI	15 SONATE
N. PAGANINI	24 CAPRICCI
S. JOPLIN	6 RAGTIME
J. BRAHMS	VARIAZIONI SU UN TEMA DI HAYDN
G. FRESCOBALDI	6 TOCCATE
J. STRAWINSKY	LE SACRE DU PRINTEMPS
J. STRAUSS	UNA VITA D'ARTISTA

The library includes also:

- 1) works of Bach, Haendel, Piatti, Dont, Gershwin, Marengo, Debussy, Bartok, Belfiore, Mayr, Bolognesi, Di Gesualdo, Beethoven, Mozart, Suppe', Fucik, Chopin, Grossi, Rimsky-Korsakov, Webern, Saint Saens, Paganini
- 2) 300 modulating patterns
- 3) a number of automatically processed pieces.

f) Analysis

Routines for analysis of themes and stratigraphy, routines for calculation of frequencies and ascending and descending intervals

g) Access to data base

Program of access to obtain biographic information of the artist and of musical works with the possibility of selecting in the work field.

*References*

- [1] P. Grossi, *Sulla Computer Music*, «I Futuribili», 1969, n. 8.
- [2] P. Grossi, *Musica in tempo reale*, «I Futuribili», 1971, n. 34.
- [3] G. Baruzzi, P. Grossi, M. Milani, *Compendio dell'attività svolta nel periodo 1969-1975*, in «Studi Musicali», CNUCE of CNR, Pisa, Pubbl. n. 98 (November 1975).
- [4] G. Bertini, T. Bolognesi, P. Grossi, *TAU2-TAUMUS: il sistema di computer music in tempo reale realizzato a Pisa, Descrizione ed esperienze*, in «Automazione e strumentazione», n. 2 (February 1980).
- [5] *Progetto e realizzazione di un sistema a microprocessore per la sintesi di strutture sonore in tempo reale*, by L. Lelli, Thesis for degree in Physics, University of Pisa, 1982.
- [6] G. Bertini, M. Chimenti, P. Denoth, *TAU2: Terminal for Computer Music Experiments*, Intern. Symp. on Technology for Discrimination of Information, S. Marino, Italy '76 (IEEE, N.Y. 1976), pp. 143-149.
- [7] P. Grossi *et al.*, *Computer Music*, DISCO LP dimostrativo, CHUCE/I.E.I.-CNR, Pisa 1979.
- [8] J.S. Bach, P. Grossi, *L'Arte della Fuga*, Bruzzichelli, Florence 1981.
- [9] G. Bertini, P. Grossi, *Utilizzazione del sistema di Computer Music in tempo reale TAU2-TAUMUS per attività didattica e dimostrativa*, IEI Internal Notes of CNR, B-82-10 (July 1982).
- [10] J.A. Moorer, *The Lucasfilm Audio Signal Processor*, «Computer Music Journal», Vol. 6, 4.3 (1982).
- [11] L. Tarabella, *A Microprocessor Based System for Music Production*, IMC '82, Venice, September 1982.
- [12] R. Andreoni, G. Bertini, P. Grossi, *Ipotesi per il progetto di un servizio di telematica musicale*, Proceedings of the Conference on "Informatica: Musica/Industria", Tirrenia, Pisa, Festa Nazionale dell'Unità, 8/9/10, September, 1982 (forthcoming).