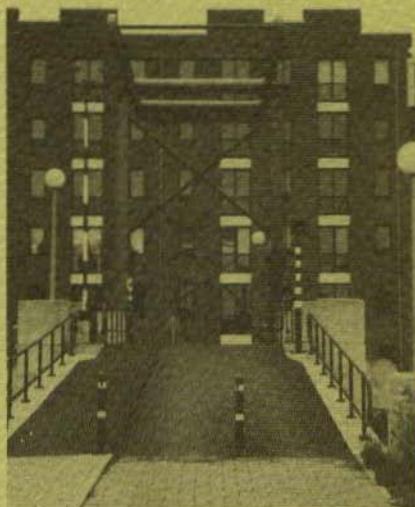


**MUSICA E TECNOLOGIA:  
INDUSTRIA E CULTURA  
PER LO SVILUPPO  
DEL MEZZOGIORNO**

---



**QUADERNI di Musica/Realtà 14**

## Quaderni di M/R

- nº 1 *Informatica: musica/industria - Pensiero compositivo, ricerca, didattica, sviluppo industriale* (a cura di Nicola Sani)
- nº 2 *Bartók e la didattica musicale* (a cura di Franco Masotti)
- nº 3 *G.F. Malipiero e le nuove forme della musica europea* (a cura di Luigi Pestalozza)
- nº 4 *Richard Wagner e Friedrich Nietzsche* (a cura di Enrico Fubini)
- nº 5 *Musorgskij - l'opera, il pensiero* (a cura di Anna Maria Morazzoni)
- nº 6 *Musica e sistema dell'informazione in Europa: ricerca, produzione, consumo* (a cura di Francesco Rampi)
- nº 7 *La musica che si consuma - Una ricerca de l'Orchestra* (diretta da N. Ala, F. Fabbri, U. Fiori, E. Ghezzi)
- nº 8 *What is Popular Music? - 41 saggi, interventi, ricerche sulla musica di ogni giorno* (a cura di Franco Fabbri)
- nº 9 *Wagner: la lingua, la musica* (a cura di Ferruccio Masini e Luigi Pestalozza)
- nº 10 *Stravinskij oggi* (a cura di Anna Maria Morazzoni)
- nº 11 *Il flusso del tempo. Scritti su Ferruccio Bosoni* (a cura di Sergio Sablich e Rossana Dalmonte)
- nº 12 *I Lieder di Johannes Brahms* (a cura di Guido Salvetti)
- nº 13 *Metamorfosi nella musica del Novecento: Bach, Händel, Scarlatti* (a cura di Antonio Trudu)
- nº 14 *Musica e tecnologia: industria e cultura per lo sviluppo del Mezzogiorno* (a cura di Carlo Acreman, Immacolata Ortosecco, Fausto Razzi)

*Musica/Realtà* è chiamato l'insieme delle attività musicali che dal 1973 vengono organizzate a Reggio Emilia dal Comune e dalla Provincia, con particolare attenzione alla diffusione, alla promozione e allo studio della musica moderna. La rivista *Musica/Realtà* è nata nel 1980 nel quadro di queste attività, ed è pubblicata dalla Edizioni Unicopli. Alla rivista compete in particolare l'ideazione e la direzione dei convegni e seminari che si tengono a Reggio Emilia nell'ambito delle iniziative di *Musica/Realtà*. Seminari e convegni sono organizzati anche in collaborazione con altre città o istituzioni. La collana dei «Quaderni» si affianca alla rivista e rientra nel progetto culturale complessivo di *Musica/Realtà*.

# MUSICA E TECNOLOGIA: INDUSTRIA E CULTURA PER LO SVILUPPO DEL MEZZOGIORNO

## VI COLLOQUIO DI INFORMATICA MUSICALE

Napoli 16-19 ottobre 1985

IASM - Istituto per l'Assistenza allo Sviluppo del  
Mezzogiorno

UNIVERSITÀ DI NAPOLI - Dipartimento di Fisica  
AIMI - Associazione di Informatica Musicale Italiana

Atti a cura di  
Carlo Acreman  
Immacolata Ortosecco  
Fausto Razzi

**Quaderni di Musica/Realtà**  
diretti da Luigi Pestalozza

redazione di Roberto Favaro

**Finito di stampare  
nel mese di dicembre 1987  
da Litografica Abbiatense  
Abbiategrasso (MI)**

In copertina: *Casa al di là del ponte*, fotografia di Nicolò Susini.

Tutti i diritti riservati  
© EDIZIONI UNICOPLI  
Via Verona, 9 - 20135 Milano

ISBN 88-7061-915-X

## **Indice**

- 11 *Nota di cura*
- 13 *Programma del convegno*
- 25 *Presentazione* di Andrea Saba
- 27 *Presentazione* di Goffredo Haus
- 29 *Presentazione* di Aldo Picciiali
- 30 *Presentazione* di Francesco Agnello
  
- 35 INDUSTRIA E CULTURA PER LO SVILUPPO  
DEL MEZZOGIORNO
  
- 37 Francesco Gesùè  
*Apertura dei lavori*
- 40 Paolo Strolin  
*Ricerca scientifica, diffusione tecnologica e fruizione della cultura*
- 42 Goffredo Haus  
*Ruolo ed obiettivi dell'Associazione di Informatica Musicale Italiana*
- 46 Andrea Saba  
*Innovazione tecnologica e nuovo ruolo dello Iasm nella politica di sviluppo  
del Mezzogiorno*
- 52 Carlo Turco  
*Il progetto "Suono e Immagine": motivazioni ed obiettivi*
- 60 Aldo Picciiali  
*Obiettivi ed articolazione del VI Colloquio di Informatica Musicale*
- 62 Tavola rotonda. *Opinioni a confronto sul progetto "Suono e Immagine"*  
dello Iasm (Presidente: Giuseppe Di Giugno)
  
- 109 VI COLLOQUIO DI INFORMATICA MUSICALE
  
- 111 SESSIONE: DIGITAL SIGNAL PROCESSING I
- 111 F. Balena, Giovanni De Poli  
*Un modello semplificato del clarinetto mediante oscillatore non lineare*

- 139 Stefano Petrarca  
*Descrizione di un metodo di sintesi non lineare e non stazionario*
- 145 SESSIONE: DIGITAL SIGNAL PROCESSING II
- 145 Johan Sundberg  
*Synthesis of singing*
- 163 Graziano Tisato  
*Sintesi dei suoni vocali e del canto in modulazione di frequenza*
- 177 Lindoro Del Duca  
*Sintesi del suono con risuonatori digitali*
- 186 S. Cavaliere, G. Evangelista, I. Ortosecco, A. Piccialli  
*Una tecnica di sintesi per modulazione di fase: sviluppi*
- 195 SESSIONE: SOFTWARE I
- 195 Curtis Roads  
*Granular Synthesis of Sound: Past Research and Future Prospects*
- 209 A. Camurri, G. Haus, G. Jacomini, R. Zaccaria  
*Il sistema MAP per il controllo del CMI Fairlight*
- 226 Giorgio Nottoli  
*MSYS7: sistema di controllo MIDI*
- 232 Gino Tocchetti  
*MUSIC 6: un preprocessore al linguaggio per la sintesi musicale*  
*MUSIC 5*
- 249 SESSIONE: SOFTWARE II
- 249 Sylviane Sapir, Alvise Vidolin  
*Interazioni fra tempo e gesto. Note tecniche sulla realizzazione informatica di Prometeo*
- 275 SESSIONE: STUDIO REPORTS
- 275 Carmelo Cappiello  
*Informatica musicale e pedagogia*
- 285 Nicola Sani  
*L'attività in corso di sviluppo presso la Società di Informatica Musicale di Roma*
- 288 M. Bagella, E. Cocco, P. Marrama, S. Petrarca  
*Un sistema per la spazializzazione del suono*
- 295 G. Bertini, P. Grossi, G. Nencini, L. Tarabella  
*Studi sulla telematica musicale*

## 301 SESSIONE: HARDWARE E SISTEMI

- 301 M. Rubbuzzer, M. Santoiemma, G.A. Patella  
*Una nuova architettura per un sintetizzatore digitale di suoni*
- 304 A. Bosetto, E. Guarino  
*Un sistema di sintesi basato sull'uso di "semicustom" sviluppati in ISELQUI*
- 315 Michelangelo Lupone  
*System fly*
- 323 M. Rubbuzzer, G. Capuzzo  
*Sistema di conversione analogico digitale a 16 bit per audio professionale*
- 330 L. Tarabella, G. Bertini  
*Un sistema di sintesi di elevate prestazioni controllato da personal computer*

## 337 SESSIONE: TEORIA MUSICALE

- 337 Giorgio Tedde  
*Per una teoria scientifica della musica. Saggio sulla fenomenologia della comunicazione musicale*
- 379 P. D'Ambrosio, A. Guercio, G. Tortora  
*A grammatical description of music theory*
- 384 Nicola Bernardini  
*Riproducibilità, Semiotica e Composizione per elaboratore*
- 411 Michela Mollia  
*Modelli generalivi e compositivi nella computer music*

## 417 SESSIONE: COMPOSIZIONE

- 417 Bruno Fagarazzi  
*Metodo compositivo basato sull'algoritmo del volo di Lévy per la generazione di composizioni autosimili*
- 426 Marco Ligabue  
*Un sistema di regole per l'improvvisazione col computer*
- 435 Sergio Cappuccio  
*Studi intermedi per l'ideazione e strutturazione di un sistema personalizzato di progettazione e composizione musicale assistiti da elaboratore*

## 449 SESSIONE: POSTERS

- 449 Patrizia Politelli  
*Disarmonia della sfera*
- 455 Gianfranco Salvatore  
*Videoclips (per un metalinguaggio audiovisuale)*

461 SESSIONE: DI ASCOLTO

461 Denis Lorrain

*...black it stood as night, for magnetic tape*

463 Roberto Doati, Gianantonio Patella, Daniele Torresan

*La materia è sorda*

474 Fabio Cifariello Ciardi

*Applicazioni dell'elaboratore nell'analisi dei livelli di tensione intervallare delle strutture microtonali*

489 MUSICA E SCIENZA: UN RAPPORTO CONFLITTUALE?

491 Tavola rotonda (Presidente: Fausto Razzi)

## **Nota di cura**

Questo volume raccoglie gli atti del Convegno «Musica e Tecnologia» tenutosi presso la Villa Pignatelli di Napoli dal 16 al 19 ottobre 1985.

La divisione del volume in tre parti, ripete l'andamento del Convegno che si è articolato in tre sezioni: la prima – Industria e cultura per lo sviluppo del Mezzogiorno, specificamente organizzata dallo IASM – dedicata a quelle interrelazioni tra ricerca scientifica, produzione industriale e fruizione della cultura, che sono ritenute fattore essenziale per uno sviluppo dell'area meridionale che sia equilibrato e duraturo. In tale ambito è stato illustrato il progetto «Suono e Immagine» dello IASM, per la realizzazione nell'area napoletana di un centro di ricerca, produzione e formazione nel campo delle applicazioni informatiche al suono ed all'immagine, e sono state presentate alcune prime ipotesi di collaborazione tra industria, Università ed Enti locali.

La seconda sezione del Convegno – VI Colloquio di Informatica Musicale, specificamente organizzata dall'AIMI e dal Dipartimento di Fisica dell'Università di Napoli –, è stata riservata alla presentazione dei risultati cui è pervenuta negli ultimi anni la ricerca scientifica nel settore della "computer music" e delle loro applicazioni.

Le circa trenta relazioni<sup>1</sup> – tra cui numerose quelle di ricercatori stranieri – sono state raccolte nelle sessioni

- software (1-2)
- hardware e sistemi
- studio report
- digital signal processing (1-2)
- composizione, teoria musicale, posters.

Sul terreno scientifico sono due – sopra gli altri – i dati significativi emersi dal Convegno: il primo, relativo alla crescita numerica dei ricercatori nel settore, sia all'interno che all'esterno delle istitu-

<sup>1</sup> Alcune relazioni non sono presenti in questa pubblicazione perché non pervenute al curatore.

zioni, l'altro, relativo alla notevole competenza di gruppi e singoli che operano privatamente e che si sono rivelati particolarmente attivi.

La terza sezione, infine, specificamente organizzata dall'Istituto Italiano per gli Studi Filosofici, è stata costituita da un incontro-dibattito, presieduto dal maestro Fausto Razzi, sul tema "Musica e scienza: un rapporto conflittuale?".

Concerti di musica contemporanea e computer music svoltisi nell'arco delle quattro serate hanno completato il programma di un Convegno che, nell'anno dichiarato dal Parlamento europeo «Anno della Musica», ha voluto costituire la prima importante occasione per analizzare le implicazioni che l'introduzione delle tecnologie digitali nella musica (ma anche nella grafica) hanno comportato sul terreno tecnico-scientifico, non meno che su quello artistico-culturale ed economico-industriale.

## **Programma del convegno**

*Mercoledì 16 Ottobre*

- h. 18.00        Iscrizione al Convegno  
h. 21.00        Concerto d'apertura<sup>1</sup>

*Giovedì 17 Ottobre*

- h. 9.00-13.00    Industria e cultura per lo sviluppo del Mezzogiorno  
Presidente: Prof. Carlo Amato, Sindaco di Napoli  
Saluto dell'On. Antonio Fantini, Presidente della Regione Campania
- Relazioni:
- Prof. Paolo Strolin  
Direttore Dipartimento Fisica, Università di Napoli  
*Ricerca scientifica, diffusione tecnologica e fruizione della cultura*
- Prof. Giuseppe Galasso  
Sottosegretario Ministero per i Beni Culturali e Ambientali  
*Integrazione tra cultura umanistica e cultura tecnologica per un reale sviluppo*
- Dott. Goffredo Haus  
Presidente AIMI  
*Ruolo ed obiettivi dell'Associazione di Informatica Musicale Italiana*
- Prof. Andrea Saba  
Presidente IASM  
*Innovazione tecnologica e nuovo ruolo dello IASM nella politica di sviluppo del Mezzogiorno*
- Aldo Romano  
Presidente CSATA  
*Tecnopolis, un esempio di integrazione tra ricerca ed industria*

<sup>1</sup> Vedi programma dei concerti.

**Dott. Carlo Turco**  
**Dirigente Area Progetti e Territorio IASM**  
*Il progetto "Suono e Immagine": motivazioni ed obiettivi*

**Prof. Aldo Piccialli**  
**Università di Napoli, Dipartimento di Fisica**  
*Obiettivi ed articolazione del VI Colloquio di Informatica Musicale*

- h. 15.00** Tavola rotonda sul tema: Opinioni a confronto sul progetto "Suono e immagine" dello IASM; esigenze e possibilità di interazione tra industria, ricerca e cultura  
 Presidente: Prof. Giuseppe Di Giugno  
 IRCAM, Parigi

Panel:

Prof. Jean Pierre Armand  
 IRCAM, Parigi

Ing. Fulvio Basso  
 B&S, Napoli

Prof. Giuseppe Biorci  
 CNR, Roma

Dott. Daniele Comboni  
 Jackson, Milano

Ing. Domenico Corradetti  
 ISELQUI, Ancona

Ing. Eugenio Corti  
 T&T Sud, Napoli

Prof. Roberto De Simone  
 Teatro San Carlo, Napoli

Dott. Enzo Forcella  
 RAI, Roma

Dott.ssa Mimma Guastoni  
 Ricordi, Milano

Dott. Bruno Lamborghini  
 Olivetti, Ivrea

Dott. Giuseppe Monti  
 SBP, Roma

Prof. Luigi Pestalozza  
 Musica/Realtà, Milano

Ing. Francesco Pinto  
 RAI, Roma

Ing. Giuseppe Savarese  
 Texas Instruments, Rieti

Prof. Paolo Strolin  
Università di Napoli

Dott. Carlo Turco  
IASM, Roma

Ing. Alvise Vidolin  
LIMB, Venezia

Hanno assicurato la loro partecipazione:

Prof.ssa Clara Abatecola  
Presidenza Consiglio Ministri

Dott. Antonino Cascino  
RAI, Roma

Prof. Sergio Cavaliere  
Università di Napoli

Prof. Antonio De Santis  
Conservatorio "S. Pietro a Maiella", Napoli

Ing. Massimo Di Pietro  
Texas Instruments, Rieti

Dott. Luigi Ferrari  
Teatro Comunale, Bologna

Dott. Silvano Fua'  
LIS, Roma

Ing. Italo Ghidini  
RAI, Napoli

Prof. Pietro Grossi  
CNUCE CNR, Pisa

Prof. Giorgio Nottoli  
SIM, Roma

Prof. Gianni Orlandi  
INFOCOM - Università di Roma

Dott. Tancredi Paravia  
Ed. Paravia, Milano

Prof. Aldo Piccialli  
Università di Napoli

Dott. Marcello Ruggieri  
CIDIM, Roma

Prof. Virginio Sala  
Ed. Muzzia, Padova

Ing. Graziano Tisato  
CSC - Università di Padova

h. 21.00 Concerto

*Venerdì 18 Ottobre*

### VI Colloquio di Informatica Musicale

h. 9.00 Saluto del Prof. Carlo Ciliberto  
Rettore dell'Università di Napoli

#### Sessione Digital Signal Processing I

Presidente: Graziano Tisato  
CSC, Università di Padova

##### Relazioni:

E. Favreau  
IRCAM, Parigi (Francia)  
*Le traitement numérique du signal pour le processor 4X*

S. Gueguen  
ENST, Parigi (Francia)

##### Interventi:

F. Balena, G. De Poli  
CSC, Università di Padova  
*Un modello semplificato del clarinetto mediante oscillatore non lineare*

S. Gabrielli, E. Guarino  
ISELQUI, Ancona  
*Un algoritmo di compressione statistica per suoni percussivi*

S. Petrarca  
STREAM, Roma  
*Descrizione di un metodo di sintesi non lineare e non stazionario*

G. Orlandi  
INFOCOM, Università di Roma  
*Modelli autoregressivi tempo varianti di segnali non stazionari*

h. 11.15 Sessione Software I

Presidente: Giovanni De Poli  
CSC, Università di Padova

##### Relazioni:

C. Roads  
MIT, Boston (USA)

Interventi:

A. Camurri, G. Haus, G. Jacovini, R. Zaccaria  
 DIST, Università di Genova, Istituto di Cibernetica, Università  
 di Milano

*Sistema "MAP" per il controllo del CMI Firelight*

G. Nottoli  
 SIM, Roma

*MSYS7: Sistema di controllo per il sintetizzatore Yamaha DX7*

J. Gerbrik, R. Ruzicka  
 Ustav vypocetni techniky, UJEP, Brno (Cecoslovacchia)  
*Computer program "BCMP" for contemporary serious music works crea-*  
*tion*

G. Tocchetti  
 CSC, Università di Padova  
*MUSIC 6: un preprocessore per il linguaggio MUSIC 5*

h. 14.30

Sessione Software II

Presidente: Antonio Bosetto  
 ISELQUI, Ancona

Relazioni:

P. Greussay  
 Università di Parigi 8 (Francia)

Interventi:

S. Sapir, A. Vidolin  
 LIMB, Venezia

*Interazione fra tempo e gesto (note tecniche sulla realizzazione informati-*  
*ca del "Prometeo" di Luigi Nono)*

h. 15.15

Sessione Studio Reports

Presidente: Goffredo Haus  
 Dipartimento di Cibernetica, Università di Milano

Relazioni:

C. Cappiello  
 CEMAMU, Issy Les Moulineaux (Francia)

Interventi:

N. Sani  
 SIM, Roma

M. Bagella et altri  
 STREAM, Roma

P. Grossi, L. Tarabella, L. Camilleri, G. Bertini, G. Nencini  
 CNUCE CNR, Pisa

- h. 17.15-18.00 Sessione di ascolto  
 Presidente: Roberto Doati  
 CSC, Università di Padova  
 R. Karpen: The Vision  
 N. Bernardini: Pière du matin  
 R. Barbanti: Albatros
- h. 18.00 Assemblea dei Soci dell'AIMI

*Sabato 19 Ottobre*

- h. 9.00 Sessione Digital Signal Processing II  
 Presidente: Francesco Guerra  
 Dipartimento di Informatica, Università di Roma  
 Relazioni:  
 C. Braccini  
 DIST, Università di Genova  
*Advances in Digital Image Processing*  
 J. Sundberg  
 Royal Institute of Music and Acoustic, Stoccolma (Svezia)  
*Synthesis of singing*
- Interventi:  
 G. Tisato  
 CSC, Università di Padova  
*Sintesi dei suoni vocali e del canto in modulazione di frequenza*  
 L. Del Duca  
 SIM, Roma  
*Sintesi del suono con risuonatori digitali*  
 S. Cavaliere, G. Evangelista, I. Ortosecco, A. Piccialli  
 Dipartimento di Fisica, Università di Napoli  
*Una tecnica di sintesi per modulazione di fase: sviluppi*
- h. 11.15 Sessione Hardware e Sistemi  
 Presidente: Giorgio Nottoli  
 SIM, Roma

**Relazioni:**

S. Tempelaars

Institute voor Sonologie, Utrecht (Olanda)

*A fractional random noise generator with a TMS-320*

**Interventi:**

M. Rubbuzzer, M. Santoiemma, G.A. Patella

CSC, Università di Padova

*Una nuova architettura per un sintetizzatore digitale di suoni*

A. Bosetto, E. Guarino

ISELQUI, Ancona

*Un sintetizzatore basato sull'uso di semicustom ISELQUI*

M. Lupone

SIM, Roma

*System FLY: un sistema per la sintesi e l'esecuzione di partiture in tempo reale*

M. Rubbuzzer, G. Cappuzzo

CSC, Università di Padova

*Sistema di conversione analogico digitale 16 bit per audio professionale*

L. Tarabella, G. Bertini

CNUCE CNR/IEI CNR, Pisa

*Un sistema di sintesi di elevate prestazioni controllato da personal computer*

h. 14.30

**Sessione Teoria Musicale**

Presidente: Sergio Cavaliere

Dipartimento di Fisica, Università di Napoli

**Relazioni:**

F. Guerra

Dipartimento di Matematica, Università di Roma

*Modelli stocastici di composizione musicale*

**Interventi:**

A. Doro

Conservatorio di Sassari

*Problemi logici nella composizione musicale*

G. Tedde

Conservatorio e Università di Cagliari

*Per una teoria scientifica della musica*

P. D'Ambrosio, A. Guercio, G. Tortora

Dipartimento di Informatica e Applicazioni, Università di Salerno

*A grammatical description of music theory*

P. De Bernardinis  
 Studio Edgard Varese, Pescara  
*Il procedimento strutturale nell'analisi generazionale di melodie tonali con il metodo del confronto*

N. Bernardini  
 Roma  
*Riproducibilità semiotica e composizione per elaboratore*

M. Molia  
 Conservatorio Giocchino Rossini, Pesaro  
*Modelli generativi e compositivi nella musica elettronica*

**h. 16.30 Sessione Composizione**

Presidente: Pietro Grossi  
 CNUCE CNR, Pisa

Interventi:

F. Rizzo  
 Conservatorio Benedetto Marcello, Venezia  
*"Triangolazioni": un programma per la generazione di geometrie musicali*

B. Fagarazzi  
 CSC, Università di Padova  
*Metodo compositivo basato sull'algoritmo del volo di Levy per la generazione di composizioni autosimili*

M. Ligabue  
 Conservatorio Luigi Cherubini, Firenze  
*Un sistema di regole per l'improvvisazione col computer*

S. Cappuccio  
 Roma  
*Studi intermedi per l'ideazione e la strutturazione di un sistema personalizzato di progettazione e composizione musicale assistiti da elaboratore*

**h. 18.00 Sessione di ascolto**

Presidente: Lelio Camilleri  
 Conservatorio Luigi Cherubini, Firenze

F. Cifariello Ciardi  
*Punti da un secondo*

F. Fanelli  
*Periplo*

M. Benedetti  
*Habit*

S. Cappuccio  
*Traslazioni e Trasposizioni su "Tra le quinte"*

R. Ruzicka  
*Computer program "BCMP"*

Alle ore 18,30 ha luogo presso l'Istituto Italiano per gli Studi Filosofici, Palazzo Serra di Cassano, Via Monte di Dio, 14 un incontro sul tema: "Musica e scienza", presieduto dal maestro Fausto Razzi e con la partecipazione di compositori, ricercatori e giornalisti.

#### Sessione Posters

Claudio Costantini

Ravenna

*Audioterapia computazionale: considerazioni sulle applicazioni terapeutiche del suono a sintesi digitale*

Patrizia Politelli

Roma

*Disarmonia della sfera*

Gianfranco Salvatore

Caserta

*Videoclips*

Mauro Brescia

Torino

*Sviluppi di Polyphemus XML20, nuovo strumento musicale pilotato per via ottica: aspetti compositivi, esecutivi e tecnici. Il collegamento multi-midi*

Nei giorni 18 e 19 ottobre, alle h. 15.00 gli autori saranno a disposizione degli interessati per discutere i loro lavori

#### Sessione Dimostrazioni

Pietro Grossi

CNUCE CNR, Pisa

*Dimostrazione con terminale di realizzazioni di telematica musicale*

Dimostrazioni in tempo reale di apparecchiature sperimentali

#### Programma dei concerti

h. 21.00 Villa Pignatelli

*Mercoledì 16 Ottobre*

Fausto Razzi

*A voi che lavorate sulla terra, per soprano e nastro magnetico*

Jean Claude Risset

*L'autre face, per soprano e nastro magnetico*

Aldo Clementi

*Fantasia per roBERTo FABbriCiAni* per flauto e nastro magnetico

Jean Claude Risset

*Passages*, per flauto e nastro magnetico

Luigi Nono

*Das almende Klarsein* (frammento), per flauto basso e nastro magnetico

Soprano: Brenda Hubbard

Flauto: Roberto Fabbriciani

*Giovedì 17 Ottobre*

Giuseppe Di Giugno, Alvise Vidolin

Sistemi di sintesi digitale in tempo reale: 4X e 4I

Mauro Graziani

*Untitled n. 1 (4I Studio)*, Sistema 4I in tempo reale

Luigi Nono

Ambienti esecutivi estratti dal *Prometeo* di Luigi Nono; 4I: Silviane Sapir, Mauro Graziani e Alvise Vidolin

Serena Tamburini

*Specchi*, per oboe e nastro magnetico; oboe: Stefano Pogelli

James Dashow

*Mnemonics* per violino e nastro magnetico; violino: Mario Buffa

*Venerdì 18 Ottobre*

Enrico Cocco

*Istinti verso....* per nastro magnetico

Giancarlo Sica

*Arcana*, per computer, *Canlata (ex machina)* per voce e computer, *Timesteps* per computer; esecuzioni in tempo reale con sistema Pso-troll; voce: Piera Ferrari

Michelangelo Lupone

*Mira*, per computer solo; esecuzione in tempo reale con sistema Music FLY di Antonella Barbarossa

James Dashow

*Sequence Symbols*, per nastro magnetico

David Keane

*Hornbeam*, per corno e nastro magnetico; corno: Stefano Mastrangelo

*Sabato 19 Ottobre*

Denise Lorraine  
*Black it stood as night*, per nastro magnetico

Michela Mollia  
*State of silence*, per nastro magnetico

Roberto Doati, Giannantonio Patella, Daniele Torresan  
*La materia è sorda*, per nastro magnetico

Laura Bianchini  
*Presente continuo*, per nastro magnetico

Eugenio Giordani  
(senza titolo), per nastro magnetico

#### **Comitato scientifico**

Mario Baroni  
Università di Bologna

Antonio Bosetto  
ISELQUI, Ancona

Sergio Cavaliere  
Dipartimento di Fisica, Università di Napoli

Antonio De Santis  
Conservatorio di Napoli

Giovanni De Poli  
Dipartimento di Informatica, Università di Padova

Giuseppe Di Giugno  
IRCAM, Parigi

Francesco Guerra  
Dipartimento di Matematica, Università di Roma

Pietro Grossi  
CNUCE CNR, Pisa

Goffredo Haus  
Dipartimento di Cibernetica, Università di Milano

Giorgio Nottoli  
SIM, Roma

Alvise Vidolin  
LIMB, Venezia

**Comitato organizzatore**

**Giampaolo Evangelista**  
Dipartimento di Fisica, Università di Napoli

**Antonella Fusco**  
Museo Villa Pignatelli, Napoli

**Fausto Razzi**  
Compositore, Roma

**Nicola Sani**  
SIM, Roma

**Ennio Vacca**  
Associazione musicale "L'Armonia e l'Invenzione", Napoli

**Coordinatore scientifico:** Prof. Aldo Piccialli, Dipartimento di Fisica, Università di Napoli

**Coordinatore organizzativo:** Dr. Carlo Acreman, IASM, Roma

**Segreteria scientifica:** Dipartimento di Fisica, Università di Napoli

**Segreteria organizzativa:** Sig.a Vincenza Politano, IASM, Roma

## **Presentazione**

**Andrea Saba**  
*Presidente IASM*

L'informatica sta aprendo una nuova era nel campo dell'elaborazione del suono e dell'immagine. La possibilità di sostituire i tradizionali processi elettronici di tipo analogico con quelli di tipo digitale ha infatti conseguenze che non è esagerato definire rivoluzionarie; e ciò in un campo molto vasto di attività produttive legate alla computer music ed alla computer graphics. Basta pensare all'alta fedeltà, al personal e home computer, agli strumenti musicali elettronici, alla telefonia, alla biomedicina, così come ai settori connessi allo spettacolo (cinema, televisione, audiovisivi ecc.), all'architettura, al design.

Sebbene le trasformazioni siano appena agli inizi, le risultanze economiche sono già significative, come dimostrano i livelli di vendita delle prime apparecchiature che utilizzano sistemi digitali (registratori digitali, compact disc, videotape digitali ecc.). Non solo questi livelli di vendita sono interessanti, ma il loro andamento indica un trend di crescita che non lascia dubbi sul futuro orientamento del mercato.

Ma proprio in riferimento a questo primo ingresso sul mercato di produzioni legate all'applicazione dell'informatica alla musica e all'immagine, colpisce la quasi completa assenza dell'industria italiana.

Si tratta di un ritardo grave, che ha la sua causa principale nella pressoché assoluta mancanza di adeguate strutture di ricerca, in un campo in cui le tecnologie da impiegare sono assolutamente nuove. È vero che sono in atto talune iniziative di supporto alle imprese che intendono rinnovare i propri prodotti; ma a ben vedere si tratta di iniziative che, pur essendo indubbiamente interessanti, non risultano in grado, per limiti territoriali o settoriali, di fornire gli apporti di cui ci sarebbe bisogno. Ciò che manca è una struttura di ricerca, importante per dimensioni e potenzialità di realizzazioni, capace di assicurare alle imprese interessate quei servizi di ricerca e sviluppo necessari a rendere realmente competitive le proprie produzioni.

Il Convegno di Napoli, i cui atti vengono con questo volume pubblicati, ha inteso marcare le strette interrelazioni tra ricerca scientifica, innovazione tecnologica e produttiva e cultura senza la

realizzazione delle quali il processo di sviluppo, pure in atto nell'area meridionale del Paese, difficilmente potrà produrre esiti equilibrati e duraturi.

Desidero perciò ringraziare quanti hanno favorito la realizzazione della manifestazione e quanti ad essa hanno partecipato.

## **Presentazione**

**Goffredo Haus**  
*Presidente AIMI*

Il VI Colloquio di Informatica Musicale ha avuto luogo dopo i precedenti C.I.M. di Pisa ('76), Milano ('77), Padova ('79), Pisa ('81) e Ancona ('83). In questa occasione il Colloquio si è svolto nell'ambito di una manifestazione più ampia orientata alla presentazione ed alla promozione di un nuovo centro di ricerca e sviluppo nel campo dell'elaborazione audiovisuale situato nell'area napoletana.

Il Colloquio si è articolato in Sessioni Scientifiche (Digital Signal Processing, Software Musicale, Studio Reports, Hardware e Sistemi, Teoria Musicale, Composizione), Sessioni guidate d'ascolto. Sessioni poster e concerti con esecuzioni dal vivo.

Questa edizione della rassegna scientifica è stata realizzata grazie alla collaborazione tra Associazione di Informatica Musicale Italiana (AIMI) Istituto per l'Assistenza allo Sviluppo del Mezzogiorno (IASM), Dipartimento di Fisica dell'Università di Napoli con il contributo del Comune di Napoli; la manifestazione «Musica e Tecnologia» ha visto sia la presentazione del progetto «Suono e immagine» dello IASM che lo svolgersi della sesta edizione del C.I.M.

Il programma è stato preparato mediante il lavoro di selezione e di organizzazione del Comitato Scientifico (Mario Baroni, Antonio Bosetto, Sergio Cavaliere, Antonio De Santis, Giovanni De Poli, Giuseppe Di Giugno, Francesco Guerra, Pietro Grossi, Goffredo Haus, Giorgio Nottoli, Alvise Vidolin) e del Comitato Organizzatore (Giampaolo Evangelista, Antonella Fusco, Fausto Razzi, Nicola Sani, Ennio Vacca) con il coordinamento scientifico di Aldo Piccialli e organizzativo di Carlo Acreman.

Il significato della sede napoletana per la sesta edizione del C.I.M. è duplice: il riconoscimento dell'attività di ricerca scientifica nel settore dell'informatica musicale da parte del gruppo di ricercatori che gravita attorno al Dipartimento di Fisica dell'Università di Napoli, e la speranza di contribuire al decollo di una iniziativa che si colloca a cavallo tra il mondo della ricerca e il mondo della produzione, speranza quindi di veder nascere sbocchi applicativi concreti che favoriscano il rinnovamento tecnologico e creino nuova occu-

pazione qualificata.

Ringrazio perciò a nome della collettività italiana dell'informatica musicale tutti coloro, individui ed Enti, che hanno permesso e favorito la realizzazione del VI C.I.M. connubio con il progetto «Suono e immagine».

## **Presentazione**

Aldo Piccialli

*Dipartimento di Fisica dell'Università di Napoli*

L'informatica musicale richiede competenze nella musica, nell'acustica, nella psicoacustica, nell'elaborazione dei segnali numerici ed in numerose altre discipline scientifiche: si scivolerebbe in una sorta di provincialismo culturale se questa disciplina – nella sua fermentazione – si isolasse in un mondo chiuso, ricettiva nell'uso delle singole esperienze scientifiche, ma incapace di fornire ad esse contributi originali.

È stata questa preoccupazione che ha indirizzato il comitato scientifico del VI Convegno di Informatica Musicale, tenuto a Napoli nell'ottobre del 1985, a mettere enfasi sugli aspetti più salienti del Digital Signal Processing, cercando di mettere a confronto "lo stato dell'arte" del D.S.P. nella musica con quello di altre applicazioni scientifiche. La giustezza di questa scelta è stata confermata dalla partecipazione di scienziati nazionali ed internazionali e dall'alto livello dei contributi scientifici da essi forniti.

## **Presentazione**

**Francesco Agnello**  
*Presidente CIDIM/Comitato Nazionale Italiano Musica*

A pochissimi giorni di distanza l'uno dall'altro, tra Roma e Napoli, due convegni dedicati alla produzione musicale di oggi. Uno, quello di Roma, centrato sulla "condizione del compositore oggi", l'altro, quello di Napoli, sui rapporti tra "musica e tecnologia", tra "ricerca e mercato".

È evidente, anche solo da questi essenziali accenni, che in entrambi i casi è stato affrontato il modo cruciale della ricerca e del suo rapporto con l'intervento pubblico.

Il Convegno di Roma è stato realizzato nell'ambito delle iniziative per l'Anno Europeo della Musica, istituito dal Parlamento Europeo su proposta unanime del Consiglio d'Europa e della Comunità Europea in occasione della ricorrenza del tricentenario della nascita di J.S. Bach, G.F. Händel e D. Scarlatti. A promuoverlo e a realizzarlo, hanno efficacemente contribuito la SIAE e gli editori italiani di musica riuniti nella UNEMI, insieme con il CIDIM.

Molti gli argomenti affrontati in quella sede, dalla formazione del compositore nei Conservatori di Musica, alla politica dei mass-media (primo tra tutti il servizio pubblico radiotelevisivo) nei confronti della musica contemporanea italiana e straniera, ecc.

Ma qui mi preme porre l'accento sul nodo fondamentale del sostegno pubblico alla ricerca musicale. Tale problema così veniva affrontato dal documento introduttivo ai lavori del convegno: "La legislazione vigente (legge 800 e legge finanziarie successive) ha affrontato marginalmente il tema del sostegno alla musica contemporanea e non ha individuato strumenti specifici di intervento né vincolato risorse significative a tal fine. La produzione musicale 'nuova o nuovissima' è stata considerata in sostanza come un elemento secondario nei criteri di valutazione da utilizzare per la ripartizione delle risorse insieme con quello della tutela del patrimonio musicale storico o recente inedito o no eseguito nel dopoguerra. La generalità dei riferimenti alla musica contemporanea ha rivelato tutta la sua debolezza quando 'le ragioni del mercato' hanno preso il sopravvento come è avvenuto negli ultimi anni, dominati dall'aumento dei costi e del

predominio 'dell'audience' come criterio ultimo di valutazione dei risultati dell'attività musicale sovvenzionata.

In definitiva, le misure (per lo più generiche) di sostegno alla musica contemporanea non sono state in grado di contribuire a costituire un sistema di circolazione tale da conquistarsi stabilmente operatori e pubblico. Soprattutto, quelle misure non hanno saputo affrontare il nodo della produzione: non sono stati individuati... strumenti quali commissioni pubbliche di opere, premi, concorsi adeguatamente finanziati, tali da incentivare i compositori e le istituzioni musicali; neppure sono stati individuati istituti specializzati e 'forti' (come per esempio, l'IRCAM, l'E.I.C. in Francia) per la ricerca e per la diffusione, che potessero influire con forza tanto sulla produzione quanto sulla circolazione. In definitiva, la scelta del legislatore è stata fondamentalmente quella di garantire la sussistenza e lo sviluppo del sistema di circolazione del repertorio tradizionale (tanto riguardo al melodramma che alla musica strumentale)".

Come si può constare, alcune di queste considerazioni sono state ripetute anche nella tavola rotonda di Napoli, anche se, forse, possono apparire come in secondo piano rispetto all'evidenza più forte di temi quali il rapporto tra musica, cultura, tecnologia e industria, quello tra musica e informatica, la situazione del Mezzogiorno, l'approfondimento dei diversi aspetti del progetto «Suono e Immagine» dello IASM.

Se questa è una delle ragioni fondamentali che giustificano la partecipazione del CIDIM ai lavori di Napoli, ve ne sono altre. Infatti, l'AIMI, a norma dello Statuto del Consiglio Internazionale Musica dell'Unesco, di cui il CIDIM è il Comitato Nazionale per l'Italia, e dello Statuto del CIDIM, fa parte di esso in quanto associazione che si propone di coordinare l'attività di ricerca e quella didattica in materia di informatica musicale e di svolgere un ruolo di promozione culturale.

E, pertanto, almeno ad alcune delle iniziative che l'AIMI si sforza di realizzare il CIDIM è lieto di dare il suo contributo. Inoltre, il progetto di cui si discute in questo convegno è localizzato nel Mezzogiorno e la sua realizzazione costituirà un elemento di estrema importanza non solo in sé, come è stato autorevolmente dimostrato dalle relazioni e dagli interventi, ma anche per il significato esemplare che potrà assumere rispetto al sistema musicale italiano. Questo, ad onta del suo innegabile sviluppo, è caratterizzato non soltanto da forti contraddizioni interne ma anche da un pesante squilibrio tra Nord e Sud. Non intendo cogliere l'occasione di questa nota introduttiva per compiere il rituale lamento su tale squilibrio. Eppure, esso c'è: nelle strutture, nell'offerta, nel consumo, nel sostegno pub-

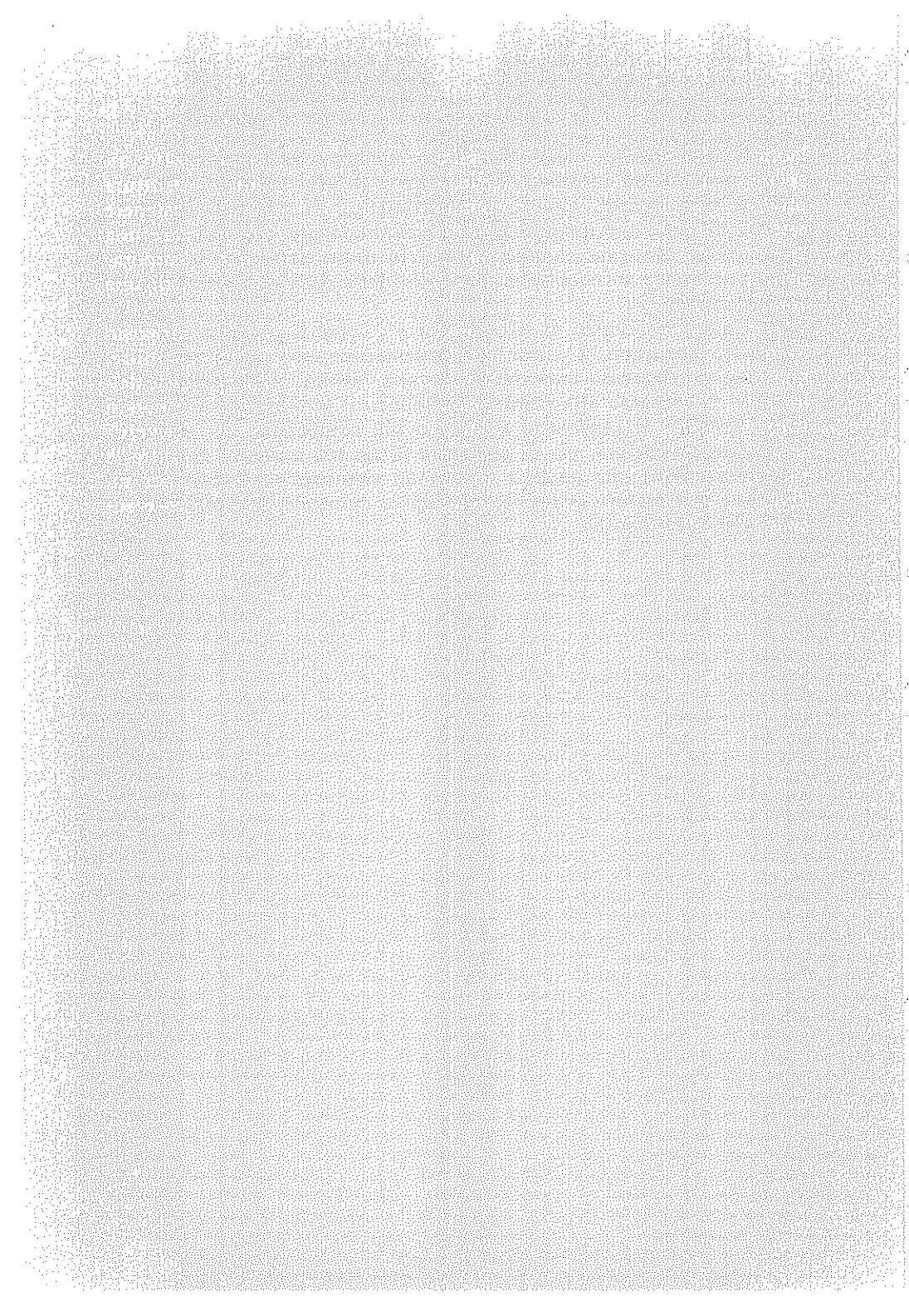
blico. Pochissime cifre: dei 13 enti lirici e istituzioni concertistiche assimilate istituiti dalla legge 800, soltanto 3 sono situati nel Mezzogiorno, dei 24 "teatri di Tradizione" riconosciuti, nel Mezzogiorno ne agiscono solo 5; delle 12 istituzioni concertistico-orchestrali riconosciute, il Mezzogiorno ne annovera solo 3. In definitiva, delle istituzioni produttive stabili, "pesanti", solo poco più di un quinto agisce nel Mezzogiorno. È questo il dato fondamentale che ritengo necessario sottolineare, anche rispetto all'innegabile incremento dell'attività musicale e delle relative sovvenzioni nel Mezzogiorno. È un incremento che riguarda essenzialmente le istituzioni musicali "leggere", quali le associazioni concertistiche, i festival, i concorsi, le attività formative "stagionali" come i corsi, gli stage, ecc. È indubbio che, nel complesso, si tratti di un fenomeno positivo, in quanto si estende e (forse) si consolida un "tessuto connettivo" essenziale. Eppure, questo non basta, anzi può rischiare di arretrare, di entrare in crisi, in assenza di strutture "forti".

Secondo i dati dell'AGIS, nel 1968, il Ministero dello Spettacolo ha sovvenzionato complessivamente 367 soggetti operativi in campo musicale esclusi gli enti lirici. Di essi, 77, pari al 20,98% agivano nel Mezzogiorno, 143 pari al 38,9% agivano al Centro e 147, pari al 40,05%, agivano al Nord. La spesa complessiva, pari a circa 2600 milioni, era distribuita in modo leggermente diverso: 21,83% al Sud, 38,2% al Centro (grazie soprattutto al "peso" delle attività svolte a Roma), 39,93% al Nord. Nel 1985, i soggetti operativi sovvenzionati sono saliti a 848, con un incremento del 231,06%. Ma, al Sud, con 227 soggetti, l'incremento è stato largamente superiore, avendo toccato il 294,81%; non a caso, infatti, il Mezzogiorno in percentuale, rispetto ai soggetti, è salito al 26,77% e, rispetto alle sovvenzioni, al 25,70%. Al Centro, l'incremento, che è del 254,55%, è inferiore a quello del Mezzogiorno ma superiore alla media nazionale (364 soggetti sovvenzionati, pari al 42,93%); però, rispetto alle sovvenzioni, la quota percentuale del Centro è scesa al 32,75%. Al Nord, e ciò è estremamente significativo, l'incremento dei soggetti sovvenzionati (257) è modesto, appena del 174,83%, largamente inferiore all'indice nazionale e ancor più a quello del Mezzogiorno. Però, la quota del Nord rispetto alle sovvenzioni sale al 41,55%, mentre quella dei soggetti è scesa al 30,30%. È evidente che le istituzioni "pesanti", le orchestre, i teatri, sono aumentate al Nord, grazie non solo al sostegno dello Stato Centrale ma anche alla legislazione regionale ed agli investimenti delle stesse Regioni e degli enti locali, ben più che al Centro e al Sud.

Se queste sono le linee di tendenza, sia pure colte in maniera estremamente sommaria, appare evidente che il Mezzogiorno, nel-

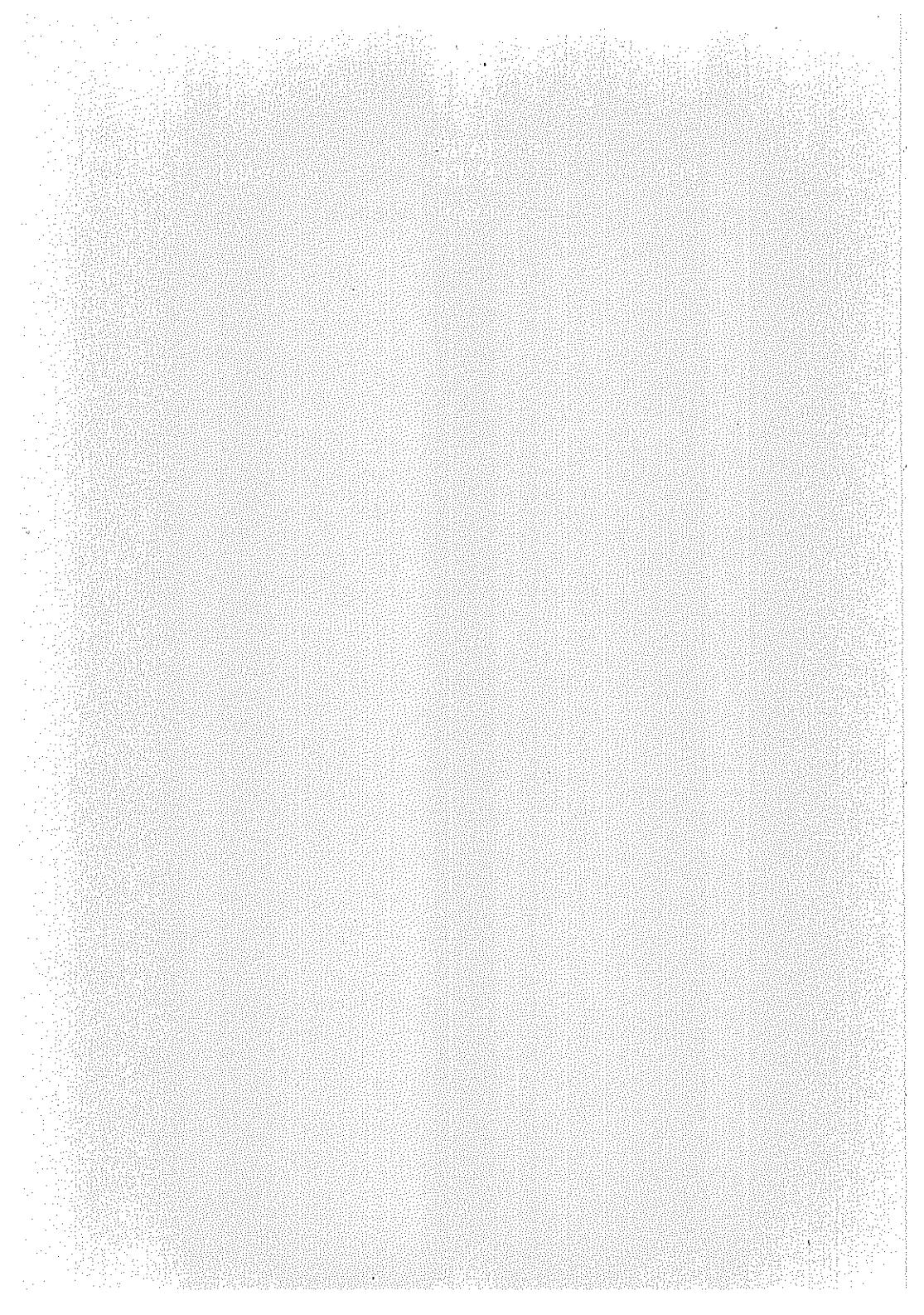
l'ambito del sistema musicale italiano, è ancora più penalizzato, rispetto alla ricerca musicale, delle altre aree più dotate di strutture produttive e, quindi, almeno potenzialmente, in grado di sostenere attività di ricerca, o quantomeno di commissionare o di ospitare una "produzione musicale nuovissima", il cui unico dato di contemporaneità può essere sovente soltanto quello della data di nascita di una composizione.

Pertanto, un centro di ricerca "forte", come il progetto proposto in questo convegno, è ancor più benemerito: esso potrà costituire, non solo un elemento importante per una "svolta" nella politica dello Stato di sostegno alla *ricerca* (e sottolineo il termine, perché non si tratta soltanto di consentire ad uno o più compositori di "scrivere" senza preoccupazioni, ma di sostenere la ricerca musicale in tutte le sue potenzialità), ma anche e di più un elemento essenziale per un diverso e più maturo sviluppo, scientifico, culturale, economico e sociale, del Mezzogiorno.



INDUSTRIA E CULTURA  
PER LO SVILUPPO DEL MEZZOGIORNO

a cura di Carlo Acreman



## **Apertura dei lavori**

Francesco Gesuè  
*Comune di Napoli*

In rappresentanza dell'Amministrazione Comunale ed in particolare del Sindaco, impegnato altrove per ragioni del Suo ufficio, porgo il saluto ai convenuti ed esprimo il nostro ringraziamento agli organizzatori.

La presenza dell'Amministrazione comunale, attraverso la mia persona, è la prova dell'interessamento che essa porta ai temi dell'innovazione tecnologica ed al suo incremento, cui una città come Napoli non può non guardare con particolare attenzione. Il tema proposto da questo incontro, d'altra parte, mi coinvolge personalmente sia come politico, attento quindi ai fatti culturali (poiché è questo un dovere precipuo del politico), sia come amministratore e sia anche, mi sia consentito, quale dirigente di un importante istituto di credito, l'*ISVEIMER* il cui scopo principale è lo sviluppo del Mezzogiorno.

Entrerei immediatamente in argomento ricordandovi e ricordando a me stesso quanto il rapporto fra industria, tecnologia e cultura sia stato e sia ancora oggi oggetto di studio. A questo proposito non posso fare a meno di rammentare, in questa sede, la passione e l'energia che vi dedicò un illustre meridionalista, un uomo politico napoletano, Francesco Compagna, che coniò il termine "quaternario" per definire tutte quelle attività concernenti il "bene cultura" in senso più lato.

La nostra visione di cristiani impegnati nel sociale, pone al centro dell'attività, di qualunque attività, l'uomo in quanto espressione di valori compiuti e di potenzialità da esprimere. La cultura diventa, in questo senso, il mezzo, l'unico forse, attraverso cui questo processo può rettamente compiersi. Mi tornano in questo momento alla mente le parole di uno dei più grandi uomini politici, De Gasperi, quando, riferendosi alla nascita di una cultura popolare di governo e gestione della cosa pubblica, ideò il termine di Stato "quale cosa di tutti", riaffermando così il primato dell'attenzione alle necessità dell'uomo tra i parametri che devono guidare le scelte riguardanti la vita sociale, politica ed economica.

Affermo tutto ciò perché credo fermamente che qualunque svilup-

po, da quello economico a quello sociale, non possa prescindere da uno stretto rapporto col mondo culturale inteso in senso non solo accademico ma, mi si permetta il termine, il più ecumenico possibile. Non credo, e questo lo dico come amministratore, ad una città migliore e più funzionale nei suoi servizi, senza una cultura del cittadino e del suo rapporto con la metropoli. Non credo, e questo lo dico come operatore finanziario, allo sviluppo economico che non sia accompagnato da una "crescita" culturale dei soggetti che ne dovranno usufruire.

È innegabile, o almeno credo che nessuno in questa sede voglia negarlo, che mai come in questo periodo l'industria ha bisogno del mondo del sapere. Necessità questa, non ristretta solo ai fini strumentali e pratici, ma piuttosto supporto indispensabile di quel processo di crescita e di sviluppo che necessita di nuovi strumenti culturali perché sia compreso ed apprezzato appieno o, volendo dire in una sola parola, perché sia "vissuto". I tempi della separazione tra cultura e sviluppo industriale sono finiti e, lo ripeto, non solo perché l'uso delle nuove tecnologie condiziona notevolmente i processi industriali, migliorandoli il più delle volte.

Mi permetto ancora di insistere sul binomio cultura-industria, sfioro di un nuovo *habitat* mentale che dovrà accompagnarci in questi pochi anni che ci separano dal duemila. Ben vengano quindi le nuove tecnologie e, di conseguenza, le espansioni industriali legate ad esse, ma attenzione alla salvaguardia dei valori umani fondamentali che da questo binomio devono venire esaltati e non certo relegati a semplici o, peggio, scomodi accessori.

Il "1984" di Orwell deve trovarci attenti nella difesa del ruolo ineliminabile dell'uomo quale dirigente supremo di questo nuovo sviluppo industriale. L'acquisizione di nuove e più importanti nozioni tecniche e scientifiche deve venire a migliorare l'umanità, ad esaltarne il ruolo di motore dell'universo ma, anche, a ricordare i limiti che derivano dal nostro essere uomini prima che scienziati, accademici, operatori culturali e dell'industria.

I relatori presenti quest'oggi vi intratterranno meglio di me sui vari momenti del rapporto tra cultura ed industria per lo sviluppo del nostro Mezzogiorno; a me non resta che augurarvi e augurarci che da questo binomio vengano fuori le risposte alle domande di sviluppo e cultura che da Napoli e da tutta la Campania, per non dire da tutto il Mezzogiorno, provengono ormai da decenni. È questo, credetemi, il risultato più bello cui potrebbe tendere una società post-moderna nella quale ogni uomo torni ad essere il protagonista del proprio presente e l'artefice del proprio futuro.

Ritengo di dover sottolineare in questa occasione un'ultima cosa

molto importante. È in corso di attuazione un programma di lavoro che vede impegnati lo IASM, il Comune e l'Università di Napoli con lo scopo di istituire un centro di informatica applicata al suono e all'immagine. Anche le istituzioni politiche sono, quindi, impegnate a favorire la diffusione delle nuove tecnologie informatiche ed elettroniche in quei settori che, un tempo, venivano definiti umanistici e che avvertivamo lontani dalla tecnica e dallo spirito scientifico. Buon lavoro!

## **Ricerca scientifica, diffusione tecnologica e fruizione della cultura**

**Paolo Strolin**

*Università di Napoli*

Desidero, innanzitutto, portarvi il saluto del Rettore dell'Università di Napoli, il prof. Carlo Ciliberto, ed un augurio per il successo di questa manifestazione. Vorrei, poi, in poche parole definire e chiarire il nostro interesse a questa manifestazione e a quello che può ad essa eseguire.

In primo luogo vorrei chiarire gli stretti legami che oggi esistono tra ricerca scientifica, didattica, progresso tecnologico e generale sviluppo del territorio. Sotto certi aspetti il fatto è ovvio: oggi la ricerca non può essere dissociata dallo sviluppo tecnologico e, quindi, dal vasto ambiente scientifico, tecnico e industriale che ad esso partecipa. Il premio Nobel per la Fisica del 1984 è stato assegnato a Van der Meer, per la tecnologia che ha permesso queste scoperte; molte industrie europee hanno inoltre di fatto contribuito ad esso.

Vorrei aggiungere un punto che, probabilmente, sfugge a molti. Oggi anche la fisica teorica è talvolta strettamente legata ad uno sviluppo tecnologico. L'immagine romantica del fisico teorico che fa i suoi conti nella sua stanza e che ne esce per suonare il violino e andare in bicicletta è solo parzialmente vera. In realtà, certi sviluppi della fisica teorica oggi necessitano un avanzamento delle frontiere della tecnologia.

Vorrei accennare, come esempio, ad un problema di grande attualità che appassiona gli studiosi di fisica sub-nucleare: la comprensione della struttura delle particelle in termini di "quarks" e di "gluoni". Senza entrare in dettagli tecnici di difficile comprensione, posso dire che per spiegare questa struttura esiste una teoria matematicamente formulabile in modo preciso ma estremamente difficile dal punto di vista del calcolo, tanto che il calcolo analitico non è possibile perché troppo complesso. Da questo deriva la necessità di ricorrere a mezzi di calcolo numerico, ad elaboratori elettronici. Un'analisi però – ed è questa la cosa interessante in questo contesto – delle risorse necessarie per la soluzione di questo problema di fisica fondamentale, ha dimostrato che anche i più grossi calcolatori attuali sono inadeguanti. La fisica teorica, quindi, per la soluzione

dei propri problemi deve fare avanzare le frontiere della tecnologia informatica. Per lo studio sopra esposto è in corso di realizzazione da parte dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare un calcolatore di nuova concezione finalizzato a questo scopo e un costo ridotto rispetto a quello ottenibile con tecniche usuali.

L'interesse dell'Università per questa manifestazione va quindi ricercato ad un livello più generale del fatto che al suo interno operi, nel campo dell'elaborazione digitale del suono, il gruppo diretto dal prof. Piccialli, la cui tradizione risale ai tempi pionieristici in cui il prof. Di Giugno era all'Università di Napoli. Il nostro interesse per il progetto "Suono e immagine" dello IASM e cioè riconducibile ad una concezione della ricerca come punto di incontro col mondo della tecnologia e di una Università, che si pone nella società come polo culturale ed umano vivo ed attivo, luogo di aggregazione e di confronto di molteplici componenti.

Passando ora, da considerazioni di carattere generale e valide per qualsiasi città e qualsiasi ambiente, alla situazione locale, nonostante tutti i problemi difficili che si incontrano nell'operare nel Mezzogiorno vorrei iniziare con una nota di ottimismo. Questo ottimismo viene dal fatto che, quotidianamente, all'Università incontriamo studenti bravissimi. Esiste un potenziale intellettuale notevolissimo. Questo potenziale va sfruttato, evitandone ogni diaspora. Su questo piano l'Università e le altre Istituzioni devono condurre una battaglia comune. È necessario fare più di quanto possa fare l'Università da sola con le sue risorse. Al giorno d'oggi questo è particolarmente arduo ma necessario per un reale sviluppo del Mezzogiorno. Non è sufficiente, per incidere in profondità sulla realtà meridionale, realizzare grandi investimenti industriali; occorre soprattutto, creare un terreno fertile perché iniziative originali possano sorgere e fare in modo che il loro sviluppo non venga bloccato e trovi adeguate strutture portanti. Dobbiamo sentirci confortati dalla constatazione, che vi ho espresso poco fa, della presenza di un grossissimo potenziale intellettuale nel Mezzogiorno d'Italia e in particolare a Napoli. Per questo ritengo che sia estremamente importante ogni intervento mirato a sfruttare le risorse intellettuali esistenti, a cercare di sostenerle, potenziarle, farle sviluppare fino a farle diventare un polo di aggregazione di altre forze.

Mi auguro, in conclusione, che si possa uscire da questo convegno con la forza e con l'ottimismo necessari per portare a frutto sul terreno pratico l'iniziativa proposta.

## **Ruolo ed obiettivi dell'Associazione di Informatica Musicale Italiana**

**Goffredo Haus**  
*AIMI, Milano*

Descriptorò brevemente l'AIMI, cercando di chiarire perché è nata, cosa ha fatto finora e, soprattutto, come può contribuire in futuro alla disciplina dell'informatica musicale e in particolare, in questo contesto, allo sviluppo del progetto dello IASM.

Voi sapete che l'informatica musicale è una disciplina nuova, che non dispone di grandi risorse, soprattutto finanziarie. È nata poche decine di anni fa e da circa 15 anni è fortemente attiva anche in Italia. In un incontro a Pisa nel Marzo del '76 si convenne sulla necessità di evitare dispendio di risorse in un settore in cui le risorse non abbondano e si cominciò quindi a pensare alla nascita di un ente di promozione culturale e di coordinamento delle iniziative. Questa idea di associazione si è concretizzata cinque anni più tardi, nell'81, quando ci incontrammo a Venezia e fondammo l'Associazione di Informatica Musicale Italiana. Promotori di questa iniziativa furono: il prof. De Poli, dell'Università di Padova; il maestro Grossi, del Conservatorio di Firenze e del CNUCE di Pisa; il maestro Alvise Vidolin, della Biennale di Venezia; e io stesso, che sono ricercatore presso l'Università di Milano.

In questo quadriennio di attività, l'AIMI si è sforzata di raggiungere un insieme di obiettivi, direi piuttosto articolati. Prima di tutto, promuovere culturalmente l'informatica musicale mediante incontri e convegni quali, ad esempio, i Colloqui di Informatica Musicale di cui avrà luogo la sesta edizione nei prossimi due giorni. È questa un'occasione di incontro della comunità scientifica italiana e, in parte, anche internazionale del settore.

L'attività di promozione culturale si realizza anche mediante la distribuzione di materiale documentario. In particolare, l'Associazione distribuisce un notiziario che esce in 10 numeri all'anno e che viene anche pubblicato su una rivista – «Strumenti Musicali» – ad ampia tiratura.

Secondo obiettivo della nostra Associazione è il coordinamento delle attività di ricerca e di didattica. In particolare, l'AIMI ha contribuito all'organizzazione, soprattutto per quel che riguarda i conte-

nuti, delle manifestazioni scientifiche degli ultimi anni nel settore. Ad esempio, l'International Computer Music Conference, edizione '82, che si è tenuta a Venezia, i Colloqui di Informatica Musicale, come già detto, e la Conferenza Internazionale sulle Grammatiche Musicali che si è tenuta a Modena, sempre nell'82. Per quel che riguarda il settore ricerca va ricordato il progetto di interesse nazionale finanziato dal Ministero della Pubblica Istruzione sull'informatica musicale e che ha comportato il coordinamento tra alcune Università, tra cui quella di Napoli, quella di Milano, quella di Padova, e che vedrà tra poco l'inserimento di altre Università, tra cui quella di Genova. Altro settore d'intervento dell'AIMI è quello del coordinamento delle attività didattiche.

L'informatica musicale è – come ben sappiamo – una materia nuova e, soprattutto, ha valenze pluridisciplinari. È difficilissimo trovare una persona che sia di formazione informatico-musicale. Troviamo, invece, musicisti che cercano di conoscere qualche cosa di scientifico e scienziati che cercano di sapere qualche cosa di musicale, ma persone che sono nate come informatici musicali ce ne sono poche, ahimè! Bisogna ancora prepararle. Quindi il settore didattico è un settore estremamente importante in prospettiva e proprio per questo l'AIMI promuove e coordina numerose attività. Ne segnalo alcune: i corsi di aggiornamento per gli insegnanti delle scuole medie; i corsi intensivi della durata di una o due settimane, tenuti prevalentemente presso l'Università di Padova; corsi formativi a più ampio respiro. Vi sono corsi che si svolgono già presso istituzioni accademiche, ad esempio presso l'Università di Padova o l'Università di Milano. E vi sono corsi tenuti presso istituzioni private o semi-private, tipo l'EMIT a Milano, dove si svolge il corso biennale di musica elettronica, con una particolare enfasi sull'informatica musicale. In ultimo, i corsi tenuti presso i conservatori, ad esempio a Firenze.

A lato di queste che sono le principali attività dell'Associazione noi cerchiamo, ovviamente, di fare qualcosa di più che ci permetta di vivere. Faccio un esempio molto chiaro. La nostra Associazione si sostiene solo grazie alle quote associative, il che vuol dire avere un *budget* veramente limitato essendo la maggior parte dei soci studenti. Allora, per favorire l'inserimento di nuovi soci, quindi una probabilità maggiore di sopravvivenza per l'Associazione, l'AIMI ha cominciato a valutare la possibilità di offrire delle agevolazioni economiche ai soci, come sconti su riviste, sconti su dischi, agevolazioni per concerti e altre cose di questo tipo. Tutto ciò, naturalmente, serve ad aumentare il parco dei nostri associati. Non è esattamente questa, tuttavia, l'attività principale dell'Associazione.

L'attività fondamentale – come ho già detto – è centrata sulla

promozione culturale e sul coordinamento della ricerca e della didattica. Se guardiamo in prospettiva, vediamo che queste attività di coordinamento hanno degli effetti collaterali di cui bisogna tener conto. Segnatamente, l'attività didattica è da considerare con particolare attenzione e con particolare cautela. Infatti noi, facendo dei corsi, formiamo delle persone innamorate del lavoro che sono pronte a fare e della disciplina che stanno acquisendo; impossibilitate, però, a causa di un mercato del lavoro ancora inadeguato, a trovare in questo una giusta collocazione. Quindi, una preoccupazione è certamente quella di preparare gli spazi di lavoro capaci di assorbire le persone che formiamo. Dall'altra parte, se andiamo a guardare il settore produttivo, vediamo che in molti campi c'è bisogno di sviluppo tecnologico, c'è bisogno di un rinnovamento nei metodi di produzione, nelle tecniche di elaborazione e nelle tecniche di organizzazione del lavoro. Vediamo allora che questi due discorsi in qualche modo combaciano, nel senso che, se si riesce a coordinare questo aspetto, cioè la quantità di persone che viene formata con il numero di posti di lavoro disponibili e con i contenuti che servono negli ambienti in cui si produce, si potrà compiere un grosso lavoro e raggiungere un grosso obiettivo. Naturalmente ciò non è facile, perché vuol dire che bisognerebbe trovarsi ogni tanto intorno a un tavolo tra industriali e docenti con una reciproca disponibilità alla collaborazione. Mi rifaccio, sotto questo aspetto, a entrambi gli interventi che mi hanno preceduto, in particolare all'intervento del prof. Strolin, quando parlava di terreno fertile. Il terreno fertile è quello delle persone preparate nella disciplina giusta quando si vuole rinnovare un certo settore produttivo. Quindi, io credo che l'Aimi debba assumersi, nell'immediato futuro, il compito di contribuire nel modo più sostanziale possibile, e l'Aimi è certamente disponibile in questo senso, alla formazione professionale, anche per l'industria e quindi non solo nell'ambiente accademico o nell'ambiente dei Conservatori. Credo inoltre che la nostra Associazione dovrà anche occuparsi del trasferimento del "know how" perché, come diceva bene il prof. Strolin prima, l'Università è un centro dove passa un flusso di cultura e l'Aimi coordina l'attività di molte Università e di altri istituti o enti che si occupano di cultura. Credo che il trasferimento di "know how" per quanto riguarda l'informatica musicale possa avvenire molto bene se viene sfruttata una struttura che già esiste, che è l'Associazione, che raccoglie, la stragrande maggioranza degli specialisti attualmente operanti in Italia e in parte anche all'estero. Credo che non sarebbe difficile, ogni volta che si pensa alla realizzazione di un progetto, chiedere all'Aimi l'identificazione, l'istituzione o l'indicazione di come si possa formare un gruppo di lavoro particolare, di sup-

porto a questa attività. In sintesi, credo che l'AIMI possa svolgere un grosso ruolo di supporto per tutte le attività che in questo momento si stanno sviluppando in Italia nel settore informatico musicale. In pratica ha già dimostrato di saperlo fare!

## **Innovazione tecnologica e nuovo ruolo dello Iasm nella politica di sviluppo del Mezzogiorno**

**Andrea Saba**  
*Presidente IASM, Roma*

Questo progetto, per la creazione di un Centro per l'applicazione dell'informatica al suono ed all'immagine, ha per noi un significato molto particolare: è uno di quegli esperimenti con cui vogliamo in concreto indicare una via diversa per lo sviluppo del Mezzogiorno. Non è casuale che si trovino riuniti in questa straordinaria villa persone di esperienze completamente diverse quali fisici, informatici musicali, economisti.

Voi avrete senz'altro seguito le vicende meridionali dell'ultimo periodo. Senza entrare, in questa sede, in valutazioni riguardanti le cause, possiamo dire che negli ultimi sei anni il meridione ha visto da una parte la Cassa del Mezzogiorno chiudere praticamente il suo ciclo e, dall'altra, il Parlamento italiano incapace di promuovere una nuova legge sull'intervento straordinario nel Mezzogiorno.<sup>1</sup> La cosa più impressionante, comunque, non è, a mio avviso, questa carenza del Parlamento, ma è il fatto che, in questi sei anni di continuo degrado delle istituzioni meridionali, tutto sia avvenuto ed avvenga senza la minima presa di posizione da parte della cultura meridionale. Questo ha portato a far sì che la discussione parlamentare e quel poco di dibattito presente nella pubblicità nazionale – molto poco peraltro – verta intorno al confronto fra i diversi progetti di legge sulla Cassa del Mezzogiorno e non, come dovrebbe, sul Mezzogiorno. In sintesi non c'è una presa di coscienza, non c'è un'analisi nuova, originale della realtà meridionale, perché tutta la discussione è incentrata sul futuro di questo grande mastodonte arenato che è la Cassa per il Mezzogiorno. Ciò denuncia a mio avviso una carenza culturale impressionante perché la politica meridionalistica originale, quella che nacque nel 1950 e che, in fondo, per 15-20 anni ha avuto un risultato positivo, fu preceduta da un grandissimo dibattito culturale a cui avevano preso parte da Croce a Gramsci, a Fortunato, a

<sup>1</sup> Il Parlamento ha approvato la legge sull'intervento straordinario nel Mezzogiorno mentre questi atti erano in corso di pubblicazione.

Gobetti. Oggi invece si assiste ad una specie di burocratizzazione del dibattito sulla Cassa per il Mezzogiorno.

La situazione risulta tanto più grave in quanto, per varie ragioni, ci troviamo di fronte all'esigenza di ripensare il Mezzogiorno in termini molto diversi rispetto a ciò che era stato il dibattito culturale precedente. È in questa nuova cornice che va ricercato il legame – del resto richiamato anche dagli oratori che mi hanno preceduto – fra meccanismi economici, meccanismi tecnologici, politica di sviluppo e cultura. Si avverte cioè la necessità di muoversi in modo armonico per determinare condizioni positive per l'avvenire del Mezzogiorno.

Discutendo di questo argomento con uno degli storici più acuti del Mezzogiorno – Rosario Romeo – ho appreso una tesi estremamente interessante. Romeo sostiene che agli inizi dell'800 gli illuministi meridionali, che poi erano napoletani per la gran parte, si resero conto che non si potevano utilizzare appieno le tecnologie moderne che la rivoluzione industriale della seconda metà del '700 stava proponendo all'Europa – particolarmente in Francia e in Inghilterra – se non ci si riferiva ad una dimensione almeno italiana che consentisse l'adozione di queste tecnologie: la macchina a vapore, la ferrovia, e così via. Si resero conto, cioè, che la dimensione del Regno delle due Sicilie era troppo piccola per poter inserire Napoli – la città più importante d'Italia e di gran lunga la più avanzata in quel momento – in un contesto europeo. Gli illuministi napoletani si convertirono al processo di unificazione politica del Paese non tanto per ragioni ideologiche, ma piuttosto per ragioni "tecnologiche". Questo è un assunto un po' azzardato se volete, ma estremamente suggestivo e stimolante.

Mi sembra quindi lecito domandarsi se l'evoluzione della tecnologia, a cui assistiamo in questi tempi, abbia un ruolo altrettanto importante per la "reale" riunificazione dell'Italia in termini economici e sociali. Infatti, se è vero che il Mezzogiorno è cambiato in misura significativa in questi ultimi anni è pur vero che permane, all'interno di questa famosa Italia, una dicotomia tra nord e sud tuttora insana. Per capire il significato della mia domanda occorre ricordare che nell'ultimo decennio l'evoluzione economica italiana è avvenuta per linee che sono molto originali, molto più originali di quanto comunemente non si creda. Ogni tanto, infatti, qualcuno parla di miracoli italiani, ogni tanto qualcuno scopre il boom delle piccole imprese, ogni tanto qualcuno scopre che questo paese è molto più ricco di quanto non dicano le statistiche, ogni tanto si scopre che non è vero che ci sia tutto questo gap tecnologico che ci viene rinfacciato, ogni tanto si scopre che le statistiche del commercio estero registrano una

presenza internazionale dell'Italia che è pari a quella della Francia e della Gran Bretagna, dato non privo di significato. Tutto questo spinge a cercare di capire perché e quali sono i modi dell'evoluzione industriale italiana. In questo esame c'è un punto, a mio avviso, assolutamente fondamentale. Noi abbiamo imitato il modello europeo fino al 1968-70 e lo abbiamo applicato anche nello sforzo per lo sviluppo industriale del Mezzogiorno. Siamo partiti da imprese di grande dimensione nel settore della produzione di base (l'acciaio, la petrochimica ecc.) concependo lo sviluppo industriale come una sua derivazione. Di conseguenza abbiamo costruito le "cattedrali nel deserto" con la speranza che da queste derivasse tutta una serie di ramificazioni che avrebbero finito per creare una struttura industriale.

La crisi energetica ha colpito a fondo questo tipo di modello, innescando una rivoluzione che ha anche degli aspetti culturali e sociali oltre che economici. Tutto ciò ha portato alla ribalta una struttura industriale completamente diversa che si localizza in regioni che sono differenti da quelle tradizionali. Vengono alla ribalta regioni come la Toscana, l'Emilia, le Marche e il Veneto in cui le strutture industriali non sono più basate sulla grande impresa, e quindi sulle economie di scala, ma su una fitta rete di piccolissime e vivacissime imprese. La cosa importante, all'interno di questa nuova struttura, è che dal punto di vista della tecnologia molte di queste piccole imprese non sono affatto inferiori alla grande impresa. Questo vuol dire che non è più reale il modello che associa il progresso tecnologico alla dimensione imprenditoriale e a un certo tipo di struttura sociale, caratterizzata da una struttura piramidale al cui vertice è la grande impresa che domina e che controlla la comunità e che determina la ricerca, la formazione, la scuola, lo sport, la vita, l'informazione e così via dicendo: il modello "Torino", tanto per intenderci.

Emerge, al contrario, un altro modello in cui il tessuto di piccole imprese che nasce da una serie di ragioni interessanti — non ultima la creatività propria della storia di queste regioni — riesce a qualificarsi per un altissimo livello tecnologico. Noi ci troviamo ora di fronte a qualcosa che non avevamo mai visto perché tutto il modello dello sviluppo industriale occidentale è oligopolistico, come avevano teorizzato Ricardo e Marx. Questo fenomeno è vero per l'acciaio e per le grandi imprese chimiche, che sono in crisi, ma non è vero per tutti gli altri settori ed in particolare non in Italia. Esiste adesso una condizione tecnologica diversa da quella degli anni '60 e cioè esiste la possibilità di pensare a uno sviluppo industriale del Mezzogiorno non più legato alle grandissime imprese ma, al contrario, diffuso sul territorio attraverso tutta una serie di piccole esperienze. Questa si-

tuazione, già presente in Val Vibrata, in Abruzzo, in Puglia, in Sardegna e in altre parti del Mezzogiorno, anche se non è ancora diffusa omogeneamente, è comunque importante perché dimostra che oggi è possibile qualcosa che prima non era pensabile. Oggi si può, per esempio, produrre il pecorino al centro della Sardegna usando il computer e il laser, cosa che dieci anni fa non era nemmeno immaginabile. Questo vuol dire che le tecnologie, le più avanzate, possono trasferirsi adesso su tutto il territorio meridionale, e che la presenza di questi gruppi industriali – auspicabile e necessaria per realizzare un tessuto industriale completo – è oggi possibile.

In conclusione, possiamo ripensare tutti i meccanismi dello sviluppo in termini culturali diversi.

Passiamo adesso ad una seconda considerazione. Noi abbiamo sempre parlato del Mezzogiorno come inferiore, in termini economici e sociali, rispetto al Nord e al Centro dell'Italia e non ci siamo mai resi conto che, in fondo, in termini culturali questo dualismo non c'è e non c'è mai stato. La cultura meridionale non è inferiore alla cultura settentrionale in nessun campo, neanche, io credo, nel campo scientifico dove, giustamente il fattore tecnologico è fondamentale per il progresso scientifico stesso. Nel campo musicale, in quello artistico, in quello letterario, in quello politico non c'è, ed è evidente, nessun dualismo. Se tra Nord e Sud non c'è nessun dualismo in campo culturale, se d'altra parte la tecnologia ci sta proponendo un modello socio-economico diverso, mi domando se non sarà possibile introdurre o pensare per il Mezzogiorno un modello che, proprio facendo leva sulla cultura, ci apra una via più facile, per ridurre il divario sociale ed economico. Questo è l'interrogativo che mi pongo. Ed è proprio sulla base di questo interrogativo che, come IASM, abbiamo avviato due iniziative. La prima è un grande convegno della cultura meridionale, un po' l'Assise, gli "Stati Generali" della cultura meridionale, che terremo a Caserta alla fine di novembre. Io voglio interrogare la cultura meridionale per sapere se, attraverso questo "non divario" si possa trovare una via diversa per introdurre un modello diverso. L'alternativa a questo progetto, a mio avviso, è il permanere della dicotomia Nord-Sud, la creazione di un dualismo peggiore di quello che abbiamo combattuto fino ad ora.

La seconda iniziativa è questa di oggi. Gli studiosi dello sviluppo industriale hanno raggiunto la certezza che, mentre fino a dieci anni fa sviluppo significava anche nuova occupazione, oggi questo non è più vero; il rapporto fra sviluppo industriale e sviluppo dell'occupazione è 0,2, cioè praticamente inesistente. Ciò significa che attraverso lo sviluppo della sola produzione industriale non si risolverà mai il problema della disoccupazione meridionale. Io ho messo questo di-

scorso da anni al centro di ogni proposta di politica economica, ma l'opinione pubblica non se ne è resa conto fino a quando, l'anno scorso, non c'è stata una ripresa nello sviluppo del reddito che non ha prodotto nessun effetto in termini di occupazione.

Da dieci anni è certo che non ci può essere sviluppo dell'occupazione legato al solo sviluppo industriale. Sono variati i coefficienti nel modello: il progresso tecnico ha cambiato natura. Da questa considerazione deriva la necessità di individuare una politica di sviluppo dell'occupazione congiunta ad una politica di sviluppo del reddito. In fondo, l'Italia nel suo complesso è diventato un paese ricco. Così, se è vero che non vivranno tutti benissimo, è anche vero che, sostanzialmente, il modo di vivere, il livello dei consumi, anche nel Mezzogiorno, non sono ormai troppo lontani da quelli medi europei; non siamo, lo ripeto, più tanto interessati allo sviluppo del reddito perché non è questo il fine che si deve prefiggere una società lungimirante; il fine è lo sviluppo dell'occupazione. Non serve avere dieci televisori o dieci automobili in più se mi rimangono dieci ragazzi disoccupati. Se non risolviamo questo problema distruggeremo un'intera generazione.

Se tutto questo è vero, e purtroppo è vero, è necessario realizzare progetti di sviluppo, come diceva Compagna, nel "quaternario" o in quello che si chiama il terziario avanzato, e occorre soprattutto non limitarci alle sole parole, come si è fatto spesso, ma passare all'impegno concreto.

Il progetto dello IASM per la realizzazione qui a Napoli di un centro di ricerca applicata nel campo dell'informatica per il suono e l'immagine – che tra poco il dr. Turco vi illustrerà – va proprio in questa direzione.

Ma purtroppo – e ritorno all'argomento con cui avevo aperto questo mio intervento – ci troviamo di fronte ad una difficoltà strutturale dell'intervento dello Stato a favore del Mezzogiorno costituita dallo spezzettamento delle competenze tra vari istituti, per cui uno studia il progetto, un'altra istituzione fa la formazione, un'altra fa il finanziamento, un'altra fa la commercializzazione dei prodotti. Questo è un assurdo! In qualunque altro Paese, la Francia, la Gran Bretagna o la stessa Germania, questo tipo di competenze sono riunite in un'unica istituzione. Tutto questo non c'è nell'odierno quadro legislativo. Io sono convintissimo che un discorso serio di trasferimento di tecnologie lo si possa fare soltanto con un'unica "authority", da definire da un punto di vista giuridico, un'unica testa pensante che faccia dalla promozione allo sviluppo, alla ricerca fino alla formazione e alla realizzazione dei progetti. In mancanza di questo il rischio che si corre è quello che tutto rimanga allo stato di progetto

ed allora evidentemente tutto il discorso che ho appena fatto di un nuovo modello, di una cultura diversa, di una cultura attiva, di una cultura che esca dal Mezzogiorno tradizionale e, assorbendo tecnologia, salvi gli aspetti umani dello sviluppo, allora tutto questo, rimane soltanto un pio desiderio. Grazie.

## **Il progetto “Suono e Immagine”: motivazioni ed obiettivi**

**Carlo Turco**

IASM, *Roma*

Al progetto che presentiamo oggi in questa sede e in questa occasione, ci siamo dedicati nell'ambito di una serie di attività che lo IASM svolge ai fini di identificare possibili occasioni di sviluppo in compatti a tecnologia avanzata e allo scopo, quindi, di promuovere nuove iniziative e linee produttive – intese in senso ampio e non soltanto in campo manifatturiero – da localizzare nel Sud.

Noi sappiamo che l'applicazione delle tecniche informatiche al suono e all'immagine, che consideriamo congiuntamente per la similità delle tecnologie sia *hardware* che *software* utilizzate, ha ricevuto e sta ricevendo un forte impulso dagli sviluppi della microelettronica. Si tratta di applicazioni il cui impatto si estende – ed è destinato a estendersi sempre più – ad uno spettro assai ampio ed articolato di compatti produttivi: l'alta fedeltà, i calcolatori "personal" e "home", gli strumenti musicali elettronici, le apparecchiature di registrazione audio e video, le telecomunicazioni, l'industria dello spettacolo, le attività di progettazione, di *styling*, *design*, la didattica. Questo solo per menzionare i principali. Si tratta di compatti tutti caratterizzati da tassi di crescita e di diffusione dell'innovazione particolarmente accentuati.

Come per tutti i settori che si distinguono per un forte e costante *turn-over* di tecnologie, anche per questi qui ricordati il fattore determinante non solo dell'espansione, ma delle stesse condizioni di sopravvivenza, risiede proprio nella capacità di assicurarsi un sostegno che sia quantitativamente e qualitativamente adeguato nel campo della ricerca e sviluppo, nel campo della progettazione, nel campo della sperimentazione.

Sono proprio queste produzioni, soggette a veloci e continue trasformazioni tecnologiche, che corrono il rischio, se non sufficientemente alimentate sotto il profilo menzionato sopra, di perdere sui mercati posizioni anche brillanti acquisite e consolidate: basti pensare, per fare un esempio specifico del settore – ma ce ne sono tanti altri in altri settori – alle vicende dell'industria marchigiana degli strumenti musicali, che deteneva una *leadership* incontrastata su certi

mercati, anche internazionali, fino a pochi anni or sono e che, proprio per problemi di sviluppi tecnologici, l'ha vista compromessa. In qualche misura, considerazioni analoghe possono farsi riferendosi al lato della "domanda" di questi settori anziché a quello dell'offerta. Questa domanda si caratterizza per essere espressa soltanto in parte sul mercato, nell'accezione tradizionale di questo termine, per manifestarsi invece in gran parte in articolate forme sociali ed istituzionali che sarebbe difficile definire "mercati"; una domanda, che è soggetta a regole e condizionamenti diversi – spesso assai diversi – da quelli tradizionalmente noti e operanti sul mercato, e fatti di un certo tipo di gusti, di un certo tipo di variazioni di prezzi, ecc. Una domanda, quindi, che non attiene a quelli che siamo abituati a considerare consumi basilari ed essenziali, e che è largamente intrisa e dominata – in modi talvolta tutt'altro che trasparenti – da fattori e valori culturali, da elementi attinenti all'espressione artistica e anche da interessi e curiosità di natura prettamente scientifica. Fattori questi che hanno un ruolo particolarmente incisivo e che finiscono poi per estendere le proprie influenze anche al consumo vero e proprio, generando magari fenomeni di consumismo.

Ricordo, per fare un esempio del nostro settore, quello delle tecnologie avanzate, il caso degli "home-computers": come è noto ci sono stati in questo comparto – e lo si va avvertendo adesso, soprattutto negli Stati Uniti, – dei contraccolpi all'espansione, dovuti a forti fenomeni di consumismo.

La realizzazione di valide strutture e supporti di ricerca, di progettazione e di sperimentazione può, quindi, assumere un ruolo rilevante anche sotto il profilo degli stimoli e degli adattamenti che essi sono in grado di fornire non solo – come dicevo prima – agli indirizzi e allo sviluppo dell'offerta, ma anche allo sviluppo e agli indirizzi della domanda e al modo di concretarsi di una domanda potenziale in richiesta effettiva. Come negli altri settori dell'informatica, ma ancora più accentuatamente nel campo dell'informatica applicata al suono e all'immagine, la capacità di mettere in piedi e di sviluppare un'attività originale ed autonoma – che non vuole assolutamente dire autarchica – di ricerca, di sviluppo e di sperimentazione, appare determinante per alimentare sviluppi produttivi che non siano (almeno non tutti) subalterni, imitativi, rispetto a quelli originati in realtà economicamente e tecnologicamente più avanzate.

È necessario procedere in questa direzione per poter, al contrario, partecipare con propri contributi specifici e originali a tali sviluppi e per assumere un ruolo interattivo nei processi di innovazione, con la possibilità di acquisire o individuare posizioni anche di *leadership* in alcuni segmenti della tecnica e della produzione. Questo è un settore

estremamente vasto per cui non si può e non si deve dare per scontata la *leadership* tecnologica di altri Paesi, che se può essere reale per quanto riguarda grossi compatti, non può essere estesa a tutti i segmenti all'interno di ciascuno di questi compatti. Per ritagliarsi uno spazio in questi ambiti e per non essere ridotti al rango di semplici rincorritori, diciamo così, della *leadership* tecnologica altrui, è indispensabile avere la capacità di individuare alcuni spazi propri, originali in cui poter affermare anche una propria originalità tecnologica.

Ricordando, quindi, le particolari caratteristiche della domanda, risulta chiaro che strutture e processi di ricerca, di progettazione e di sperimentazione non dovranno essere dominio pressoché esclusivo delle esigenze dei produttori, con i ben noti fenomeni di gonfiamento e distorsione dei consumi e dei bisogni conseguente a quella che si potrebbe chiamare "l'imposizione dall'esterno di tecnicismi estranei alle esigenze e ai bisogni reali". Questo accade frequentemente soprattutto nel campo elettronico ed informatico a causa degli ingenti investimenti di capitale necessari per lo sviluppo di certi *softwares* e di certi *hardwares*: da cui deriva la tendenza di chi investe a cercare di influenzare la domanda in modo da riuscire ad applicare certi prodotti, inventati per certi scopi, anche per tutt'altri fini e bisogni, inducendo quindi nel mercato delle distorsioni.

Per questo è importante, come si diceva prima, che il supporto tecnologico sia fornito anche dal potenziale utente e fruttore o, almeno, che questo sia attrezzato per poter esprimere in maniera concreta la sua domanda e per poter tradurre questa in stimoli che pongano al produttore esigenze nuove, al di là del semplice adattamento di tecnologie sviluppate per altri fini.

Esiste anche, d'altra parte, l'esigenza che queste strutture e questi processi di ricerca e sperimentazione non rimangano tutti confinati solo nel chiuso della ricerca scientifica del mondo accademico, perché questo ha portato e porta ancora in questo settore a tante situazioni di, diciamo così, compartimenti stagni, di "non colloquio" fra consumo-domanda, offerta – produzione, ricerca scientifica.

Infine, l'essenziale è che vi siano attivamente coinvolti e su posizioni di partecipazione, quindi di coinvolgimento responsabile e non solo in posizione di critica "ex-post", esponenti del mondo della cultura e delle arti e, per dirla in breve, degli effettivi fruitori di prodotti e servizi innovativi.

In questo mi riallaccio a quello che diceva poc'anzi il Presidente Saba, che vedeva gli esponenti della cultura interlocutori capaci di esprimere e di dare un contributo che sia fonte di possibili innovazioni e indirizzi, e non semplicemente giudici in una posizione di osservatori esterni, capaci di effettuare una critica che però, spesso e

volentieri, rimane soltanto oggetto di produzione di articoli e convegni interessanti, ma senza incidere sulla realtà.

Se questa interazione tra produzione, tecnologia, cultura risponde a esigenze evidenti di tipo socio-culturali e di non subalternità, di originalità, però è anche vero che proprio un'interazione di questo tipo, impostata su basi che siano sistematiche, organiche, può generare stimoli e contributi con una reale e forte carica innovativa, sia nei riguardi del mondo della produzione, concorrendo ad arricchire ed articolare, in termini non casuali, la capacità competitiva delle stesse imprese, sia nel mondo dei servizi, in quanto si tratta di strade che sinora sono state battute poco o solo occasionalmente.

Questi sono i motivi e gli obiettivi che hanno ispirato il progetto "Suono e Immagine" dello IASM e che trovano quindi un riscontro preciso nel disegno del "Centro di Informatica per la musica e l'immagine" che abbiamo cercato di tracciare in questo progetto.

Secondo tale progetto, infatti, vengono assegnate al Centro queste finalità: 1) fungere da supporto a tutti i settori interessati, sia con riguardo agli aspetti industriali che a quelli artistico-culturali dell'informatica applicata alla musica e all'immagine; 2) proporre ed elaborare linee progettuali ed iniziative volte a favorire lo sviluppo di tutti i settori interessati; 3) acquisire, conservare e sviluppare le conoscenze relative al campo dell'informatica musicale, della *computer-grafica* e, più in generale, dell'applicazione di tecnologie digitali al settore audio-visuale; 4) favorire l'integrazione e l'interazione tra cultura scientifica, tecnica ed artistica per tutto ciò che attiene agli aspetti applicativi pertinenti al settore specifico.

Nel perseguitamento di questa finalità è previsto che il Centro debba assolvere a una serie di funzioni diversificate anche se, naturalmente, fortemente coordinate, cioè: la ricerca, sperimentazione e progettazione di prototipi; la realizzazione di vere e proprie produzioni audio-visuali sperimentali; la prestazione di servizi informativi e di assistenza tecnica; lo svolgimento di attività didattico-informative.

Queste funzioni dovrebbero esplicarsi essenzialmente in tre campi. Il primo è quello dell'elaborazione e produzione di segnali acustici e visivi mediante metodi numerici, con la preparazione di progetti di base per la loro gestione ed utilizzando tecnologie che consentano l'esecuzione in tempo reale delle operazioni previste. Quindi, progetti e prototipi che interesseranno sia la strumentazione professionale che quella di base per la didattica.

Il secondo è quello dell'acustica musicale e percezione dell'immagine, con riguardo quindi allo studio della generazione, propagazione e percezione dei segnali acustici e visivi, alla formulazione di metodi per simulare, tramite strumentazione elettronica musicale, eventi so-

nori e loro caratteristiche, nonché allo sviluppo del *software* necessario alla preparazione degli stessi temi e, sul versante dell'immagine, di sistemi di "computer-graphics".

Un ulteriore campo è, probabilmente, quello della musica e dell'immagine nello spettacolo, con riguardo ai principi e metodologie della composizione musicale, del processo dell'immagine ai vari livelli e della corrispondente utilizzazione nei circuiti di diffusione della cultura. È prevista la realizzazione sperimentale dimostrativa di vere e proprie opere musicali, spettacoli e, più in generale, prodotti audio-visuali, destinati tanto ad una fruizione colta quanto al cinema e ai programmi televisivi di grande diffusione.

I destinatari dell'attività del Centro possono, quindi, raggrupparsi in tre settori: il settore della produzione industriale di strumentazione componentistica per la musica elettronica e per la produzione di apparecchiature di riproduzione del suono e dell'immagine; il settore della produzione di beni e dei servizi di supporto alla produzione culturale e all'industria dello spettacolo (editoria discografica, industria cinematografica e televisiva); il settore, infine, della didattica scientifica audio-visuale (quella specializzata nel trattamento dei segnali e quella finalizzata all'istruzione professionale).

Ho tracciato fin qui uno schema molto sommario di quello che è il progetto, in realtà molto più elaborato ed articolato. Vorrei concludere dicendo che il "Centro" è stato definito in tutti i suoi aspetti compreso quello logistico della localizzazione. Sono state fatte varie previsioni per quello che riguarda Napoli. Un'ipotesi vede il Centro localizzato a Villa Geremicca, patrimonio estremamente interessante sotto questo profilo e non utilizzato; un'altra lo posiziona presso la nuova Università; un'altra ancora, nel quadro di un progetto più ampio che, d'intesa con il Comune di Napoli, lo IASM si appresta a studiare, presso i locali della Mostra d'Oltremare.

Noi ci rendiamo perfettamente conto che il disegno del Centro, come risulta dal nostro progetto, è piuttosto ambizioso: ma questo corrisponde ad un preciso volere. D'altra parte, la sua formulazione è stata il frutto di un'ampia ricerca, nel corso della quale sono stati consultati esperti, tecnici, esponenti di varia collocazione e appartenenza, sia nel mondo della produzione che in quello della ricerca che in quello dello spettacolo, ottenendo, a volte, anche un contributo diretto di lavoro da parte di questi specialisti.

Ma è proprio in questa qualità del progetto del Centro – che, per avere un riferimento dimensionale, a regime dovrebbe contare su un organico professionale di una cinquantina di tecnici e specialisti, con investimenti per il primo impianto e per l'avviamento, dell'ordine dei 15 miliardi di lire – che sta la garanzia di soddisfare esigenze tuttora

aperte, non solo a livello del Mezzogiorno ma, si può affermare, a livello nazionale, senza duplicare, o limitarsi a incrementare, il numero di pur valide ed interessanti iniziative che, con ruoli e funzioni diverse, già sono operanti in diverse regioni del Centro-Nord. Al contrario, sotto questo profilo, la realizzazione del Centro, attraverso opportune forme di collaborazione e di interazione, dovrebbe poter fornire un'occasione e uno stimolo a un'utilizzazione di più ampio respiro delle capacità e delle competenze già attivate in tutte queste realtà.

Il fatto è, a nostro parere, che soltanto una struttura in grado di assumere un ruolo di riferimento e di propulsione a carattere e dimensione nazionale e, conseguentemente, capace di operare e interagire da questa posizione anche ad una scala europea e internazionale, può aspirare a creare gli spazi necessari per lo sviluppo di capacità e competenze innovative originali che abbiano un reale impatto sul mondo della produzione e sul mondo dell'arte e, più in generale, su quello culturale.

Collocare, infine, questo Centro nel Mezzogiorno, e particolarmente qui a Napoli, sia in considerazione della grande tradizione che questa città vanta, a livello non solo nazionale, sia anche in considerazione dell'esistenza di un nucleo di specialisti del settore nell'Ateneo napoletano, su cui è possibile impostare solidamente e concretamente questa iniziativa, significa recare un contributo che è qualitativamente rilevante per uno sviluppo del Sud che, come ricordava prima il Presidente Saba, non ripercorra strade tradizionali, ormai poco produttive, ma sia proiettato verso settori innovativi e con reali capacità auto-propulsive.

La realizzazione del Centro, per tutti i motivi che ho detto finora, non può certo prescindere da un coinvolgimento attivo di organismi di ricerca, di imprese produttive nei settori dell'industria e dello spettacolo e di istituzioni artistico-culturali. Quindi, il problema grosso, il problema reale, da questo punto di vista, consiste nel trovare le strade più percorribili e più efficaci in questa direzione.

Sulla base delle reazioni da noi ricevute nella divulgazione del progetto, che abbiamo discusso e fatto conoscere a tutta una serie di interlocutori, il disegno originario ci aveva visto privilegiare, tra le diverse ipotesi possibili, quella dell'istituzione di un consorzio misto fra pubbliche istituzioni ed imprese.

La via dell'ente pubblico che forse, sotto un profilo finanziario e di unità di direzione, era più facile percorrere, presenta tutta una serie di rischi relativi al burocraticismo indotti da una legislazione refrattaria alle innovazioni ed incapace di garantire al meglio quell'interazione organica di fattori scientifici, tecnologici e produttivi ar-

tistico-culturali, ed anche di quella carica di imprenditorialità, non solo di tipo industriale, che in effetti intendono costituire l'essenza qualificante del progetto.

In realtà noi avevamo ritenuto che le grandi aziende nazionali, in particolare le grandi imprese facenti capo alle Partecipazioni Statali, potessero ritrovare una propria identità ed un proprio ruolo nell'attivazione di questo tipo di progetti e, quindi, ci aspettavamo una risposta alla nostra iniziativa che andasse oltre le espressioni di interesse e di consenso che peraltro non sono mancate.

Ci sono indubbiamente i problemi della situazione e delle prospettive finanziarie attuali e che non lavorano a favore di iniziative la cui redditività, sotto un profilo strettamente aziendalistico, non può che essere in larga misura differita nel tempo e indiretta. È vero, però, che è proprio di queste ultime settimane l'annuncio dell'impegno di un grande gruppo pubblico nella produzione del *compact-disc*. Una produzione, certo, particolarmente esigente sotto il profilo delle tecnologie, della capacità di penetrazione sui mercati e dello stesso impegno finanziario, ma che non sembra avere, diciamo così, una capacità "attivatrice" particolarmente forte: inoltre questa produzione deve essere fatta in collegamento con una serie di aziende europee che sono poi le reali detentrici del "know how". In definitiva, mi sembra che ci sia da augurarsi che questo sia un sintomo di crescente attenzione per il settore e non esprima, invece, il persistere di una pregiudiziale a favore delle iniziative hardware rispetto alle iniziative software.

Comunque, questo è proprio uno dei temi che ci proponiamo di approfondire nella tavola rotonda di questo pomeriggio che verrà diretta e coordinata dal prof. Di Giugno, che noi abbiamo voluto avere in questo ruolo anche perché la sua storia ci sembra emblematica. Da una parte il prof. Di Giugno è stato l'iniziatore di quel gruppo di ricercatori di Napoli che si è occupato di questi temi, dall'altra parte egli ha tutta l'esperienza che gli viene dalla direzione dell'IRCAM di Parigi al quale noi ci siamo, senza voler ripetere o ricopiare, largamente ispirati e della cui funzione abbiamo visto gli effetti in Francia. Il prof. Di Giugno ha quindi tutte le conoscenze per aiutarci nella soluzione di questo tipo di problemi.

Uno dei temi che vorremmo fosse affrontato in questa tavola rotonda è proprio quello della individuazione dei fattori di resistenza, di inerzia, di incertezza che, sia a livello aziendale per quello che riguarda le imprese produttive, sia a livello istituzionale, si frappongono ad un impegno reale nella realizzazione di un progetto simile a quello qui proposto, assieme al tema delle possibili soluzioni per la loro rimozione.

Di fronte a questo tipo di resistenze, per cui la semplice presentazione di un'analisi di fattibilità, e quindi l'individuazione dei possibili programmi di un Centro, non ha di per sé capacità persuasive sufficienti, nell'ambito delle attività promozionali in cui lo IASM si è impegnato successivamente alla definizione di questo progetto, abbiamo ritenuto opportuno muoverci su una linea pragmatica, come diceva il Presidente Saba, e siamo, infatti, in procinto di perfezionare un'intesa con il Comune e con l'Università di Napoli per la realizzazione di un laboratorio di informatica musicale.

Questo laboratorio è innestato su quel nucleo già esistente qui a Napoli, cui accennavo prima, e sarà impegnato nell'arco di dodici mesi nello svolgimento di un primo concreto e articolato programma di attività di ricerca, di sperimentazione e di informazione. Si tratta, ovviamente, di un programma d'avvio e quindi assolutamente aperto e sul quale noi contiamo di poter sollecitare ed innestare ulteriori specifiche collaborazioni a cominciare dagli enti presenti in loco e in particolare il CRIAI, il Consorzio di Ricerca e di Informatica campano.

Su questo primo passo vorremmo inoltre sollecitare il contributo attivo degli operatori dell'industria manifatturiera e dello spettacolo - magari con l'affidamento al laboratorio di specifiche commesse ed incarichi che, per così dire, lo impegnassero in qualche cosa che serva a dimostrare nella pratica l'utilità della realizzazione di un Centro di questo tipo. In conclusione, noi abbiamo pensato che per superare questi indugi e queste incertezze fosse necessario impegnarsi in un'esperienza, sia pur limitata, modesta, ma concreta.

Siamo assolutamente consapevoli che quest'azione di innesco è destinata a rimanere senza esiti significativi in assenza di un progressivo afflusso di ben altri apporti e contributi ed è proprio questo il secondo tema, sul quale, già a partire dalla tavola rotonda di questo pomeriggio, vorremmo sollecitare indicazioni, suggerimenti e, se possibile, fin d'ora, orientamenti per successivi reali impegni da parte degli interlocutori effettivi del progetto. Grazie.

## **Obiettivi ed articolazione del VI Colloquio di Informatica Musicale**

Aldo Piccialli

*Università di Napoli*

Questo convegno ha come tema tre aspetti essenziali dell'informatica musicale: la musica, la tecnologia, la ricerca scientifica. Nell'operare in questo o quel settore di questa disciplina non si può ignorare la stretta connessione di questi tre aspetti e quindi la conseguente realtà culturale che ne deriva. È questa convinzione che ha permesso agli organizzatori — cioè lo IASM, l'Università di Napoli, l'A.I.M.I. — di promuovere questa iniziativa che, accanto alla presentazione del progetto IASM "Suono e Immagine", vede le sezioni scientifiche di "digital signal processing" e di linguaggio musicale del VI Colloquio di informatica musicale e, accanto ai concerti con l'uso del computer, vede un dibattito sui rapporti tra scienza e musica, organizzato dall'Istituto di Studi Filosofici.

Il non aver colto nel passato in questo settore la stretta connessione tra cultura, tecnologia e industria è stata un'occasione, credo, perduta in Italia, proprio per lo sviluppo industriale in particolare del Sud. A proposito mi ha colpito in un recente convegno di informatica musicale, quanto diceva il prof. Pestalozza, che mi sembra essere qui presente: "il boom nella produzione di strumenti musicali, tradizionali o digitali, non è solo dovuto all'efficienza del mostro tecnologico giapponese, ma soprattutto alla presenza di quel Paese di una cultura musicale di massa dall'età pre-scolare all'Università".

Questo convegno si propone in primo luogo, quindi, di dare un contributo al complesso rapporto tra ricerca e industria specificando i ruoli che ciascuno deve coprire. Questa tematica la vedremo affrontata nella tavola rotonda di oggi pomeriggio.

Altro tema del Convegno che mi sembra molto interessante che verrà affrontato nell'incontro attuale è quello del rapporto tra musica e scienza curato dall'Istituto Italiano per gli Studi Filosofici. Mi soffermo, adesso, in particolare, sull'aspetto scientifico del convegno. Nella sessione scientifica abbiamo autorevoli esperti nazionali e internazionali, che forniranno gli orientamenti e gli sviluppi attuali della ricerca in questo settore.

La rappresentazione digitale di un suono in via generale, si sa,

richiede un grande numero di bit. Le varie tecniche di sintesi hanno quindi la finalità di ridurre al massimo questo numero, ma o sono lontane dal livello di informazione minimo che potrebbe essere stabilito dalla teoria dell'informazione o rinunciano a priori a una certa quantità di informazione. Questa ultima scelta è evidente nella produzione commerciale con le ovvie conseguenze di cattiva qualità del suono e scarsi gradi di libertà nella produzione degli stessi. Questi sintetizzatori che possiamo chiamare di prima generazione non hanno sempre utilizzato certi meccanismi psicoacustici e della percezione in quelle che noi possiamo definire microstrutture sonore.

Un approccio sistematico dovrebbe condurre a un'altra generazione di sintetizzatori che, a parità di bit di controllo, dovranno avere una migliore qualità e maggiore controllabilità dei parametri significativi del suono. In particolare questo tipo di filosofia è stata seguita nell'elaborazione delle immagini: i risultati sono molto promettenti e conducono a un rapporto di compressione dell'ordine di 50° (o più, ma siamo arrivati a quest'ordine di grandezza). Non c'è da meravigliarsi quindi che ci sia un confronto, nell'ambito della conferenza, con gli esperti dell'elaborazione delle immagini. D'altro canto la ricerca sul "suono" e quella sull'"immagine" sono esperienze molto simili. Ora sulla base di questa convinzione il Dipartimento di Fisica dell'Università di Napoli intende sviluppare e promuovere una nuova iniziativa: realizzare nel prossimo futuro una scuola estiva permanente di digital signal processing nel campo delle arti avvalendosi dei più qualificati esperti nazionali e internazionali. Questo penso sia il punto di partenza di cui parlava anche il prof. Strolin e cioè potenziamento della ricerca scientifica come momento di aggregazione e come presupposto di ogni sviluppo futuro dell'informatica musicale, anche nelle applicazioni.

Il mio intervento è molto breve e termina in questa maniera. Volevo però ringraziare tutti gli studiosi italiani e stranieri che partecipano a questo convegno e in particolare volevo ringraziare il direttore del Dipartimento, prof. Strolin che mi ha particolarmente appoggiato in questa iniziativa e ringrazio ancora tutti quelli che hanno partecipato al lavoro di organizzazione e di realizzazione di questo convegno.

**Tavola rotonda**  
**Opinioni a confronto sul progetto “Suono e Immagine”**  
**dello Iasm**

Presidente: Prof. Giuseppe Di Giugno

Giuseppe Di Giugno

IRCAM, Parigi

Prima di dare la parola agli interventi bisogna fare il solito preambolo; ci sarebbero molte cose da dire per cui mi riservo di integrare la mia introduzione coordinando il lavoro di questa tavola rotonda.

Questa mattina ho notato nelle parole dette sia dal prof. Saba che dal dott. Turco dubbi, difficoltà, ostacoli e altre cose un po' pessimiste. Io sono abbastanza ottimista e dico che oggi un'iniziativa del genere, cioè un laboratorio che applichi il metodo dell'informatica sia nel campo dei suoni che nell'immagine, è una cosa che si sa fare. La stessa cosa non si sarebbe potuta dire tanti anni fa. Ricordo che esattamente dieci anni fa, nel '75 prima di costituire l'IRCAM, non sapevamo come si facevano queste cose, cioè come applicare l'informatica alla musica. In quel periodo feci un giro in America e partecipai ad una conferenza stampa a Stanford dove venne chiesto quali erano gli obiettivi dell'IRCAM, cosa si pensava di fare nei dieci anni seguenti, quali erano i problemi che intendeva risolvere e Boulez rispose: "se conoscessimo questi problemi non faremmo l'IRCAM". Quindi l'IRCAM è stato anche un primo laboratorio per vedere quali erano i problemi che bisognava risolvere.

Noi siamo stati i primi a fare le cose in grande.

L'IRCAM è un Centro che ha le dimensioni di quello che si vuole realizzare qui a Napoli: circa 50 persone stabili e 20 persone invitate per un periodo di qualche mese. Il suo impianto è costato sui 15 miliardi e ogni anno il Ministero della cultura ci dà qualcosa come 6 miliardi per la gestione. È chiaro che in questi anni l'IRCAM dal punto di vista suono ha risolto molti problemi anche se ce ne sono ancora molti aperti. Dieci anni fa discutevamo se uno studio dovesse essere digitale o analogico per esempio. Infatti fra i vari progetti, il primo era analogico. Il nostro Istituto era diviso in vari dipartimenti: c'era un dipartimento di *computer music*, cioè musiche fatte con i

calcolatori e c'era un dipartimento di elettro-acustica dove si studiava la musica fatta con mezzi acustici. Lo stesso Luciano Berio non voleva calcolatori nel suo studio. Ormai il problema è risolto. I sistemi devono essere digitali, nessuno lo mette in dubbio oggi. Molti problemi sono stati risolti e molti ne restano da risolvere sia nel campo della realizzazione dei sistemi *hardware*, sia nel campo dei sistemi *software*.

Sono contento che questa iniziativa parta da Napoli e sono contento che arrivi finalmente a qualcosa di concreto, almeno nella prima fase. Ripenso alla riunione fatta 5 anni fa all'Excelsior ... purtroppo sono occorsi 5 anni per far capire alla gente che un laboratorio come questo è utile farlo. La parola "digitale", che dieci anni fa nessuno sapeva cos'era, oggi tutti sanno cos'è; il mondo tende al digitale in qualunque cosa; il *compact disk* è una realtà e fra poco le trasmissioni televisive e radio saranno anch'esse digitali. Anzi siamo partiti in ritardo perché la gente ha sempre paura di affrontare delle spese. Napoli è stata una città di pionieri in questo campo con il gruppo che è stato fondato circa quindici anni fa. All'Istituto di Fisica di Napoli è stata costruita la prima macchina digitale per fare dei suoni (che poi è stata presentata ufficialmente a Boston nel Congresso come questo).

Fra i molti problemi da risolvere ci sono sia quelli che riguardano fattori tecnologici, sia quelli legati all'interazione delle persone chiamate a risolverli. L'interazione è fra ricercatori, artisti in generale e imprenditori industriali ed è questo un triangolo molto difficile da gestire anche a causa dei sottofondi esistenti: il pubblico, ecc. Viviamo in un mondo in cui la tecnologia va sempre avanti. Le prime macchine realizzate dall'IRCAM (molti di voi le conoscono) avevano 64 oscillatori, poi si sono avute quelle con 256 oscillatori ed infine, oggi, gli ultimi sistemi, quelli del tipo 4X, possono fare fino a duemila suoni contemporaneamente. Accanto a questa evoluzione della ricerca c'è sempre stata anche un'incessante richiesta di novità da parte degli artisti, a volte eccessiva, ma questa è una mia critica personale. Per esempio dieci anni fa, quando c'era lo studio qui all'Istituto di Fisica di Napoli, che era lo studio migliore d'Italia, il sintetizzatore analogico aveva 8 oscillatori e 4 filtri controllati da un calcolatore e ricordo che tutti i musicisti che venivano desideravano averlo. Io dicevo: "ma è costoso, è grosso" ecc. Impazzivano tutti per avere una cosa di questo genere. Oggi qualunque *personal computer*, con una piccola cartina da 100.000 lire, fa meglio di quello che si faceva dieci anni fa ma il musicista non ne è più attratto, vuole andare sempre più lontano. Forse, comunque, è meglio così perché la filosofia dell'IRCAM è stata sempre quella di andare

più avanti ed avere stimoli esterni è senz'altro garanzia di progresso.

Il problema dell'interazione fra scienziato, artista e industria all'IRCAM non è stato ancora risolto. È un problema, anzi, che dieci anni fa non vedevamo nemmeno ed infatti si diceva: "facciamo questo matrimonio fra ricercatori, cibernetici, informatici, musicisti". Questo è però un matrimonio un po' fallito nel senso che c'è molto ancora da fare e da studiare poiché si sono trovati di fronte due mondi completamente diversi; il modo di pensare dello scienziato è diverso da quello del musicista o dell'artista in generale (quando dico musicista ovviamente vale anche per tutte le forme d'arte). Infatti se un compositore compone bene non rivela mai il processo che ha seguito nel formare la sua opera, invece uno scienziato, quando trova un'idea, la spifferà ai quattro venti. I ricercatori sono abituati a lavorare in comunità, gli artisti lavorano da soli, tanto è vero che è difficile trovare una sinfonia scritta da tre persone.

Questo problema deve essere risolto perché in un Centro del genere ci deve essere una comunità fra ricercatori e artisti.

Adesso vorrei passare a fare un primo giro di opinioni sulle possibilità che questo Centro ha di interagire col mondo della cultura, dell'industria e dell'Università. Qui abbiamo molti esponenti di questi campi ed io vorrei chiedere loro se sono interessati all'iniziativa che si vuol attivare qui a Napoli e se vogliono, in qualche modo, contribuirvi; potete benissimo dire: "no, grazie, non ne ho bisogno".

Cose che qualche volta succedono. Io mi ricordo che una volta sono andato in un posto del sud della Francia (è inutile dire lo studio) poiché l'IRCAM cerca sempre di coordinare le iniziative del settore, sia a livello francese, sia a livello italiano che a quello internazionale e ho detto: "se voi volete collaborare con l'IRCAM compratevi gli stessi calcolatori che abbiamo noi, lo stesso sistema operativo", e loro hanno detto: "no, noi vogliamo la nostra individualità culturale, vogliamo lavorare con i nostri calcolatori". Quindi alle volte ci sono queste barriere.

Un'altra cosa che voglio aggiungere è che di questo progetto l'IRCAM è a conoscenza da molto tempo, anche Pierre Boulez conosce quest'iniziativa ed è ben disposto a contribuire alla sua realizzazione. L'IRCAM collabora attualmente con molti Centri, all'estero. In Italia abbiamo dei rapporti di lavoro intensi con l'Università di Padova, e la Biennale. Quindi l'IRCAM, se lo volete, è ben contenta di collaborare con questa nuova iniziativa ed anch'io a livello personale, sono disposto a prendervi parte.

Iniziamo il giro degli interventi da quelle persone che hanno esperienza di iniziative di questo genere. Si può cominciare con il

dott. Corradetti che è il direttore dell'ISELQUI (un centro sorto nelle Marche per coordinare l'industria musicale in crisi).

La domanda è: "voi siete interessati allo sviluppo di un Centro di questo tipo a Napoli e quale collaborazione intendereste avviare con esso?".

Domenico Corradetti  
ISELQUI, Ancona

Siamo interessati moltissimo perché, come voi sapete, l'ISELQUI opera per le industrie musicali che, in Italia, sono concentrate quasi esclusivamente nelle Marche.

Queste industrie hanno subito una grave crisi negli ultimi anni a causa dell'inserimento, nel mercato italiano, di grandi gruppi giapponesi che dispongono di "masse critiche" di ricerca e di sviluppo di gran lunga superiori alle forze italiane. Questa situazione, comunque, non è solo ristretta al settore musica dell'industria italiana ma interessa anche altri comparti quali quello delle automobili, quello dei televisori e così via.

Quindi se si potenzia la ricerca - e la nascita di un Centro come quello di Napoli va in questa direzione - non può che trarne beneficio tutta la comunità industriale nazionale ed è chiaro quindi che l'ISELQUI sarà il primo a collaborare con questo Centro, quando nascerà, ed a cercare di succhiarne quanto di buono verrà fuori per trasferirlo alle imprese, perché questo rimane il nostro obiettivo principale.

Sono ormai tre anni che noi lavoriamo nel settore della musica anche se, in verità, l'ISELQUI è nato con il compito di introdurre tecnologie innovative in una regione come le Marche, caratterizzata da moltissime piccole e medie imprese (avrete sentito parlare del modello adriatico) che vanno dai calzaturieri, concentrati nella zona di Ascoli Piceno, ai mobilieri del pesarese, alle industrie musicali di Castelfidardo, Recanati, ecc.

Ritengo opportuno, a questo punto, raccontarvi la genesi della nostra iniziativa, non per il gusto di fare storia ma, perché credo che fornendo qualche interessante spunto di riflessione possa essere utile agli effetti della creazione del Centro di Napoli.

I piccoli imprenditori delle Marche, di norma individualisti, nel periodo di crisi cui accennavo prima, hanno maturato la convinzione che da soli non sarebbero stati capaci di far fronte alle difficoltà che incontravano su tutti i mercati internazionali. Questa consapevolezza unita alle forti pressioni dell'allora Presidente della Federazione regionale degli industriali marchigiani, Vittorio Merloni, che poi è di-

ventato Presidente della Confindustria, li ha portati ad unire gli sforzi per la soluzione dei problemi comuni. In conclusione l'idea di fare un Centro di servizi per la ricerca applicata è venuta fuori dalla crisi che è stato un notevole agglomeratore di interessi.

Io non credo, come qualcuno affermava questa mattina, che le piccole imprese abbiano la capacità di trovare da sole il loro spazio di mercato. A certi livelli tecnologici, in certe situazioni, la piccola impresa non riesce da sola a far fronte al mercato. Questo è avvenuto per le industrie a strumenti musicali che sono cadute una dopo l'altra. Il fatto di aver messo in piedi un Centro di ricerca comune non ha certo consentito a molte aziende di sopravvivere — perché, come tutti quelli che fanno ricerca sanno, queste iniziative danno risultati nel medio termine — ma, comunque, ha posto le basi per un futuro più promettente.

Nel caso specifico dell'industria nelle Marche c'era un problema di una grossa conversione industriale. Quasi tutti gli strumenti musicali che venivano prodotti in Italia erano analogici e occorreva trasformarli in digitali perché i concorrenti giapponesi lavoravano in questa direzione.

Chiunque conosce queste cose sa che passare dall'analogico al digitale è facile a dirsi ma a farsi è un po' più complicato.

Quindi l'ISELQUI fin dall'inizio si è avviato a fare ricerche nel campo della sintesi digitale dei suoni, eliminando subito l'idea di inseguire i giapponesi sulle loro strade (tipo FM della Yamaha o cose di questo genere, perché le politiche di inseguimento, io credo, non pagano mai), e focalizzando l'attenzione su direzioni totalmente diverse. Abbiamo inventato una nostra tecnica di sintesi che abbiamo brevettato e che abbiamo già trasferito su silicio. Progettiamo, infatti, all'interno dell'ISELQUI, un *cip* che permette di fare prodotti competitivi che stanno dando risultati molto interessanti. Io credo che nel giro di un anno, massimo due, qualsiasi strumento elettronico prodotto nelle Marche incorporerà in misura più o meno accentuata tecnologie dell'ISELQUI, o sotto forma di *cip* o sotto forma di banca dati dei suoni che abbiamo allestito per supportare tutte le ricerche nel campo della *computer music*. C'è nell'Istituto di Ancona una banca dati che analizza circa 250 strumenti tradizionali scomponendoli in fattori primi, di frequenza, di armoniche ... Se volete sapere come è fatto uno Stradivari basta interrogare il calcolatore che c'è all'ISELQUI e vi dirà di quante armoniche è fatto e con che ampiezza e così via.

Però questo non basta perché, nonostante le ricerche abbiano dato risultati positivi, nonostante questi siano in fase di trasferimento alle imprese, i giapponesi non stanno fermi, continuano a lavorare e

quindi, anche noi, dobbiamo continuare a progredire. Arriverà un momento in cui di nuovo si porrà il problema di massa critica. Così come le piccole imprese non sono state in grado di fronteggiare singolarmente la sfida "straniera", recuperando ragionevolmente il ritardo con un consorzio, verrà un giorno in cui un consorzio non sarà più in grado da solo di mantenere le porzioni di mercato acquisite. Allora, se sono presenti in Italia altre strutture che si occupano dei medesimi problemi, sarà possibile, con un opportuno coordinamento tra le stesse, creare una "massa critica" maggiore con cui, credo, si potrà ancora far fronte alla situazione.

Vorrei, ora, esprimere qualche dubbio su un punto del progetto che è stato presentato questa mattina: le finalità artistiche e industriali del Centro.

La nostra esperienza ci ha dimostrato che è difficile perseguire entrambe le finalità con successo perché da una parte la finalità artistica privilegia la prestazione ed è indipendente dal prezzo, dall'altra la finalità industriale privilegia il prezzo a discapito molto spesso delle prestazioni.

Per quel che riguarda la ricerca per fini industriali occorre avere un'organizzazione di tipo industriale, quindi con rispetto dei tempi, con rispetto dei costi, sacrificando la generalità, sacrificando, molto spesso, l'approfondimento di certi tempi.

Per quanto riguarda, invece, il processo della "creazione artistica" occorre una strumentazione meno stringente. Questa è un po' la ragione per cui vedete che, da una parte, c'è l'IRCAM - istituzione di grande successo, ma con finalità prevalentemente artistica, non avendo mai conseguito, per quel che mi risulta, importanti successi industriali - e dall'altra, l'ISELQUI, con finalità prettamente industriali, che non ha mai creato nulla di artistico e che credo mai ne creerà. Questa è una considerazione personale, ovviamente, ma vi pregherei di riflettervi perché le due anime sono difficili da far coesistere in termini organizzativi e non solo organizzativi.

Non vi annoio oltre ribadendo la disponibilità nostra, il nostro interesse perché nasca un Centro avanzato di ricerca. Un piccolo Centro, con poche persone e senza mezzi, non andrebbe lontano e allora sarebbe uno sperpero di denaro. O si mette in piedi una massa critica economica e di persone tale da dare risultati, o forse non vale la pena attivare questa iniziativa. L'IRCAM è l'IRCAM perché ha 6 miliardi di lire l'anno; O si investe quanto serve o tanto vale non investire. L'ISELQUI è l'ISELQUI perché finora ha investito (non come l'IRCAM, beati loro!) alcuni miliardi anche lei; con le centinaia di milioni non si va lontano in questi campi. Ho visto delle cifre sul progetto che sono interessanti. Se saranno messe in campo penso che

daranno senz'altro dei risultati.

La cosa ci interessa moltissimo e spero che questa iniziativa nasca e abbia un gran successo. Saremo i primi a servircene e a servirla, se potremo. Grazie.

### Giuseppe Di Giugno

Vorrei chiarire solo una cosa – non è una critica – l'IRCAM è un Istituto di ricerca musicale; quindi non è una fabbrica di dischi, è una fabbrica di musiche, è una fabbrica di idee quando ci sono. Ogni tanto succede anche di trasferire all'industria qualche nostro prototipo, tipo l'operazione 4X che ha portato alla realizzazione di quello che è oggi uno dei più grossi sintetizzatori del mercato mondiale.

Abbiamo parlato del rapporto fra ricerca ed industria e adesso, forse, possiamo parlare dell'altro polo vedendo con Alvise quali sono i problemi (non legati con l'industria) di un Centro di ricerca in cui convivono molti ricercatori e musicisti.

### Alvise Vidolin LIMB, Venezia

Riferendomi a quanto emerso negli interventi precedenti, direi che se l'industria piange la ricerca artistico-musicale non ride, anzi piange ancora di più e ciò deriva dal fatto che essa non gode di una autonomia che a mio avviso le spetta, bensì è costretta a svilupparsi pesando sulle spalle della ricerca tecnologico-scientifica, ospite di istituzioni che non hanno come finalità il prodotto musicale. Nonostante ciò, negli ultimi decenni, si sono ottenuti validi risultati sul piano artistico, ma non si può pretendere che si continuino a dirottare fondi destinati alla ricerca scientifica quando esistono notevoli finanziamenti per la musica che gli organi competenti alla loro distribuzione si ostinano ad assegnare esclusivamente per attività orientate alla riproduzione del repertorio tradizionale.

Occorre quindi invertire questa tendenza che pone i laboratori di ricerca scientifica promotori di una ricerca artistica che non li compete sul piano istituzionale, per favorire la creazione di *Centri* finalizzati alla sperimentazione delle nuove tecnologie nella ricerca e produzione artistica, e spero che la costituzione di questo Centro a Napoli sia il segno di una nuova linea di tendenza. Non sono perciò molto d'accordo con quanto afferma il dott. Corradetti: limitare l'in-

tervento del futuro Centro partenopeo al puro aspetto industriale, senza instaurare uno stretto rapporto fra ricerca tecnologica ed applicazione artistica – soprattutto per quel che riguarda la ricerca sul linguaggio musicale contemporaneo e sulle nuove metodologie di produzione artistica – equivarrebbe a portare avanti un discorso sterile in partenza, scollegato con quanto avviene nella società e soprattutto senza prospettive per il futuro.

L'esperienza del LIMB, nata dalla collaborazione fra il Centro di Sonologia Computazionale (C.S.C.) dell'Università di Padova ed il Settore Musica della Biennale di Venezia, ha dimostrato come sia possibile anche in Italia fare una produzione di musica informatica ad alto livello qualitativo. Parallelamente ha anche messo in luce il fatto che sono molti i compositori a chiedere spazio in tale direzione e che lo spazio richiesto aumenta progressivamente con l'assimilazione da parte dei musicisti di tali tecnologie. Purtroppo questo spazio resta sempre molto limitato in Italia, si rivela del tutto insufficiente se confrontato alla domanda, e se lo mettiamo in rapporto all'espansione che si verifica in altri paesi, si può dire che va sempre più chiudendosi. Abbiamo molti esempi – e non solo recenti – che provano questa tendenza negativa tipicamente italiana, grazie alla quale le iniziative vengono ostacolate in maniera direttamente proporzionale al loro grado di interesse. Il più emblematico risulta la chiusura dello Studio di Fonologia Musicale della RAI di Milano: Centro pilota negli anni '50-'60 che è stato lasciato morire alcuni anni or sono fra l'indifferenza di tutti. Compositori come Luigi Nono e Luciano Berio sono costretti ad andare a lavorare all'estero, il primo a Friburgo ed il secondo all'IRCAM, ma non tutti i musicisti possono permettersi un soggiorno fuori dell'Italia per realizzare i propri lavori.

Un altro esempio, *Prometeo* che recentemente si è replicato a Milano, è un'opera musicale ad alto contenuto tecnologico in cui il *live electronics* è stato fornito dallo studio di Friburgo mentre la parte informatica dal nostro gruppo dell'Università di Padova. La nostra partecipazione, però, è stata possibile grazie all'apporto all'IRCAM di Parigi che ci ha dato questo processore molto potente, il 4i. Sarebbe quindi un peccato dover far vivere l'Italia sempre sull'importazione dall'estero quando l'importazione riguarda un prodotto – in questo caso il 4i – che è stato ideato da un italiano, il prof. Giuseppe Di Giugno, anche lui costretto ad andare in Francia per poter realizzare i propri progetti.

La conclusione è quindi ovvia: bisogna creare un polo attivo anche nel nostro paese, offrire nuove possibilità e stimolare la ricerca musicale. A tale scopo è necessario un collegamento fra istituzioni scientifiche ed istituzioni musicali: il collegamento che abbiamo in-

staurato fra l'Università di Padova e la Biennale di Venezia è stato molto positivo ed a mio avviso converrebbe seguire tale strada coinvolgendo altre istituzioni come gli Enti Lirici, le associazioni dei concerti e perché no anche le orchestre.

Spero quindi che questo Centro venga realmente istituito in quanto nasce da una reale esigenza del mondo artistico-musicale e mi auguro che possa diventare il polo propulsore sopra auspicato e che metta in moto non solo a Napoli ma in tutta l'Italia un processo di rinnovamento e di coordinamento fra la ricerca musicale e una nuova produzione culturale. Grazie.

**Giuseppe Di Giugno**

Vorrei aprire una parentesi. Vorrei chiedere al prof. Nottoli di dirci qualcosa in più dei vari progetti che ci sono.

**Giorgio Nottoli**

*Sim, Roma*

Le nostre idee erano abbastanza ambiziose perché quello che si voleva mettere in piedi era il tentativo di arrivare, partendo da qualcosa di esistente, a nuove produzioni non solo in campo *soft* ma anche in campo *hardware*. Questi tipi di programmi erano stati formulati dopo la consultazione di vari centri in Italia cercando di individuare le esigenze di maggiore impegno che erano state manifestate.

Non direi che il risultato debba essere interpretato come qualche cosa di fisso e di stabile. Di fatto noi abbiamo scelto di avviare un laboratorio di ridotte dimensioni, calibrato su un'esperienza annuale, per avere la possibilità, a breve e con alle spalle una dimostrazione concreta, di ridiscutere il programma.

L'obiettivo principale degli studi che si svolgeranno in questo Centro è l'analisi degli aspetti critici individuati dalla ricerca contemporanea sul suono e sull'immagine.

Questi due elementi sono oggi studiati e prodotti separatamente mentre è evidente il loro utilizzo congiunto in moltissime applicazioni artistiche, culturali, industriali e così via. Basta pensare a un film o ad una trasmissione televisiva per accorgersi che il suono e l'immagine sono insieme ma vengono realizzati con processi differenziati pregiudicando l'unitarietà della creazione.

Da questa constatazione deriva la necessità, fatta propria dal pro-

gramma del Centro, di procedere ad una unificazione dei due settori di ricerca, quello sul suono e quello sull'immagine.

Ma che tipo di ricerche verrebbero fatte in questo Centro?

Occorre, innanzi tutto, premettere che per quanto riguarda questi due settori ci sono due grandi temi: la ricerca scientifica e la ricerca artistica. La ricerca scientifica è quella che si concretizza nella progettazione, nella sperimentazione sia dal punto di vista *hardware* che da quello *software*, ed è anche quella che scruta il mondo per capire, per conoscere cose che non si sanno. Per esempio il modo che l'uomo ha di percepire il suono e l'immagine; i metodi con i quali è possibile simulare l'uno o l'altro dei fenomeni.

Per quel che riguarda la ricerca artistica il discorso può essere ancora più complesso perché un campo di possibilità per diventare arte necessita, di solito, di molti anni, molto lavoro e, tutto sommato, anche moltissima pazienza, perché il linguaggio artistico deve sedimentarsi in qualche modo. L'ascoltatore o il fruttore deve abituarsi ad un nuovo linguaggio. Anzi, per meglio dire, il linguaggio nasce anche da questo rapporto tra l'artista e il pubblico. In un Centro del genere si vorrebbe creare l'occasione perché questo rapporto possa essere vero e positivo.

### **Giuseppe Di Giugno**

Continuiamo. Visto che abbiamo parlato un po' dell'industria, dei rapporti fra ricercatori e artisti passiamo ora all'opposto. Vediamo il dr. De Simone che è un puro artista, che cosa pensa di questo Centro e della collaborazione che intende instaurare con gli enti teatrali.

### **Roberto De Simone Teatro S. Carlo, Napoli**

La ringrazio del termine che mi ha dato. Posso parlare in chiave personale e come direttore artistico del teatro lirico di Napoli. Senz'altro sono interessantissimo a questi progetti per il fatto che sia come musicista che come uomo di teatro non posso assolutamente ignorare il tempo in cui viviamo. Dal punto di vista personale posso dire che io ero appena allievo, facevo i miei primi compiti di armonia in Conservatorio, quando si parlava delle prime sperimentazioni di musica elettronica (parlo del '47-'48, non ricordo esattamente).

Successivamente ebbi il desiderio di capire come si potesse produrre una musica del genere.

Penso che un Centro di verifica immediato possa fare molto bene ai giovani musicisti. Anche se personalmente non mi sono avvicinato alla possibile espressività e impiego di suoni costruiti nel campo della tecnica compositiva e, chiaramente, non ne ho fatto mai uso, io penso che qualsiasi musicista, anche non facendone uso diretto ne deve tener conto. Infatti nel momento in cui una qualsiasi opera viene registrata con microfoni si può dire, in un certo senso, che subisce un'elaborazione, non è la stessa opera scritta dal compositore, senz'altro, è qualche cosa di diverso. Questa è una delle tante possibilità di coscienza alle quali il musicista si avvicina. Io mi sono anche avvicinato al problema della fedeltà tra suono prodotto e suono registrato.

La cosa, tuttavia, che mi interessava di più era creare dei segnali sonori attraverso l'elettronica pura. Anche se i problemi sono tanti, per un musicista l'attenzione a queste cose è fondamentale.

Come persona di teatro e come direttore del "San Carlo di Napoli" sono, inoltre, interessato alla predisposizione di quei processi di automazione che rendano le normali operazioni, quali ad esempio il controllo automatico delle luci e del cambiamento di scena, più funzionali. Oltre questo, che è ormai un dato innegabile e che dovrebbe essere all'attenzione di qualsiasi amministrazione teatrale, credo sia molto interessante verificare la possibilità di installare supporti che possano contribuire all'utilizzo di nuove tecniche teatrali. All'interno di uno spettacolo oggi c'è senz'altro l'elettronica; se noi produciamo un'opera qualsiasi di tradizione, di repertorio, all'interno ci sono nuove considerazioni sia da parte dello spettatore che assiste, sia da parte di chi concepisce lo spettacolo, che da quella di tutti coloro che collaborano nello spettacolo.

Forse sto affastellando le idee, però sono segno dell'interesse che porto verso questo tipo di iniziativa.

Nella programmazione delle attività del mio teatro è previsto, fra due anni, il festeggiamento del 250° anniversario della sua nascita. Per la preparazione di questo avvenimento sarebbe stato utile applicare questi sistemi informatici all'archivio del teatro per la realizzazione di una banca dati sul patrimonio musicale napoletano del '600 e del '700 un po' sulla falsa riga delle esperienze che sono state fatte all'Università di Bologna sul '600 bolognese.

Io credo di aver esaurito quello che dovevo dire, credo anzi di aver detto abbastanza, naturalmente in sintesi.

## Giuseppe Di Giugno

Sono contento che il rappresentante di uno dei più grandi teatri d'Italia sia favorevole a questa iniziativa. Devo dire che personalmente, in passato, ho fatto due tentativi di collaborazione con enti teatrali e con conservatori, entrambi falliti.

Il primo tentativo risale a quando a Napoli l'Istituto di Fisica si trovava a via Tari e nel suo interno era stato fondato il centro di musica elettroacustica. Il conservatorio distava circa 100 metri ed io ripetutamente cercai di coinvolgere il direttore in collaborazioni ed altre iniziative. L'unica cosa che ottenni fu una sua visita ma per il resto niente.

Un altro tentativo fallito è stato alla Scala. Abbiamo qui il sovrintendente Carlo Maria Badini che potrebbe aggiungere qualcosa sulla storia di Luciano Berio e del suo grande *show* elettronico, preparato con l'allora costituendo centro di Firenze, mai realizzato.

È fallito non per colpa della Scala, non voglio far polemica.

Forse il dott. Pestalozza potrebbe aggiungere qualcosa. Lei non è un ricercatore, amante della musica o ex musicista?

## Luigi Pestalozza «Musica/Realtà», Milano

Io sono un musicologo che cerca di comprendere i livelli scientifico-intellettuali di una scienza, recente, ma ancorata come sappiamo ad abitudini davvero arcaiche. Qualche sforzo per uscirne anche con iniziative che alcuni di loro conoscono (Di Giugno naturalmente ha partecipato) si è fatto, ma non sono qui per la mia biografia.

Vorrei cominciare col dire che un centro diventa importante per quello che fa e poi per quello che significa. Fin da quando, alcuni anni fa, Piccialli cominciò a parlarmi dell'iniziativa mi colpì il fatto che questa nasceva in una città nella cui Università era presente una "équipe" che con il suo lavoro legittimava, in un certo senso, un interesse verso questi problemi. Napoli, d'altra parte, non dimentichiamolo, era stata nel '700, con Milano, la culla dell'Illuminismo italiano e quindi può vantare una grande tradizione di attenzione alle vicende terrene e all'uomo come artefice di scienza e di tecnica. Il '700 fu, tra l'altro, un secolo in cui la questione della musica si pose in termini radicalmente nuovi con problemi che ancora oggi si presentano aperti davanti a noi che ci occupiamo di estetica musicale o di storia della musica.

Vorrei, inoltre, sottolineare un positivo cambiamento di tendenza.

Se questo centro per la ricerca sul suono e sull'immagine nasce oggi qui a Napoli vuol dire che rispetto agli ultimi anni qualcosa in Italia è cambiata sia per quanto riguarda i rapporti fra scienza e musica, che per quel che concerne lo sviluppo tecnologico e le ipotesi o la prassi di sviluppo musicale. Di certo non si tratta di un cambiamento a livello istituzionale, per carità, le leggi sono tragicamente ancora ferme al loro passato, e ciò crea delle difficoltà non indifferenti, però, ed in questo ha ragione Vidolin, se si chiudono degli spazi è perché si erano aperti. Si sono chiuse le numerose cattedre di musica elettronica nei conservatori, che più che svolgere una didattica erano il segno dell'ingresso di una nuova disciplina in queste vecchie strutture. Si chiudono in questi giorni nelle scuole elementari i corsi integrativi esterni il che significa che con la ginnastica esterna e con l'educazione musicale organizzata dagli Enti Locali si chiudono anche i corsi di acquisizione delle tecniche dei *computer* per i ragazzi, che formavano una coscienza diffusa, un'intelligenza diffusa sulle nuove tecnologie. La chiusura, la fine del Centro di Fonologia della RAI di Milano — che, non dimentichiamolo, dopo quello della *musique concrète* aperto a Parigi nel dopoguerra — era stato il secondo in Europa, ha un senso perfino cupo perché riguarda cose molto più vaste. Riguarda la collocazione internazionale della ricerca italiana, la sua capacità di trasferimento all'industria. È il segno di quello che sembra essere il destino del nostro paese, come già stato accennato, costrutto a esportare cervelli e importare prodotti.

Napoli, nonostante questo quadro di certo non promettente, è oggi un segno di speranza perché finalmente un'Amministrazione Comunale dimostra il suo interesse verso questi problemi.

Io sono convinto che la nascita delle Autonomie Locali negli anni '70 e la famosa legge 382 promossa a metà del decennio abbiano inciso moltissimo sulle "logiche mentali" dei Comuni e delle Regioni portando il cittadino e quindi anche il musicista a cambiare il proprio modo di rapportarsi con la realtà. Napoli è il Sud dell'Italia. Questo centro nascerà a Napoli mentre fino ad oggi l'industria della musica, se si eccettua l'area marchigiana della strumentistica, è concentrata nel nord del nostro Paese così come nel nord sono riunite la stampa, l'editoria fonografica e le industrie dei settori informatici e computeristici.

Qualcosa sta cambiando perché vent'anni fa non avrei mai incontrato, in un dibattito sulla musica, l'industria degli strumenti. Per questo, sebbene io sia complessivamente d'accordo con l'analisi di Corradetti, non posso condividere la sua preoccupazione sul rapporto tra ricercatori e musicisti. Questo vuol dire che altre zone d'Italia si attivano in questi settori e non perché sollecitate da un "Università

intelligente" ma perché, pur nei "ritardi" dovuti ai problemi economici che affliggono questo meridione d'Italia, le direzioni di movimento, anche della stessa economia mutano al di là delle politiche scelte, sotto la pressione di rapporti nuovi. Ecco perché per me è interessante essere qui.

Un'esperienza del passato ci permette di avere sicurezza in quello che sarà e non solo fiducia e ottimismo. La casa Ricordi è nata a Milano prima che questa città divenisse un così vivo centro di attività musicale. Questo vuol dire che se qualcosa fermenta al di là dell'intelligenza di dieci, quindici persone che lavorano nell'Università, allora parlare, come si fa qui, di cultura, di ricerca e di industria – e per cultura intendiamo in questo caso musica – è un fatto importante.

È verissimo che l'artista (chiamiamola così questa categoria un po' imbarazzante) è tendenzialmente un individualista, però questa sua vocazione non è tanto gelosia delle proprie scritture, secondo me, quanto dei meccanismi di lavoro.

Si tratta di modi di lavorare. Senz'altro Di Giugno nel suo Istituto di Parigi avrà sofferto questa scissione tra culture diverse – quella della scienza e quella rinascimentale dell'arte – ma il motivo di questo è forse, da ricercare nell'estraneità dell'industria della 4X dall'IRCAM. Non so se mi spiego. All'Ircam esiste l'intelligenza Di Giugno o altre intelligenze e l'intelligenza Berio. Con questo non voglio fare una critica all'Ircam, dico solo che il progetto che oggi è stato presentato è quello di coinvolgere l'industria, ma soprattutto di coinvolgere la cultura e la ricerca nella mentalità industriale.

Allora vorrei dire a Corradetti che io non penso ai sincretismi, non penso alle musiche totali. Per carità, io ho presente il lavoro del musicista, quello del ricercatore e dell'industriale che oggi sono separati. Non si tratta di generare confusioni, ma di individuare delle interazioni, di formare una nuova mentalità pratica, produttiva di lavoro.

Nei nostri conservatori si studia quello che il pianoforte può offrirci ma non come è fatto il pianoforte. Io penso che per diventare un grande pianista – e i grandi pianisti di certo lo hanno fatto – occorre sapere come è fatto un pianoforte. Non so quanto i musicisti informatici oggi (parlo nella generalità dei casi) hanno concepito il collaboratore scientifico o tecnico come una parte organica della produzione e del prodotto musicale e non come un servizio.

In questo senso il cinema è andato molto più avanti. Perfino a suo tempo la musica da film. E arrivo all'immagine, dove peraltro la separazione fra suono e immagine ha proprio quei meccanismi che sono stati accennati poco prima. La decisione di porsi (lo diceva

Nottoli adesso) come obiettivo la ricerca sull'unità della produzione di suono e immagine come unità del pensiero e dei meccanismi tecnici mi sembra molto interessante, essendo un terreno di ricerca scientifica sul quale possono convergere nella loro distinzione l'uomo di cultura, il musicista e lo scienziato. Parlo di distinzione perché in qualche modo occorre tener presente che la musica ha logiche di storia antropologica e culturale profondamente diverse da quelle proprie dello scienziato. Di contro non si può non essere d'accordo sull'opportunità di pensare e produrre contemporaneamente suono e immagine anziché fare dell'uno la didascalia dell'altro come oggi tendenzialmente si usa (mi risulta che sia a Vienna che nel centro studi sui media e l'arte di Mosca si svolgono già interessanti ricerche sull'argomento). Un'operazione del genere porta, inoltre, ad individuare nuove figure di operatori, il musicista scienziato e lo scienziato musicista che, conservando le caratteristiche peculiari delle professioni originarie, acquistano nuove valenze. In definitiva si tratta di un'operazione che configura una nuova iniziativa industriale. Credo che l'industria traggia vantaggio da ricerche di questo tipo. Occorre organizzare e non chiudere un'iniziativa come questa (e non è certamente il suo destino) nelle "logiche" abituali per cui comporre in un laboratorio di informatica assieme a Di Giugno, tutto sommato, non è molto diverso di come Bellini componeva "la Norma". No, è tutto diverso. Questo mi pare che il centro voglia e possa portare avanti.

Consentitemi un'ultima nota: i finanziamenti e le leggi. Io richiamerei l'attenzione su questo punto. Il nostro sistema legislativo, al di là del fatto che prevede per la ricerca uno stanziamento pari all'1% del bilancio statale (una quota fra le più basse, anzi credo che sia la più bassa in Europa), è un meccanismo legislativo paralizzante (sto rivolgandomi verso Badini che sa queste cose). Una delle ragioni per cui il centro di Firenze non si è realizzato è anche questa. È un dato di fatto a cui gli amici dello IASM devono prestare molta attenzione (ma certamente lo sanno molto bene) perché possano trovare anche su questo vari consensi. Per quanto mi riguarda nel mio spazio di intervento di critico, ma anche nell'ambito politico, sono ben contento ovviamente di impegnarmi sin d'ora.

### Giuseppe Di Giugno

Hai detto molte cose interessanti. Si dovrebbe quasi fare una nuova Tavola Rotonda su quello che hai detto. Hai aperto molti problemi; non so se faremo in tempo ad esaminarli tutti.

Conviene ora dare la parola agli altri intervenuti e poi fare un

altro giro.

Vorrei sentire questa famosa Rai. Sembra strano, eppure ancora oggi, come tanti anni fa, si ammira questo famoso studio di fonologia che è un modello insieme a quello di Colonia. Se ne parla ancora in tutto il mondo. Vi pongo due domande: come la Rai vede la nascita di questo centro e se pensa di collaborare oppure vuol farsi un nuovo studio tipo quello di Milano.

Pasquale Santoli  
Rai, Roma

Io porto una testimonianza diretta di operatore, visto che lavoro alla terza rete radiofonica e quindi ho più a che fare con quello che può essere il servizio di "broadcasting" della radio piuttosto che quello di ricerca e di produzione in proprio.

In questo senso vorrei offrire due contributi precisi e dire anche quello che penso a livello di ente radiofonico come struttura di programmazione e di realizzazione programmi a proposito del progetto dello Iasm.

La prima testimonianza è questa. Noi all'Ansaldi di Milano abbiamo dovuto inventare proprio in questi giorni, un nuovo modello di registrazione per la ripresa del *Prometeo* di Luigi Nono data l'indisponibilità dell'*équipe* di Colonia e di quella di Radio Francia e data l'impossibilità di trovare in Italia chi fosse in grado di andare a fare una ripresa di questo genere. Non so se il pubblico conosce la difficoltà che questa operazione comportava. Posso darne una brevissima descrizione. L'impianto scenico era concepito in modo che le formazioni e le orchestre, coro più solisti, erano posti ai lati di una grande struttura di legno, con il pubblico al centro della stessa. Una serie di diffusori sparsi per tutta questa enorme platea, - c'era lo studio di Friburgo con l'elettronica dal vivo e anche la struttura del Limb - generavano suoni.

Quindi noi ci siamo trovati di fronte alla difficoltà di dover riprodurre quell'evento sonoro tutto legato all'ambiente, allo spazio, alla dimensione, così come Nono chiedeva e voleva, senza la possibilità di poterlo affrontare con i metodi tradizionali. La proposta che abbiamo fatto a Nono, e che poi abbiamo realizzato, è stata quella di un modello di registrazione "ibrido". Abbiamo attrezzato un impianto misto con una testa olofonica realizzata dalla ditta "Holophone Systems" di Perugia più microfoni tradizionali. I segnali pervenuti in regia da questo apparato di microfoni di ripresa venivano mixati su un registratore digitale per sfruttare la dinamica che questo mezzo

poteva consentirci, data la dinamica della partitura della musica di Nono.

Abbiamo ripreso le prove e poi diverse serate dello spettacolo. Alla fine, con Nono stesso, abbiamo scelto l'ultima serata che aveva bisogno solamente di un paio di aggiustamenti con l'intramezzamento di alcune parti prese da altre serate.

In questo caso il problema è stato risolto con l'esperienza professionale della RAI, sul piano della ripresa, e con la professionalità della ditta di Perugia che sulla base delle proprie ricerche è arrivata sul mercato con questa testa olofonica. Credo che qualcosa del genere potrà succedere col centro ipotizzato dal progetto dello IASM nel senso che chiaramente tutte le volte che sarà necessario (ma si potrà arrivare anche ad una progettazione di queste occasioni) si potranno avviare dei rapporti di collaborazione precisi.

Ma non volevo fermarmi solo a questo. Vorrei anche ricordare che da diversi anni la RAI ha chiuso il centro fonologico di Milano. È oggi allo studio un progetto di rifondazione del fonologico di Milano che però trova delle grandi "resistenze" che rimandano a problemi di strategia aziendale e a problemi congiunturali.

Noi abbiamo di fronte due possibili strade che indico in maniera schematica ma che possono chiaramente essere intrecciate.

La prima strada, date le dimensioni di mercato di un'azienda come la RAI, è quella del *broadcasting* puro, cioè di trasmissione, quindi di recupero del materiale sul mercato e di messa in onda.

Un'altra strada, che è poi quella seguita fino ad oggi, è quella del *broadcasting* aggiunto a piccole punte, il più possibile di alta qualità, di produzione interna.

Non metto ovviamente in campo qui il discorso sulle orchestre sinfoniche e tutto il resto perché riguarda un altro settore; non sarebbe questo il convegno adatto.

Limitando il campo al tema della riunione, le tecnologie, devo dire che la RAI ha avviato numerose ricerche. Per esempio sta progettando, al centro di ricerche di Torino, una tavoletta grafica, una tecnica olofonica di ripresa ed anche il tele-*software*. Sempre con la collaborazione del Centro di Torino è stato già realizzato il radio-*software* e credo siamo stati la prima radio al mondo ad aver approntato una tecnologia del genere. Questo è un progetto italiano, nato in Italia e fatto in Italia anche se con attrezzi non tutte italiane. Il suo scopo è quello di utilizzare la radio per trasmettere dei programmi per "homme computer"; dal prossimo ciclo speriamo di aprirlo addirittura ai "personal". Questo per un'alfabetizzazione all'uso del calcolatore nelle case e soprattutto per i giovani, intendendo, però, non tanto la radio come servizio, cioè un *freeshop* di *software*.

per gli utenti casalinghi, quanto rispetto proprio al messaggio, al valore aggiunto del messaggio radiofonico che con il *software* si può dare. Faccio questo esempio per spiegarmi meglio. Se organizzo una trasmissione su Chopin facendo ascoltare un'ora di musica ed illustrandola non riuscirò certamente a dare la discografia completa dell'artista. Se organizzo, invece, un piccolo programma, un piccolo "database" in cui inserisco una discografia ragionata delle opere e delle pubblicazioni discografiche su Chopin e le trasmetto attraverso radio-*software* via etere, in due o tre minuti ogni utente a casa può registrarsi questo programma e usarcelo a suo piacimento. Quindi, in questo senso, il rapporto fra la trasmissione radiofonica tradizionale (quella che da 50 anni va avanti) e l'informatica applicata alle telecomunicazioni apre la via a nuove prospettive di linguaggio.

L'ultimo problema che vorrei sottolineare, (se si farà un secondo giro vi invito a rispondere) è quello della ricaduta in termini di mercato della ricerca tecnologica sulle applicazioni informatiche al suono. Sia sul mercato degli strumenti (ne parlava il responsabile dell'I-SELQUI), ma soprattutto sul mercato della cultura. È un problema che io mi porrei anche in riferimento a quello che può essere il mercato culturale e non culturale (se possiamo definire non culturale quello puro e semplice della vendita e della commercializzazione dei prodotti), alla qualità del prodotto e alla qualità dei contenuti che queste nuove tecnologie portano all'interno del sapere, della cultura quotidiana di ognuno di noi.

Se questo è solamente il frenetico battito di una batteria elettronica che tutti ormai in casa hanno applicata alla piccola tastierina Casio, Texas ecc., oppure se c'è qualcosa di più, o può succedere qualcosa di più. Forse la crisi del rapporto fra la musica contemporanea, la produzione di musica digitale, e la sua distribuzione sul mercato culturale non è per caso originata dal fatto che non si è creato ancora un sottoprodotto organico, cioè non si è creato ancora un sottoprodotto che realmente generi e introduca nella diffusione di massa quei contenuti che si vanno elaborando? Grazie.

### Giuseppe Di Giugno

Quest'ultima è una cosa molto interessante però sono d'accordo che oggi ci sono molti prodotti nocivi alla formazione musicale ma non si può proibire a certe ditte sia giapponesi, sia delle Marche di produrre certi tipi di strumenti. Certi strumenti musicali sono antieducativi, bisognerebbe proibirli, ma è proibito proibirli ...

Ci sono ancora molte cose da discutere. Per esempio sui problemi

dei rapporti ... (perché un centro di questi non può vivere da solo) con l'industria e anche con l'università.

Perché sono importanti questi rapporti?

Perché oggi, quando si parla di un centro come questo uno potrebbe dire: "beh, vediamo qual'è il mercato del materiale, dei calcolatori ecc., li compriamo e poi fra tre mesi quando arrivano ci mettiamo a lavorare". Purtroppo in questo campo, quando si vuole fare una ricerca di avanguardia, non esistono dei mezzi soddisfacenti. Di calcolatori ce ne sono tanti, però uno fatto apposta, super-rapido, per i calcoli della fisica teorica non esiste e quindi un gruppo dell'Ifn sta studiando un nuovo elaboratore. Anche noi all'Ircam abbiamo studiato dei calcolatori super rapidi per produrre dei suoni e delle immagini, perché oggi — rispondo anche al commento di Pestalozza — si sa che le immagini e i suoni sono due cose diverse, essendo riconducibili a due mestieri diversi. C'è chi si interessa di suono e non si intende di immagine e chi fa le immagini e non si intende dei suoni. Un classico esempio (spero che non ci sia nessuno della televisione) ci viene dato dal modo con cui si fanno le trasmissioni televisive. Ci si preoccupa della piccola riflessione, della lucettina, delle lampadine, ma il suono si trascura completamente. Questi problemi verranno superati con le nuove tecnologie in cui lo strumento che fa l'immagine e il suono è lo stesso, lo stesso calcolatore. Questo centro dovrà quindi costruirsi le proprie macchine, infatti nel programma c'è scritto "costruzione di prototipi sia per il suono sia per le immagini" e sono lavori che finalmente l'università sta cominciando a capire; fare dei suoni richiede dei calcoli molto complessi. Oggi in una macchina per il suono non si parla di oscillatori, non si parla di filtro ma si parla di integrazioni numeriche, di equazioni differenziali alle derivate parziali, ma siamo ancora molto lontani. Dicevo quindi che l'industria italiana è poco preparata per queste cose. Forse qualcuno dell'Università potrebbe intervenire.

Altra cosa strana è vedere come sia scomparsa dai libri l'acustica. In qualunque libro di qualche tempo fa c'era l'acustica. Oggi la gente si laurea in fisica e non sa che cosa è un intervallo musicale ecc. Quindi bisognerebbe fare un'analisi sui motivi che hanno condotto a questa omissione sia dai libri di liceo, che da quelli dell'università. Non se ne parla più. Si fa l'acustica, ma è l'acustica degli ultrasuoni ed è cosa molto diversa.

Abbiamo qui quattro persone dell'industria e vorrei sentire come vedono la collaborazione delle loro aziende con questo centro. La collaborazione sarà reciproca perché questo centro, avendo delle competenze nel trattamento numerico dei segnali, può produrre dei prototipi da industrializzare o può avere bisogno dell'industria per

molti lavori che non possono essere fatti al suo interno. Anche all'Ircam a volte si progettano delle cose che vengono, poi, fatte fuori.

Cominciamo con Basso.

Fulvio Basso

*Fulvio Basso Trading, Napoli*

La nostra è una piccola azienda che opera nel settore fotografico a Napoli.

Abbiamo realizzato un'attrezzatura elettronica per la "stampa del negativo colore". Sono qui, appunto, per portare la testimonianza di questa esperienza. Nel mercato mondiale (e qui mi riaggancio alla considerazione fatta precedentemente dal dr. Corradetti) i giapponesi come al solito, detengono la quota più alta perché arrivano a prezzi competitivi, essendo perfettamente organizzati in produzione: più aziende con prodotti differenti, infatti hanno un unico fornitore di componentistica o di semi-lavoratori o altro: cosa che comporta una notevole riduzione dei costi.

Nel campo di queste attrezzature elettroniche per la fotografia sono presenti gli americani con la Kodak, i tedeschi con l'Agfa, gli svizzeri con la Gretag e l'Italia che è tra i primi produttori al mondo di attrezzature per il trattamento del materiale sensibile a colori.

La nostra azienda è riuscita in soli 20 mesi a progettare l'unica macchina al mondo completamente digitale collocabile nella fascia media del mercato dei laboratori di sviluppo e stampa, servendosi di dieci collaboratori, di cui alcuni fissi ed altri part-time: docenti universitari e ricercatori che ci hanno trasferito le proprie conoscenze nei settori specifici sia del software che dell'hardware. Il risultato da noi conseguito è stato un fatto abbastanza nuovo perché, da quanto precedentemente riportato sulla ristretta e qualificata rosa di nomi fino ad ora presenti in questo settore, era impensabile che un'azienda con dieci persone potesse venire fuori con un prodotto di così elevato contenuto tecnologico.

Questo evento è stato possibile grazie a diverse circostanze concorrenti che, secondo me, sono alla base di una serie di valutazioni che ripropongono la piccola imprenditoria come l'alternativa valida per quello che deve essere il recupero del gap tecnologico che abbiamo nei settori di alcuni dei paesi più industrializzati. Una struttura piccola, dinamica, gestita con un criterio "ad obiettivi", ha il vantaggio di un'interazione diretta e continua tra la progettazione, la prototipazione, il collaudo dei prodotti, e la realtà del mercato.

Questo fatto ci ha permesso di ridurre sensibilmente i tempi di

progettazione tanto è vero che, dal confronto fatto con le grandi aziende, lavoriamo con tempi che sono la metà rispetto a quelli da loro mantenuti.

L'agilità delle piccole imprese è un elemento importante nella valutazione generale sulla disponibilità e sulla fattibilità di queste. È probabile che piccoli imprenditori siano degli individualisti ma, secondo il mio avviso, ci sono delle matrici storico politiche che determinano questo stato di cose: le piccole imprese del Sud sono state in passato abbastanza trascurate ed in qualche caso abbandonate a se stesse.

La nostra determinazione, la nostra volontà e il nostro impegno che hanno comportato un investimento finanziario notevole con indebitamenti personali e con una serie di problematiche di ogni tipo, hanno trovato lo scetticismo, l'ironia, la superficialità delle strutture e in particolare delle strutture finanziarie non solo dello Stato ma anche delle banche. Abbiamo riscontrato un dato: se avessimo costruito degli alloggi, delle ville al mare, immediatamente avremmo avuto finanziamenti di ogni tipo!

Al contrario, le idee, la volontà di fare, la volontà di mostrare al resto del mondo che nel settore fotografico e non solo in quello, siamo noi italiani i giapponesi dell'Europa, al contrario dicevo, queste volontà "concrete" non sono state premiate.

La mia testimonianza, a dire il vero, ha un pizzico di polemica, del resto giustificata dal fatto che, nonostante l'investimento di oltre un miliardo e mezzo per la realizzazione di questi prototipi, nonostante il consenso registrato in tutto il mondo su questi prodotti, siamo costretti a vendere i progetti al Nord.

Gli imprenditori privati del Nord, come al solito, si sono resi conto del business: hanno investito, acquistando i progetti ed impegnandosi sia finanziariamente che tecnicamente per l'ingegnerizzazione definitiva. La considerazione più amara, comunque, è che il risultato di tanto impegno è passato dalle mani dell'imprenditoria del Sud a quelle dell'imprenditoria del Nord. È un fatto estremamente negativo, inconcepibile, visti gli sforzi ed i risultati positivi ottenuti.

Pensiamo, con un momento di profondo scoramento a quei 150 tra ingegneri, periti elettronici, periti informatici, che avrebbero trovato lavoro nella loro terra in una fabbrica piccola sì, ma di notevole contenuto e di grandi potenzialità.

Comunque, sono convinto che gli imprenditori del Sud hanno la volontà e l'interesse ad avere contatti con adeguate strutture per poter beneficiare di quelli che sono i risultati della ricerca scientifica ad alto livello.

Questo, nella mia piccola azienda, è un fatto voluto da me come

scelta imprenditoriale, in quanto, sebbene abbia una certa competenza di marketing – me ne sono occupato in Italia ed all'estero per molti anni – ed una conoscenza del settore fotografico in particolare, mi sono reso conto che queste professionalità e questo intuito commerciale non erano sufficienti per poter ottenere dei risultati di grossa levatura.

Ho, quindi, affidato a uomini di notevole preparazione scientifica il compito di interfacciarsi con noi; ho gestito personalmente l'interazione fra la ricerca e la nostra piccola realtà in particolare. E, quindi, concludo col ribadire che questa interazione è una cosa che vedo con estremo interesse e per la quale do la mia completa disponibilità.

### Giuseppe Di Giugno

Vorrei fare una domanda a Savarese della Texas Instruments, una domanda precisa. Quando voi avete fatto il "320" (per i non specialisti, il "320" è un circuito integrato, uno dei primi circuiti integrati, con cui è possibile, con pochissimi accessori, risolvere delle piccole questioni differenziali o, come si chiama, il trattamento del segnale), voi pensavate al grosso successo che ha avuto nel campo dei suoni, per esempio, o no? o forse l'avreste fatto diverso?

### Giuseppe Savarese *Texas Instruments, Rieti*

Rispondo subito a questa domanda, e poi mi riallaccio al tema principale della questione. Quando abbiamo realizzato questo circuito, il 320, ci siamo rivolti principalmente al settore delle telecomunicazioni, in quanto oggi giorno, ed è prevedibile in misura sempre maggiore nel prossimo futuro, questo è un campo in cui si fa un largo uso di tecniche digitali (alla RAI dovrebbero essere al corrente di questo fatto). Lo sviluppo del 320, e di altri prodotti che sono seguiti non è stato sollecitato dalle possibili applicazioni musicali.

Vorrei ora cogliere l'occasione per spiegare qual è la posizione della Texas Instruments, una multinazionale che ha un fatturato annuo di circa 5 miliardi di dollari, di fronte ad un'iniziativa di questo genere. Innanzitutto occorre fare una distinzione. Abbiamo parlato in questo convegno di un lato artistico e di un lato industriale. Per quanto riguarda il lato artistico, devo dire che noi non siamo interessati a questa iniziativa, anche se personalmente, per le mie inclina-

zioni culturali ed artistiche, sono favorevole. Al contrario, dal punto di vista industriale, noi siamo interessati nella misura in cui da questo centro potrà venir fuori qualche cosa che ci aiuti in questa lotta contro l'industria giapponese, di cui abbiamo tanto parlato in questa tavola rotonda.

Vediamo adesso quali sono gli ingredienti che devono essere presenti in una iniziativa del genere per poter destare l'interesse di una società quale la Texas Instruments. Essenzialmente occorre avere alcune idee innovative e geniali. Bisogna trovare nel campo della generazione di suoni e delle immagini, idee del tipo di quelle dell'ing. Basso. È poi necessario che queste siano alla fine realizzabili industrialmente, cioè è necessario che diano luogo ad un'intera gamma di prodotti. Si può ad esempio pensare che fra 5-6-10 anni esisteranno dei sintetizzatori molto complessi e ad un prezzo abbastanza economico. Le tecniche per arrivarci non sono ancora note e vanno scoperte (oggi esistono delle tastiere che si vendono a 200-300 mila lire e che sfruttano tecniche impensabili fino a 15-20 anni fa). Quindi, se queste tecniche e queste idee, generazioni di nuove macchine, nuove apparecchiature, *soft* e *hardware*, possono portare ad un volume di produzione consistente, allora sì, noi siamo effettivamente interessati. In questo caso, comunque, dovremmo quantizzare, cioè dovremmo effettivamente metterci insieme intorno ad una tavola, forse un po' più ristretta e vedere quali sono i progetti che possono portare ad un risultato industriale. Occorre avere in mente sempre il fatto fondamentale che dobbiamo arrivare a dei risultati pratici con i quali far nascere possibilmente nuove industrie o nuovi settori, come nell'esperienza descrittaci prima dall'ing. Basso. Se ci sono delle idee che sono talmente buone da poter arrivare a questo punto, allora sì, il discorso si apre. Questo ente ha come finalità la creazione di prototipi e non quella industriale di costruire le macchine, — questo è quanto scritto nel suo programma — ma io penso che, anche in questo caso, si debba operare con la consapevolezza di dover poi, alla fine, industrializzare e quindi, con un contatto stretto con l'industria degli strumenti musicali elettronici, in particolare quella nelle Marche, che attraversa difficoltà proprio perché non è mai stato fatto un discorso di questo genere in maniera sufficientemente profonda. La capacità di auto-finanziamento di questa industria è senz'altro sufficiente per affrontare un problema grosso come questo. Noi invece, i finanziamenti li abbiamo, cioè abbiamo la possibilità, se l'idea è veramente buona, di contribuire. Però dobbiamo distinguere non ci interessa il prototipo finalizzato nel campo puramente artistico che permette la generazione di suoni bellissimi, utilizzabili dal musicista per realizzare un'opera: non ci interessa semplicemente perché non è

nel "goal" che noi abbiamo. Invece, se c'è qualche idea "industrializzabile" veramente innovativa che vogliamo portare avanti insieme ben venga: siamo disponibili.

### Giuseppe Di Giugno

Volevo continuare ad interrogare gli industriali. Quindi, continuiamo con il prof. Corti.

Eugenio Corti  
T&T, *Napoli*

Grazie, prof. Di Giugno per la presentazione e per avermi dato la parola. Ringrazio anche gli organizzatori che così cortesemente mi hanno invitato a partecipare a questa tavola rotonda così interessante. Vorrei preventivamente scusarmi per quello che dirò, perché, purtroppo, non avendo potuto partecipare alle prime fasi del Convegno, sono poco informato sul Centro di cui si parla; tanto meno mi ritengo esperto di musica e di immagini. È probabile, quindi, che le cose che andrò a dire non siano quelle che ci si aspetti in questo Convegno. Spero, comunque, di poter godere della vostra benevolenza.

Parlo dal punto che in qualche modo è stato posto sul tappeto dall'ipotesi, molto concreta mi pare, della costituzione di un'organizzazione, di una struttura con certe finalità appunto il Centro di cui stiamo parlando. Naturalmente, già questo può bastare per stimolare il mio interesse sulla base della mia esperienza che sto sviluppando da qualche anno in una società, la T&T di cui sono il Presidente, che si interessa di problemi di supporto allo sviluppo di organizzazioni innovative. Da questa ottica cercherò di fare alcuni commenti, sperando di suscitare il vostro interesse.

L'intervento che noi facciamo è di supporto – come dicevo – alle direzioni di aziende – piccole, medie e grandi – per ciò che riguarda l'individuazione delle loro possibili linee di sviluppo. Allora vorrei partire individuando una triade come si suol dire, di ingredienti che sono indispensabili per lo sviluppo reale di un'organizzazione innovativa.

Certamente, il primo ingrediente – forse il principale – è proprio quello delle idee. Poco fa l'ing. Savarese diceva delle cose molto giuste al riguardo. Ci aggiungerei senz'altro il secondo ingrediente, che è quello delle risorse, facendo riferimento in particolare alle risorse

umane intese in senso sia qualitativo sia quantitativo. Su questo ritornerò alla fine del mio intervento. In fine il terzo ingrediente, che è quello delle strategie di sviluppo.

Ora, per ciò che riguarda le idee, o i contenuti, mi pare di capire che l'iniziativa abbia due aspetti messi in evidenza da qualcuno che mi ha preceduto. Il primo fa riferimento in qualche modo, come contenuto all'area dello spettacolo. L'altro, sul quale vorrei soffermarmi più approfonditamente, riguarda le imprese. Qui occorre fare un'osservazione. L'interesse dell'industria può essere di tipo verticale – uso questo termine per cercare di dare un'immagine di quello che sto dicendo – come indicato prima dall'ing. Savarese quando affermava "l'industria potrebbe essere interessata a ingegnerizzare idee o prototipi che possono venir fuori da questo settore". Questo mi sembra anche molto interessante e perciò mi associo senz'altro all'osservazione fatta dallo stesso "però, attenti! Bisogna fare delle valutazioni molto precise sulla validità economica di un'operazione di industrializzazione, un'idea può essere apparentemente molto bella, molto brillante, ma risultare commercialmente poco utile e, quindi, poco interessante dal punto di vista industriale". Questo mi pare un punto molto interessante sul quale si può certamente ragionare.

Poi esiste – e sto schematizzando il discorso – un altro aspetto che potrebbe interessare le industrie, che è quello della fornitura di servizi, o di strumentazione di tipo orizzontale. Mi riferisco, in particolare, a quelle organizzazioni, a quelle aziende che desiderano utilizzare nuove tecnologie per contenere sia i costi relativi alla gestione delle proprie informazioni, sia il tempo necessario ai *managers* per la elaborazione delle stesse. È questo un problema estremamente pressante per cui mi sembra si possa suggerire, come campo di ulteriore ricerca, l'analisi delle possibilità che le nuove tecnologie del suono e dell'immagine possano in qualche modo determinare per una gestione più efficace, più sintetica, più in tempo reale delle informazioni più significative.

Vorrei passare, adesso, al punto che mi ero prefisso di toccare e cioè quello della strategia e della struttura, terzo elemento di quella triade a cui facevo riferimento prima. Direi che quando si decide di mettere su un'organizzazione che vuol essere innovativa il primo punto cruciale da affrontare – forse determinante – è quello di definire molto bene che cosa si vuole essere, qual'è la propria missione. Su questo punto si potrebbe discutere a lungo. Qui voglio semplicemente dire che è molto importante capire se si vuole essere un Centro di ricerche o un'organizzazione che introduce nuove tecnologie in un sistema economico ed industriale. Questa schematizzazione è molto importante perché non si può essere contemporaneamente l'uno e

l'altro. Qualche volta, nel passato, si è pensato che i migliori trasferitori di conoscenza tecnologica fossero chi generava, chi produceva conoscenza. Oggi si sa che questo non è vero: o si è generatori di conoscenza o si è trasferitori, diffusori di conoscenza. È difficile che un'unica organizzazione possa essere contemporaneamente le due cose. Quindi, a me sembra che un punto cruciale è quello di capire se il Centro che si vuole costituire vorrà essere un Centro di ricerche oppure un Centro di diffusione delle nuove tecnologie tralasciando di volere essere una organizzazione pubblica o privata, perché ciò è irrilevante.

La cosa importante è avere chiara la missione che questa organizzazione deve compiere. Stabilito questo, occorre chiarire, con uguale enfasi, chi è la propria committenza, perché si svolge quella missione, per chi la si svolge. Qui, ancora una volta, ricordo il discorso che faceva l'ing. Savarese, dicendo che un possibile committente potrebbe essere, appunto, la sua azienda, qualora valutasse conveniente utilizzare un prodotto, un servizio di questo centro. È un esempio. Non è l'unico probabilmente, però è un esempio. La cosa importante è sapere qual è il proprio mercato. So che, usando questo termine, sicuramente qualcuno dei presenti - anche io sono un accademico, quindi conosco questi problemi - storcerà un po' il naso, dicendo: "ma, il mercato ... non ci appiattiamo sul mercato". Ecco, questo è il vecchio slogan che circolava, e che spero non circoli più, nelle università, e che intende dire che la ricerca è una cosa sublime ed il mercato una cosa volgare perché tratta con i soldi. Io non sono affatto d'accordo su questa affermazione. Io credo che un'organizzazione innovativa è veramente tale se riesce a coniugare le sue idee, le sue risorse di tipo tecnico-scientifico con quelle di tipo Commerciale, con la c maiuscola. Infatti, se una struttura pubblica non ha tutti questi ingredienti messi insieme, corre il rischio di diventare, come tante altre che noi conosciamo, ente assistito, in cui non si fa più ricerca di base o ricerca applicata ma si svolge quella che qualche collega ha chiamato in altre occasioni "la ricerca inutile". Se, invece, è una struttura privata che non sa darsi questi ingredienti nei termini che dicevo, corre il rischio di fallire. È chiaro infatti che all'inizio può trovare capitali pubblici o privati che possono aiutarla a svilupparsi, ma poi, se questa organizzazione non ha la capacità di camminare con le proprie gambe, corre il rischio di esaurirsi.

Io non dò, ovviamente - non sta a me farlo - nessuna risposta a questi interrogativi, ma credo che questi siano problemi centrali per qualunque organizzazione che vuole essere innovativa, e quindi in particolare mi sembra debbano interessare la struttura di cui si parla

in questo Convegno.

In conclusione, nell'ipotesi che questa sia la strada che si vuole percorrere, cioè se questi problemi da me sottolineati in maniera molto schematica e molto semplice troveranno una giusta risposta, nel senso che si condivide questa mia preoccupazione per il futuro e si voglia creare un'organizzazione veramente innovativa che stia cioè sul mercato, mi dichiaro fin da oggi molto interessato, sia come individuo che come società, a valutare le possibili forme di collaborazione per il futuro. Grazie.

**Giuseppe Di Giugno**

Lei ha toccato un punto abbastanza delicato; non so se il dr. Turco può rispondere subito alla sua domanda: sulla natura di questo nuovo centro. Quello che posso dire io è che non sono d'accordo con la sua affermazione sui rapporti tra ricerca e mercato. A volte, quando si fa ricerca, bisogna disinteressarsi del mercato. Mi spiego con un esempio concreto. Quando in Francia è stato realizzato il sistema "4X" a tutto si è pensato tranne che alla validità commerciale dell'operazione. Si è fatta della "ricerca pura" ed è da questa che a volte può nascere qualcosa di positivo. Se fosse stata fatta un'inchiesta di mercato preventiva "quanti ne vendiamo, quanto costano", il sistema "4X" non sarebbe mai nato. Di questo è la prova la difficoltà che stiamo incontrando nella realizzazione di una nuova macchina. Lo Stato non ci darà i soldi fin quando non riusciremo a dimostrare che alla fine recupererà i soldi investiti. Ecco, quindi, secondo me – io sono un ex universitario, un ex ricercatore universitario – quando si fa una ricerca d'avanguardia non si insegue mai un'utilità immediata. Adesso la parola al dr. Turco.

**Carlo Turco**  
*Iasm, Roma*

Io volevo solo dire che, in effetti, nel modello che noi abbiamo assunto per il Centro e che, ripeto, è stato formulato sulla base di un'analisi abbastanza vasta di opinioni, pareri – anche contrastanti – non è presente una netta dicotomia tra ricerca e diffusione.

Direi che, la convinzione che ci eravamo fatti semmai è che, dando per scontato che la strategia di inseguimento di certi tipi di situazioni a tecnologie avanzate, di dominio commerciale e tecnologico del mercato, non pagano e non possono pagare, le uniche possibi-

lità di arrivare a definire delle innovazioni che abbiano una capacità autonoma e quindi anche originale di imporsi, risiedono proprio nell'evitare questo strano iato che dovrebbe esserci tra chi genera le conoscenze, chi le trasferisce e chi ne fruisce. Noi ci siamo prefissi qualche cosa in cui, al contrario, si dovesse enfatizzare ed esaltare l'interazione fra chi fruisce e chi genera conoscenza, in modo che, appunto, non ci fosse un generatore attivo di conoscenze e un fruitore passivo.

Se non esiste una reale e sviluppata interazione tra queste due figure si hanno quei tipi di successo, anche commerciale, che però poi sul medio-lungo periodo risultano effimeri: cioè il successo di chi, avendo inventato una serie di cose, avendo generato innovazioni, riesce – e questo è un mestiere legittimo, che si può fare, ma sul quale non crediamo si possa fondare un reale sviluppo – ad imporle poi in applicazioni diverse da quelle originarie, sfociando, lo ripeto, nel disinteresse. Qualcosa del genere, – proprio per rimanere nell'attuale, per non rifarmi a campi che potrebbero essere storici – si comincia a sperimentare oggi negli Stati Uniti dove l'"home computer", cioè un prodotto imposto, quasi sulla via del consumismo, per certi usi di carattere familiare per i quali non serve, già comincia a conoscere momenti di crisi.

D'altra parte, per noi era importante – ripeto – questo tipo di legame. Senza questo legame, io credo che noi saremmo destinati a fare un centro ripetitivo di esperienze passate, cioè un centro che non riesce, appunto, a "piazzarsi" sul mercato. Inoltre vorrei dire – e questo a titolo puramente personale – che io non credo che il mercato sia un qualche cosa che è sempre dato e definito. Il consumatore non è qualche cosa di prestabilito. La domanda, il mercato, sono cose che si creano nel tempo. Io mi rendo conto che una grande industria, che basa il proprio successo su produzioni di massa, non si può porre il problema di ricercare quelle modifiche del mercato, del consumo a medio e lungo termine, che altereranno le regole del gioco. Mi rendo conto che questo non è il suo mestiere. Però, poi, queste industrie spesso sono nate sulla spinta anche di stimoli a loro esterni e che si sono affermati in questo modo. In altre parole, voglio dire che avere presente il mercato è una questione vitale ma che non ci si può confinare a quello che è il mercato attuale come lo si conosce, o come si crede di conoscerlo, ipotizzando che resti sempre uguale a se stesso. Abbiamo troppi esempi sotto mano in cui non è così. Io non credo, per esempio, che forme che potrei chiamare di artigianato specializzatissimo e avanzatissimo – tecnologie avanzatissime – che hanno degli sbocchi oggi e che non si prestano alle produzioni di massa, facciano parte di un mercato che debba

essere per qualche motivo trascurato. Mi sembra che, fra l'altro, la testimonianza che ci è stata portata dall'ing. Basso oggi, dimostra proprio che ci sono settori in cui non è la produzione di massa in sé ma l'avere produzioni estremamente specializzate che permette di trovare un mercato. Questi prodotti che hanno carattere innovativo, io credo, ci interessano così come per altri aspetti ci possono interessare produzioni di massa. Grazie.

Giuseppe Savarese  
*Texas Instruments, Italia, Rieti*

Io sono stato chiamato in causa, quindi mi sembra di dover rispondere. Forse sono stato interpretato male. Noi alla Texas Instruments non abbiamo come un'unica finalità quella di produrre a breve termine, e prova ne è il fatto che noi abbiamo un centro di ricerche che si trova a Dallas, il quale ha l'incarico di pensare quello che sarà il futuro fra 10-15 anni. Noi stiamo lavorando ora, in questo momento, su idee che probabilmente avranno un'attuabilità sul mercato del 10%. Questa ricerca avanzata, in realtà, è radicata nella nostra cultura. Non è vero che noi dobbiamo necessariamente mirare al mercato di oggi. Ho detto: "troviamo qualche idea innovativa che, almeno sulla carta, dia la possibilità di dire: se realizziamo – e qui possiamo aspettare anche 3-4-5 anni, perché non abbiamo fretta – potremmo aggiungere alla produzione in questo caso siamo interessati". Ma se deve essere una ricerca astratta ... a volte il mercato si crea perché c'è un'idea nuova. Non sempre uno può dire: questa è una tastiera elettronica, facciamola più piccola e a basso costo, non sempre c'è un obiettivo ben chiaro. A volte, uno deve lasciar spaziare la fantasia per ottenere un'idea rivoluzionaria. Però, una direttiva, che è quella di poter realizzare qualche cosa che sia infine producibile, ci deve essere. È fondamentale. Che poi l'idea prenda diverso tempo, diversi anni per svilupparsi, che sia difficile, che vada provata perché non si è sicuri, entra nella nostra filosofia e strategia. Ripeto quindi che l'iniziativa in questione almeno sulla carta, debba dimostrare un potenziale innovativo completamente nuovo, completamente rivoluzionario e possibilmente permettere la nascita di nuove industrie. Vorrei fare un esempio. Vent'anni fa probabilmente nessuno pensava di adoperare il *laser* per leggere il "*compact disk*". Quando qualcuno ha avuto l'idea, ha capito che immagazzinando sul disco digitale milioni di "bit" d'informazione avrebbe rivoluzionato il mercato del disco. Se c'è qualcosa che sulla carta ha un potenziale di questo tipo, allora nasce un discorso interessante. Devono essere,

quindi, dei progetti finalizzati, dei progetti ben chiari, dei progetti che, anche se hanno una dose di rischio altissima, siano finalizzati verso lo sviluppo di produzione. Ho chiarito, penso, il mio concetto.

### **Giuseppe Di Giugno**

C'è da aggiungere che certe ricerche che si fanno oggi, secondo me, sono validissime, anche se il mercato non si conosce. Un esempio: il calcolatore da un miliardo di operazioni al secondo. Non so qual è il mercato, ma sicuramente è una ricerca che impegnava molti studiosi e che arriverà a termine, diciamo, fra 5-10 anni. Quindi chi oggi si mette a progettare un calcolatore da un miliardo di operazioni al secondo, non credo abbia il bisogno di "fare il mercato" prima. Bene, proseguiamo. Ci sono ancora altre quattro persone. Poi, in ogni caso, facciamo un altro giro. Ecco, abbiamo visto che un istituto così deve appoggiarsi assolutamente all'università, sia per gli studenti, sia perché le cose da insegnare sono simili a quelle che si apprendono all'università. Quindi, vorrei chiedere al prof. Strolin e al prof. Silvestrini cosa pensano di quanto stiamo dicendo.

### **Vittorio Silvestrini *Università di Napoli***

Entro volentieri nel merito della discussione che si sta facendo, cioè il problema del rapporto fra la ricerca e l'industria e il problema del trasferimento. Io credo, intanto, che sia semplicistico dire che il problema del trasferimento sia un problema che riguarda i rapporti fra ricerca e industria, soprattutto fra ricerca e grande industria. Vediamo che molte contraddizioni escono se accettiamo fin dall'inizio nella ricerca i vincoli posti dalle grandi industrie; soprattutto in un paese come il nostro, dove le industrie sono o multinazionali che i centri di ricerca li hanno, ma li hanno a Dallas, oppure sono industrie nazionali, interessate soprattutto a sviluppare un'innovazione di processo, e assai poco attente, invece ad un'innovazione del prodotto. Diverso è, infatti, il caso quando parla la piccola industria perché, non essendo interessata — come è invece la grande industria — ad aumentare la produttività a parità di mano d'opera o, addirittura, a parità di produttività diminuire la mano d'opera, sta cercando di innovare i prodotti. Quindi, io credo che questo centro di ricerca debba essere molto attento alle domande poste dalle piccole aziende che sono, secondo me, una delle grandi risorse del Mezzogiorno. Io

credo, comunque, che il discorso debba essere allargato un po' di più, cioè che questo centro, se vuole camminare con le sue gambe, anche mentre sta facendo cose molto proiettate in avanti e molto innovative deve – secondo me – continuare incessantemente a colloquiare e valorizzare altri tipi di risorse che ci sono nel Mezzogiorno ed in particolare qui a Napoli. Recentemente infatti, ho avuto modo di conoscere un poco, per questioni, diciamo, personali, l'ambiente della musica napoletana e della musica leggera (anche se questo termine non è appropriato perché molto spesso, è una musica che poi arriva ad essere leggera dopo, ma su basi culturali molto profonde ...). Ecco, io so che in questo momento a Napoli c'è un'enorme quantità di risorse potenzialmente produttive e che tali non diventano perché, esattamente come ci diceva l'ing. Basso, sono costrette ad andare a cercare "l'imprenditore del Nord quando si vuole industrializzare un prodotto, e lo si vuole sviluppare ..." (ho trovato molto interessante il fatto che anche la fase di ricerca diventa, se condotta insieme fra il tecnico e l'artista, diventa un momento di valorizzazione anche della produzione)". Tanti musicisti napoletani sono costretti ad andare, bene che vada, a Milano, molto spesso a Francoforte o a Londra. Ecco che, allora, questo tipo di funzione – secondo me – può averla il laboratorio proposto dallo IASM, anche e soprattutto mentre sta sviluppando degli strumenti di grande innovazione, prodotti che non interessano oggi la Texas e che forse non entreranno nei suoi piani, né fra 10 anni, né fra 20 anni né mai. Non importa! Se lo strumento che dice Peppino Di Giugno, cioè uno strumento che sa dare nuova voce a certe risorse che ci sono in quel di Napoli, viene realizzato, ben venga anche se unico, anche se come prodotto industriale non avrà mai nessun mercato. Non solo, ma ben venga anche il momento dello spettacolo. Cioè, secondo me, nel momento in cui si riesce a fare spettacolo, vuol dire che si riesce a trasformare in risorse produttive, in benessere – chiamatelo come vi pare – qualcosa che con l'industria non ha niente a che vedere, ma il discorso è completamente rovesciato, ha a che vedere con la valorizzazione di potenzialità inespresse. Ecco, io credo che questa deve essere la chiave di lettura, la costante, di questo laboratorio. Su questa strada, puoi dare per scontata la disponibilità dell'università, per lo meno dei presenti, a collaborare pesantemente.

Giuseppe Di Giugno

Grazie. Passerei ora la parola al Prof. Strolin.

Paolo Strolin  
*Università di Napoli*

Le attività di un universitario devono servire sia alla ricerca che alla didattica. Nel mio gruppo di ricerca, per esempio, vi sono due-tre laureandi, e tre o quattro ricercatori, con i quali effettivamente facciamo ricerca e didattica allo stesso tempo.

Questa è l'ottica universitaria. È chiaro che affrontando questa discussione, mi si impone di capire il possibile ruolo dei gruppi universitari.

Piuttosto che considerare direttamente come l'università possa collaborare con il centro in discussione, vorrei presentare mie esperienze concrete, relative alla partecipazione con un gruppo universitario a ricerche che si svolgono in grandi laboratori specializzati, quali il CERN di Ginevra; suppongo che se invece del CERN si trattasse di un centro di ricerca, ad esempio spaziale, sarebbero valide simili considerazioni. Un grande laboratorio ha come scopo la realizzazione di strumenti e grandi progetti di ricerca. Questo porta a certe similitudini con il problema di ricerca e mercato a cui si è accennato in interventi precedenti: vi è un fine ben circoscritto, cioè arrivare a costruire una certa attrezzatura o soddisfare certe esigenze di mercato.

Come si pone un gruppo universitario nel condurre esperimenti nell'ambito di questi laboratori? Ha meno mezzi, perché quelli più consistenti sono collegati alla realizzazione materiale del progetto, e ha il piacere e il dovere delle funzioni didattiche: ogni problema affrontato deve avere un contenuto culturale valido per la formazione e promozione culturale di un ambiente formato da studenti e ricercatori. Mentre tuttavia un ingegnere o ricercatore del CERN non può troppo allontanarsi da quanto strettamente necessario per la realizzazione del progetto, noi pur avendo meno mezzi abbiamo più libertà nella scelta del nostro obiettivo di ricerca: siamo anche liberi di scegliere un obiettivo di ricerca che non porti con certezza ad applicazioni pratiche, il risultato importante essendo, già per se stesso, il progresso della conoscenza e la promozione culturale. Se il nostro laureando nella sua tesi arriva a un risultato che non è direttamente applicabile, ma la ricerca è stata culturalmente valida, avremo comunque formato un buon laureando. Questo ci pone in una posizione complementare a quella di un ricercatore di uno di questi grandi centri; essa ci permette di esplorare zone che chi è strettamente vincolato ad un progetto non può avvicinare.

Spero con questo di avere contribuito a chiarire quale può essere il ruolo degli universitari in laboratori finalizzati. Penso che un simi-

le ruolo sia proponibile per un centro come quello di cui stiamo discutendo. Questo implica che gli universitari non lavoreranno necessariamente su tutte le ricerche del centro. Lo potranno fare per quelle che presentano un contenuto in termini di cultura scientifica e tecnologica che sia di rilievo anche dal punto di vista didattico e formativo.

### Giuseppe Di Giugno

Vediamo ora cosa ne pensa il mondo dell'editoria; darei quindi la parola al Dr. Canavese.

### Filippo Canavese

*Jackson, Milano*

Buongiorno, sono Filippo Canavese, responsabile delle Pubbliche Relazioni del Gruppo Editoriale Jackson S.r.l.

Desidero anzitutto ringraziare gli organizzatori del Colloquio di Informatica Musicale, giunto quest'anno alla sua Sesta Edizione.

Il Gruppo Editoriale Jackson, come sapete, non è un editore musicale propriamente detto, sebbene, tra le proprie riviste ne annoveri una dedicata agli strumenti musicali.

La sua fama è, piuttosto, derivante dall'esser stato il primo in Italia ad aver intuito uno spazio crescente per l'editoria dedicata alle applicazioni delle tecnologie digitali, di cui il personal computer è certamente la più eclatante.

Scopo di questo mio breve intervento è appunto quello di sottolineare, traendo esempi dalla nostra storia editoriale, come in realtà la diffusione dell'home e del personal computer abbia contribuito in modo determinante ad una "riscoperta" della musica (e dell'immagine, sebbene la musica sia l'oggetto specifico di questa mia comunicazione), ponendo le basi per la diffusione di massa di una nuova cultura musicale. Benvenute, dunque, le tecnologie digitali, tanto per risarsi al tema iniziale di questa tavola rotonda.

Un approccio decisamente ottimistico, comunque, confortato da alcuni riscontri oggettivi.

Quando dico "diffusione della musica e della cultura musicale" non mi riferisco all'ascolto (che abbraccia una sfera completamente diversa) ma piuttosto alla musica *suonata*, al suo apprendimento individuale.

Dobbiamo anzitutto ricordare il boom di tutti gli anni Sessanta e

della prima metà degli anni Settanta, in cui saper suonare (in quel caso soprattutto la chitarra) faceva parte di uno stile di vita, di un atteggiamento giovanile tipico dell'epoca.

Con la crisi di tali valori, che attraversa la seconda metà degli anni Settanta, mi sembra di poter leggere una crisi di riflesso anche nel modo di fare musica legato a quella cultura.

L'inizio degli anni Ottanta è legato a valori completamente nuovi e diversi. In parte, anche, favoriti dalla cosiddetta rivoluzione informatica. È opportuno ricordare subito la necessità di non ricadere in certi luoghi comuni, legati a teorie che in un certo modo "mitizzano" l'informatica.

Noi possiamo farlo proprio perché, all'interno del nostro Gruppo Editoriale, conosciamo bene sia la materia sia il pubblico che, a differenti livelli, si rapporta all'informatica che coincide in sostanza con i lettori delle nostre riviste.

Possiamo infatti evidenziare alcuni dati oggettivi, che danno il senso di riferimento preciso, da tener presente quando mi riferisco a "rivoluzione informatica". In Italia sono installati circa un milione di Commodore 64, circa 300.000 Sinclair Spectrum, oltre a tutti gli altri modelli di home computer (MSX, ad esempio). In sostanza un milione e mezzo di macchine; ciò significa che un milione e mezzo di famiglie posseggono un home computer.

Il Commodore 64, soprattutto, si presta moltissimo, per la circuiteria elettronica che possiede, alla sintesi di frequenza (e quindi all'emissione di note musicali).

Grazie all'abbattimento fortissimo dei costi, che ha determinato la diffusione di home computer così potenti per poche centinaia di migliaia di lire, e alle caratteristiche particolari di uno "Strumento" come un home computer, che si presta ad esercitare una forte interattività con l'utente, possiamo affermare che, in modo assolutamente diverso rispetto ai canali tradizionali, si è in realtà diffuso in Italia, uno strumento musicale completamente nuovo, capace, insieme, di suonare e di insegnare a suonare, ad un prezzo decisamente basso.

Ricordo qui, solo per dovere di cronaca e come prova dell'assunto che intendo dimostrare, che un corso di musica, diffuso dal Gruppo Editoriale Jackson ad un prezzo molto basso, attraverso il canale di distribuzione più capillare possibile (l'edicola), che nel suo primo fascicolo conteneva una tastiera con due ottave e il relativo software di gestione, ha fatto registrare un volume di vendita di circa 110.000 copie (primo fascicolo). Per non parlare della rivista "Strumenti Musicali", che è stata letteralmente rivitalizzata dall'introduzione di una sezione fissa (l'inserto Bit Musica), dedicata alla pubblicazione di programmi per home computer riferiti alla musica.

Si può quindi decisamente affermare che, nel settore "famiglia", la microinformatica musicale abbia potenzialità notevoli e, a mio giudizio, in parte ancora inespressa. In più è necessario aggiungere che lo sviluppo di tutto questo software è italiano: cosa non da poco, se si tiene conto che la maggior parte dello sviluppo software per home computer (soprattutto i giochi) è straniero.

In altre parole, secondo noi, la scommessa si può vincere se, a fronte di questa fortissima domanda spontanea che anche noi abbiamo certamente riscontrato, si innesta un'offerta editoriale, di software, musicale (in senso più generale: *culturale*) che a fronte di questa enorme base installata faccia riscontro con un prodotto italiano, impostato su notevoli standard di professionalità, che permetta, sia nella musica sia nell'immagine, di raggiungere risultati di livello, di fatto facendo crescere l'utenza da un punto di vista qualitativo. Di più non vorrei aggiungere, anche perché, in quanto editore, siamo una società che per sua stessa definizione è ... "in cerca di autore", per poi diffonderne industrialmente i prodotti.

In questa luce, mi sembra che il progetto *Suono e Immagine*, per quanto si collochi in un'ottica evidentemente diversa da quella "di massa", descritta nel mio intervento, ponga comunque le basi per creare poi effetti di "ricaduta" positiva anche sul mercato, sull'utente finale, favorendone, ovviamente, la crescita culturale in termini di rapporto sempre più dinamico con i risultati delle nuove tecnologie. Il che è poi, in fondo, lo scopo ultimo di ogni lavoro di ricerca.

### Giuseppe Di Giugno

Bene, abbiamo sentito il parere di quasi tutti, e si può dire che più o meno vi è un accordo generale intorno a questo centro. Adesso il dott. Jean Pierre Armand potrà illustrare le difficoltà che si incontrano nel realizzare un'iniziativa di questo tipo.

### Jean Pierre Armand TNA, Parigi

Based on my personal experience at IRCAM, I would like to speak about the relationship between the industrial world and other research centers using high technology. The relation can be placed at several stages of the life of research center. The two first stages are the construction and the equipment of the research center. At that stage a lot of fruitful relationships can be developed between the

research center and the industrial world. But, I don't think that today we have to speak about the stage even if my personal experience demonstrates that using piece of equipment, buying piece of equipment, leads naturally to contact people who produce these equipment, leads to a knowledge of these technologies, and leads to natural communication between high level researchers, and then with the market of these products. The first stage is the valorisation of the time in which some products have been imagined or some research has been developed in a research center, and then they are transferred to the world of industry.

At that level I would like also to do a classification between research centers.

The first class are the institutions which are not producers of technologies but users of technologies. This class corresponds much more to the acoustic studios which buy equipment from the market, integrate and then produce music and correspond to a lot of production studios. They are not very interested in the relation with industry because they are just buyers of technology and their only added value on materials, is less an intellectual value than a cultural and artistic value.

What is much more interesting for us is the producers of technology.

Most of the equipment which are on the market have some limitations and musicians first and scientists too are willing to go beyond what is on the market.

This means that this people are naturally lead to produce new technology, new equipment. In that sense 4X machine was a perfect example of this tendency. We can also say that at that level some centers are interested in producing low level technology, this means some products much more closed to the market, much more closed to the mass-diffusion products in which there is less interest in the big power of the machine than on putting medium in small machine. These tendencies are much more closed to the needs of real industrial world of mass-production. On the other side some research center are interested as it comes for the 4X machine, to go at the shot-point of 4X the diamond, to go beyond, and my interest will be placed at the precise point.

Let's just make a short history about the 4X machine.

The 4X machine was developed as a laboratory prototype at once. It was a kind of "bricolage" as we say in France, a small production very imaginative but without any idea of use of this machine. And at the time we had to find an industrial partner because machines were there and some people were interested, but it

was very difficult to establish the contact, between what was just a prototype, just "bricolage" and these industry partners which were willing to have drawings, techniques, and a lot of documentation on the products. And it was quite a difficulty for **IRCAM** at that stage to pass the information, to establish the contact with the industrial world.

I would like also to give an information about this use of high-technology product outside the world of music. When we tried to pattern 4X, one of the partner which was opposed to 4X was related to rockets control. This means that technology we had developed at that time was really interesting in much more sophisticated techniques than the one we were thinking of.

This means that naturally the techniques developed with sounds or image have relations with other techniques. One of the reasons is that music and image are highly demanding technologies because of the van-pass which is needed in music for instance, and because of the dynamie change which is needed too. We are producing such a big number of big computing power that this computing power can be devoted, distorted to other science. But today this adventure cannot be done again because technology has changed a lot since the conception of the design of the 4X.

Today people are speaking with computering design, people are speaking with ULSII technology and these techniques which are necessary to produce this big machine, are very, very expensive. Just take an exemple: the very high-speed integrated circuit project in the United States cost 5 hundred million dollars and only development for the acoustic chips which is to be done by IBM is 17 million dollars. The smallest computer necessary for developing this kind of products cost at least 1 million francs. So none of the research center which is existing in the world can afford this means and these techniques or the specialists for developing the project.

This means that the only way to be able to run these techniques is to be able to develop stable relationship with the people who have these means, which means the industrial world. And at **IRCAM** we have been obliged to follow that way in order to be able to go beyond to the point which we are now. We want to be able to produce such techniques. But even **IRCAM** which is a big research center will not have the financial possibilities, the personal possibility to go at that level to techniques. This is true also for producing the small chips like the one we have in **IRCAM** which represent a big venture of money. This means that the contact with industry is needed and has to be developed at two levels: the first level is really an indirect one. This means that the scientists working in research institutions

have to be placed in the world of advanced technology. For instance we have a lot of contact at IRCAM with people working in radars, in digital processing, in the field of medical images and so on, but not in music, and by these contacts we gain a lot of new expertises of new ideas. Also the contact with the people of... which are really now producing digital processors give us a great deal and technical ideas in other fields. Speaking in terms of music we have learned about these techniques which are much more used on the water war, for instance, or other techniques which are very closed to military applications, and this is very natural because the military applications are really at the point of the technology.

The second level of relationship is much more direct. This means that some of the product realised by an institution can then be passed to the industrial world. But if no stable relations have been established, which means that the feed-back was produced on the research center on the techniques which are necessary to be planned at the level of the production, then it would be very difficult to pass, to do the transfer of "know-how" between the research center and the industries. I would really suggest, strongly recommend, that if some kind of product is planned to be produced then the industrial partners have to be selected and have to work together at the right beginning of the project and less it would be done completely at the time of industrialisation and it would be too expensive and the cost would be also very important in terms of time.

Let's see about the advantages and the disadvantages of such a politics.

First the advantage means that scientists and researchers will gain new experiences in other fields than musical digital processing or image digital processing or image production. They will learn about parallel field and this parallelism will give them in feed-back some knowledge very fruitful. There is also advantage in terms of reputation, image of research institutions because the researchers will be present in other place than the natural traditional places they can be placed in groups working on architectural system, v..., and so on, and the institution will have much more large field of radiation. The advantage is also on the method of working which would be closed to the one of industry and sometimes this way of work will add some rationality in the field of scientist, this means that the way they will work sometimes will be a little better, for instance they will document some information and sometimes they will not.

Now the disadvantages of that politics.

One which is very important is that the group of scientists which will be placed in confronted with the industrial world will gain inde-

pendence. And this is a difficult point especially if people are working in some musical institution where the final goal is not industry but music or image. Certain groups can be funded in producing results which are not in the final goal of institution. This means that the directions of these institutions are not very willing sometimes to see separate group to be too much independent. I say this was a disadvantage. I don't know if it is a real disadvantage, it's really relative to the position and the direction of the politics of the institutions.

Others disadvantages is that these persons, which are independent, which are high-level people, will know much more about the rest of the world. Most of the time they are confined in the own world and then they will understand that there are possible other situations outside and there is a possibility of drain, of brain-drain for these persons and they will notice this possibility now. So, in conclusion I will say that I'm personally in favour of such relationship between high research center using high-technology and the industrial world because this will make a very interesting feed-back and will establish good relationships between these two worlds which are in some way complementary.

#### Luigi Pestalozza

Io volevo tornare rapidissimamente su alcuni punti della fase industria-ricerca-trasferimento. Non vedo Silvestrini, al quale voglio esprimere tutta la mia rabbia perché ha detto, certamente meglio di me, esattamente quello che io mi proponevo di dire. Vi prego quindi di considerare il suo intervento come il mio. Sì, ha detto esattamente quello che pensavo io. Bisogna chiarire subito che questo problema del mercato ha anche un altro aspetto che vorrei richiamare. Non si tratta di pubblico o di privato – tanto più in un sistema come il nostro – perché in fondo il settore pubblico è stato molto spesso il rifugio del settore privato malandato o è stato gestito con cattivi criteri di tipo privatistico. A me pare che il problema sia l'intervento pubblico, non il settore pubblico. Questo è il punto.

L'intervento pubblico da noi è stato diretto all'assorbimento del privato che non funzionava. Per forza che poi, diventato pubblico continua a non funzionare. Scusate lo schematismo, ma mancano pochi minuti. Il problema è, quindi, l'intervento pubblico che deve fare delle scelte. Per questo io sono arrabbiato con Silvestrini; perché ha parlato di piccola e media industria dove il rapporto con la ricerca non è un'astrazione. Perché quando noi vediamo la Fiat – prendo la

nostra industria portante: sappiamo come – che da una parte, dall'80 a oggi riceve quel pacchetto di miliardi e miliardi e miliardi dallo Stato e, dall'altra, giustamente nella sua logica, va stabilendo rapporti a livello sovranazionale, non c'è da spaventarsi nella logica del sistema di cui siamo parte. Dobbiamo chiederci come le contro-tendenze, come questo non diventi poi un trasferimento reale della ricerca a Dallas, come diceva Silvestrini – totale – cioè che quell'esportazione di cervelli e importazione di prodotti non diventi un sistema definitivo. Ecco il ruolo della piccola ... noi abbiamo Regioni in Italia in cui la media e piccola industria sono state sostenute, per esempio, da sistemi cooperativi, coordinati e forme, diciamo così, di programmazione, che hanno ricevuto da parte della piccola e media industria un consenso perché c'era una ricaduta su di esse nel loro rapporto con la grande industria. Ecco dove a me interessa, collegandomi in questo, l'intervento di Basso. E anche qui la melanconia di questo rapporto Nord-Sud sempre di dipendenza, che appartiene alla nostra storia dall'unità in avanti. Ecco il ruolo dello IASM e, se mi consente Corti e anche altri colleghi, io non mi preoccupo. Dobbiamo considerare un'altra categoria che ci suggeriscono i giuristi e il diritto d'autore, quella delle opere dell'ingegno. Non dell'artista e dello scienziato: le opere dell'ingegno si unificano. Le opere dell'ingegno in qualche modo non hanno mai unificato. Non so se mi capite. Perché hanno una capacità di uscire con l'ingegno e di proporre al mercato possibilità di vie nuove, di uscite dalle proprie pseudo-logiche, per cui non è una questione di libertà dell'ingegno, di natura dell'ingegno. Se noi non capiamo la natura dell'ingegno, non creiamo – e qui lo si capisce – un centro adatto. La famosa "4X", che qui è diventato il simbolo dell'inutilità che è diventata utilissima, cioè della ricerca pura, beh è questo il suo valore, perché è un'opera dell'ingegno che appartiene al mercato dell'ingegno, se mi consentite questo paradosso. Dopo di che il mercato e pseudo-mercato, nel senso del prodotto industriale che ne deriva, può derivarne o meno, perché ci sono scoperte che aspettano magari un secolo, comprese quelle musicali ma non diversamente quelle scientifiche, ricerche prima di trasferirsi alla produzione perché la storia ha preso altre vie. Ecco l'importanza qui, ma ecco, però – e chiudo – l'importanza di un centro che – e io lo sottolineerei con forza – trovi con questa piccola e media industria – di cui abbiamo un esempio al tempo stesso, mi consenta, un po' enfaticamente esaltante e anche melanconicamente, appunto, esemplare – un contatto. Quello che io dicevo prima: perché sorge qui questo IASM? Beh, perché ha un significato. non ha soltanto una funzione: ha un significato. Nel Sud ci sono, evidentemente, rapporti di produzione, rapporti di intelligenza, rapporti di

lavoro – alla fine – che sono inespressi o sono dipendenti e subalterni, che attraverso iniziative di questo genere possono uscire. In termini di quantità ha relativamente, in questo momento, poca importanza, perché la quantità è un'ipotesi della dinamica di questa iniziativa, e non è allo stato attuale ciò che la condiziona. Questo volevo dire.

**Giuseppe Di Giugno**

Grazie. La parola al Dottor Corti.

**Eugenio Corti**

Ero sicuro che parlando e introducendo in questo consesso il termine "mercato" avrei suscitato una discussione quale quella che è venuta fuori. Per la verità, quando oggi si usa il termine "mercato", non si vuole intendere la bancarella dietro il vicolo, ma, al contrario, un sistema che spesso, anzi quasi sempre, è molto complesso e che rappresenta tutto l'insieme di individui, di gruppi, di sottosistemi che possono, se non oggi almeno probabilmente in futuro, esprimere apprezzamento, appetibilità ed interesse (non necessariamente economico), per la realizzazione della missione di un'organizzazione.

Allora, posta la questione in questi termini, non si può uscire dalla logica del rapporto ricerca-mercato, altrimenti si corre il pericolo che io suggerivo di evitare, di costruire una organizzazione che non riesce a giustificare la sua esistenza. Da questo segue che, oggi, negli ambienti dove si riflette su che cosa si intende per sviluppo di organizzazioni innovative, si pone in maniera centrale questo problema del rapporto tra ricerca tecnico-scientifica e mercato. Quindi non è la bancarella dietro l'angolo, ma è un sistema tutto da inventare perché è progettato nel futuro in misura proporzionale al rischio dell'impresa che uno vuole mettere in campo. Con questo voglio intendere che se si vuole fare un'attività poco nuova, nel senso che è un aggiustamento di una cosa già realizzata, è chiaro che il grado di rischio è basso. Forse, probabilmente, il mercato è, come si suol dire, dietro l'angolo. Se si vogliono fare, invece, delle apparecchiature di cui non ci sono ancora prototipi in giro, il rischio è estremamente più alto. Ci sono esempi di apparati, di strumenti, di sistemi di questo tipo che, a posteriori, si possono giudicare come successi. Io ho appreso con molto interesse, per esempio, il successo che ha avuto il sistema di elaborazione per stampa su pellicola di immagini a colori

– per quel che ho capito – ideato dalla società dell'ing. Basso. Sarei però veramente terrorizzato se, in questo Convegno, si volesse generalizzare questo discorso dicendo: "come ha avuto successo lui, che è riuscito a collocare le sue macchine perfino in Cina, così qualunque altra iniziativa che ipotizza strumentazione completamente nuova avrà successo". L'esperienza porta a dire infatti che è altamente probabile che le macchine che partono orientate unicamente alla tecnologia non hanno successo. È altamente probabile, non ho detto che è certo che non abbiano successo. Tutto si riduce ad un rischio che viene proiettato nel futuro ed è chiaro, quindi, che se quando si gioca non si tiene conto di questa variabile imponderabile le possibilità di fallire nella propria impresa sono alte. Inoltre quando dico "fallire nella propria impresa", non intendo necessariamente che il successo dell'impresa deve essere quello di accumulare dollari o lire, ma mi riferisco anche a quanto diceva il prof. Silvestrini, perché la missione di un'organizzazione può essere anche quella di realizzare qualcosa che in un certo consenso, in un certo mercato, trova la sua utilità, il suo interesse. Mi pare che il prof. Vittorio Silvestrini diceva "una macchina del tipo di quella che si ipotizza in questo centro potrebbe essere di grande interesse per una potenzialità di attuali o futuri musicisti". Se questo è vero, ha perfettamente ragione Vittorio Silvestrini ad essere ottimista, ed io aggiungo che si è individuato un mercato, perché così si chiama quell'interesse. Il problema sta nel fatto che non è sufficiente stimolare soltanto l'interesse culturale o sociale delle persone, ma occorre anche tradurre questo interesse in risorse di tipo finanziario che possano farlo realizzare. È chiaro allora che, ancora una volta, bisogna porsi il problema di chi possa, in qualche modo, sulla base di questo interesse espresso da parte di una categoria di persone che non compra direttamente questa macchina, supportare direttamente questa impresa finanziaria. Si può ipotizzare, per esempio, l'intervento di Enti pubblici, che non sono strettamente vincolati ad operare in vista di una convenienza economica, ma che possono avere come obiettivo una convenienza sociale, culturale. Chiamatela come volete. Ancora una volta uso il termine "mercato" dando a questo termine il significato che ho cercato di chiarire in questo mio secondo intervento.

Grazie.

Giuseppe Di Giugno

C'è ora un intervento del dott. Virginio Sala, delle edizioni Muzzia.

Virginio Sala  
*Ed. Muzzia, Padova*

Io volevo portare ancora una voce dal mondo dell'editoria, anche se un pochino diversa da quelle già ascoltate. Visto che siamo verso la fine, volevo anche portare una nota di ottimismo, perché ultimamente si è parlato molto di difficoltà. La nota di ottimismo è questa. Abbiamo dato abbastanza per scontato il fatto che si parlasse di musica e di immagine perché in fondo poi è questo il prologo al convegno dell'informatica musicale. Non è invece, una cosa così scontata. I temi che si potevano scegliere per fare qualche cosa a Napoli, come in qualunque altra città, erano molti. Mi sembra, invece, interessante — non discuto della scelta di Napoli o dei problemi del Mezzogiorno, perché li conosco di seconda mano e non posso giudicare — che si sia scelto il tema "Musica e immagine" perché è uno dei nodi più interessanti su cui si attuano, oggi, delle convergenze, delle confluenze molto belle — userei proprio questo termine — tra discipline fino a poco tempo fa molto diverse e molto distanti. È una situazione particolare che si è presentata poche volte nella storia, e che, quindi, occorre saper cogliere. Posso ricordare il Rinascimento con la scoperta della prospettiva; momento in cui gli artisti si incontrarono con gli scienziati dell'epoca giungendo ad uno scambio effettivo di idee e di soluzioni. Non vorrei esagerare nel paragone, però mi sembra importante tener presente questa similitudine. Quando poi parliamo di suono e di immagine, non ci riferiamo soltanto alla musica e alle arti figurative ma anche al suono e all'immagine in senso stretto. Sappiamo infatti che l'elaborazione dei segnali sonori ha importanza anche in altri settori. La cosa piacevole è che oggi anche il musicista, l'artista, si cimenta su questi settori svolgendo il più delle volte un lavoro di avanguardia che gli stessi scienziati non hanno mai fatto. Il musicista oggi possiede informazioni che servono per esempio, al tecnologo che vuole il sintetizzatore vocale sull'automobile di nuova produzione. Questo processo di convergenza è così avanzato che mi sembra non essere più rilevante quella distinzione netta, operata dal prof. Pestalozza, tra il musicista e lo scienziato. Mi sembra, addirittura, che nelle premesse di questo centro ci sia il corto circuito di questi due personaggi, perché molte delle persone che ne parlano e ci lavorano hanno la doppia natura di laureati in una disciplina scientifica e di musicisti. Tra l'altro, sono ottime persone che fanno benissimo ambedue i lavori e che non presentano assolutamente segni di schizofrenia. Anzi proprio questo mi sembra l'aspetto più interessante dell'iniziativa.

L'altro elemento che non è venuto fuori nel corso del dibattito e

che, invece, mi sembra estremamente importante per un centro del genere, non è tanto il rapporto con l'industria o con i problemi del mercato — che esiste e che è bene tener presente, anche se occorre assegnargli una misura ben precisa — quanto il problema della formazione. Questo anno iniziale del progetto, oltre ad essere necessario per verificare i possibili finanziamenti, è anche — come notava Nottolini a pranzo — un tempo di formazione, cioè un anno di crescita professionale di personale, di persone, che domani lavoreranno al progetto grande. Auguriamoci che questo si realizzi. È necessario, in proposito, rilevare che esiste un problema esterno al centro. Quando parliamo delle tastierine — il prof. Di Giugno dice che sarebbero da proibire ... ed è vero anche se non tutte — mi sembra più importante osservare che sono da proibire perché chi le acquista non è preparato ad utilizzarle in modo corretto, quasi fossero delle armi date in mano a persone che non hanno fatto il corso di tirassegno. Il mondo esterno ha, infatti, una preparazione che non è quella del musicista o dello scienziato ma dell'enorme massa di persone che è riuscita a fare tutto il suo iter scolastico, dai 6 ai 25 anni, senza incontrare la musica e senza studiare la grafica. Io, per esempio, ho fatto il liceo classico ed in tutta la mia carriera scolastica nessuno mi ha mai parlato di musica. Mio padre era un musicista e quindi, fortunatamente, ho imparato qualcosa, ma credo che la maggior parte degli italiani abbiano questa grande lacuna. Sanno che esistono do-re-mi-fa, ma per loro hanno la stessa importanza di centinaia di migliaia di altre cose di cui non si sa nulla di più.

Quindi, uno dei compiti che credo si dovrebbe — si potrebbe e si dovrebbe — assegnare a questo centro perché non sia "cattedrale nel deserto", né nel Sud, né in Italia, né nel mondo, è quello di porre le basi per creare un'interfaccia tra coloro che si occupano per professione di queste cose e coloro che fruiscono di questi prodotti, sotto forma di spot pubblicitari, trasmissioni televisive con suono e immagine, film, musica e così via. Tutto sommato, secondo me non è rilevante la grande preparazione del musicista o del tecnico, e così via. L'Ircam, per esempio, è estremamente isolato, in termini percentuali, in confronto alla grande quantità di persone che non può capire effettivamente che cosa produce, e questo proprio perché nessuno si è preoccupato mai di creare quell'interfaccia. Non voglio far polemica ma, a che cosa serve tutto il lavoro che si fa — il prof. Di Giugno all'Ircam, ciascuno di noi, in qualche modo, nel suo piccolo — se non riusciamo a trasmetterne la sostanza in modo che sia compresa da tutti? L'arricchimento culturale si misura in termini sociali, non tanto in termini individuali. Grazie.

## Giuseppe Di Giugno

Ci sarebbe molto da discutere su questo problema. Ma purtroppo non abbiamo tempo a sufficienza. La parola adesso all'Ing. Corradetti.

## Domenico Corradetti

Non so se è un caso che chi ha disposto questi cartellini ha messo i fautori del mercato a destra e i fautori della cultura a sinistra. È un caso, evidentemente. Io vorrei entrare nel merito del rapporto tra cultura, mercato e ricerca perché ho iniziato parlando di questo e volevo chiarire un momentino le cose. Non ho detto che non ha mercato la ricerca per la cultura, ma mentre la "4 ISPOR" può avere un mercato splendido, l'altra lo deve avere e questo fa una bella differenza sia in termini organizzativi sia in termini di gestione di un centro sia in termini di strategie finanziarie. Infatti, se noi decidiamo che un centro deve avere delle zone industriali, dovremo seguire una logica finanziaria di autofinanziamento parziale o totale, mentre se diciamo che può avere delle ricadute dovremo seguire una logica di natura diversa!

Quindi, la distinzione che ho fatto all'inizio tra le due linee e, di conseguenza, il mio avvertimento su tale aspetto critico mirava a questo: la struttura, il "management", la gestione, i mezzi finanziari, sono ben diversi a seconda che si faccia un centro più finalizzato alla cultura o più rivolto verso il mondo industriale. Era questo che volevo dire!

Un'ultima cosa, un *flash* sul discorso del "trasferimento-ricerca".

Io non sono d'accordo con chi afferma che chi fa ricerca non fa trasferimento e chi fa trasferimento non fa ricerca, anzi, direi che sono assolutamente contrario a questo. Il vero problema – secondo me – è che chi fa ricerca non si preoccupa della propria sopravvivenza finanziaria e quindi non fa trasferimento. Infatti se chi fa ricerca fosse costretto a mantenersi finanziariamente, a vendere i propri risultati della ricerca, sarebbe costretto ad occuparsi del "trasferimento", delle sue innovazioni.

Noi facciamo proprio questo e ci stiamo riuscendo; quindi siamo la testimonianza di "diversità".

Giuseppe Di Giugno

Grazie. Possiamo dare la parola al dott. Turco per le conclusioni.

Carlo Turco

Proprio per non correre rischi sul piano dell'obiettività, non farò delle vere e proprie "conclusioni".

Vorrei, anzitutto, ringraziare tutti coloro che hanno partecipato a questo convegno; ed anche il pubblico, che ci ha ascoltato pazientemente ed al quale volevamo indirizzare una presentazione dell'iniziativa che fosse l'avvio di una sua prima sperimentazione e che mostrasse quella che desideriamo sia una sua costante caratteristica, e cioè il rimanere disponibile a tutta una serie di contributi e di suggerimenti anche di carattere critico.

Direi che quello che è emerso nel corso della tavola rotonda è sicuramente una conferma di certe nostre convinzioni su quali problemi occorrerà affrontare con l'istituzione di un centro di questo tipo.

Ecco, direi che il rinfocolarsi di certe accentuazioni, in una direzione o in un'altra, mi convincono della correttezza di quella che sembrava, per noi, essere la naturale conclusione nell'elaborazione del progetto, e cioè che, in realtà, qui si tratta di mettere in piedi qualcosa che riesca ad essere nuovo proprio nel non essere unilaterale.

Cioè, io credo che per essere nuovo, per avere un impatto e un'efficacia, questo centro deve riuscire a dialogare e ad interagire, per certi aspetti, con la grande industria, deve riuscire ad attivare un certo tipo di funzioni verso la piccola e media industria ma, soprattutto, deve contribuire a sanare questa scissione permanente "cultura-mercato", agendo su entrambi i fronti.

Questa conferma ci viene - io credo - proprio dall'andamento di questa tavola rotonda.

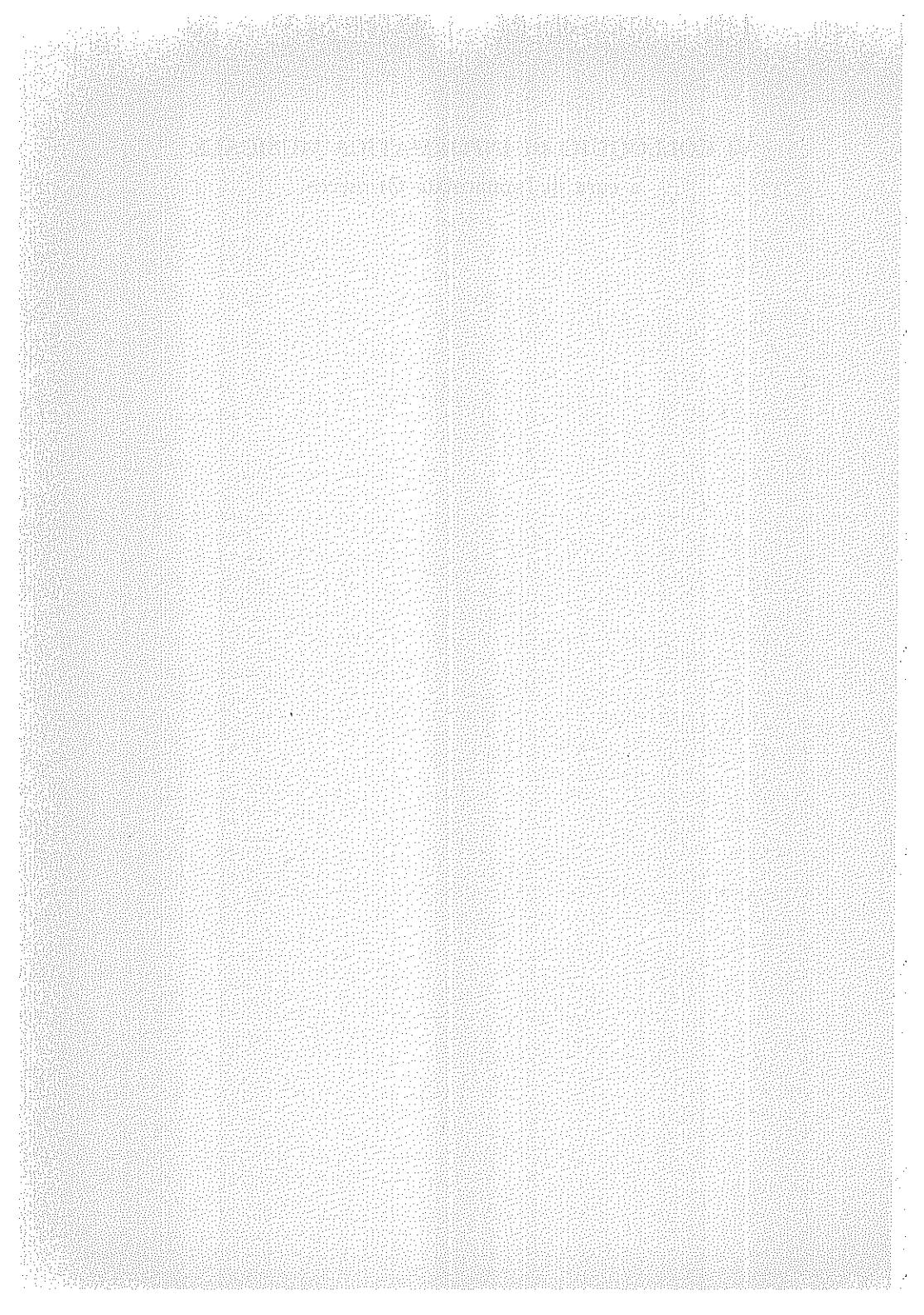
Voglio dire qualche cosa di più. Nel corso dell'avviamento di questo nuovo primo esperimento torneremo a consultare e forse a disturbare una serie di persone che ci sono state estremamente utili nella prima elaborazione progettuale, proprio perché dalla verifica dei primi fatti, ci possano venire una serie di contributi critici per un "aggiustamento del tiro".

Il problema che mi sembra sia stato maggiormente sottolineato è quello delle risorse: risorse finanziarie, risorse "culturali" e risorse scientifiche.

Credo che il maggior contributo che vorremmo ottenere, ancora, da tutti quelli che sono venuti a conoscenza dell'iniziativa, è proprio un sostegno affinché questa possa andare avanti e possa trovare metodi per poi – nel medio periodo – reggersi sulle proprie gambe. Questo richiede un'attenzione molto forte da parte di tutti perché la nostra non è un'iniziativa che parte con "padrini" e la sua unica garanzia può essere una diffusa convinzione della sua possibile utilità.

In questo senso noi continueremo a chiedere il supporto delle forze della cultura, dell'industria, dell'arte ed anche dei consumatori (nel senso di industria, spettacolo ecc.), perché o c'è un diffuso supporto ad una iniziativa di questo genere o, sono convinto, non è possibile trovare quelle risorse finanziarie da una parte e le risorse umane e professionali dall'altra che sole le potranno garantire il radicamento e lo sviluppo nel Mezzogiorno. Grazie a tutti.

VI COLLOQUIO DI INFORMATICA MUSICALE  
a cura di Immacolata Ortosecco



# Sessione: DIGITAL SIGNAL PROCESSING I

---

## Un modello semplificato del clarinetto mediante oscillatore non lineare

F. Balena, Giovanni De Poli

Csc – *Istituto di Elettrotecnica ed Elettronica, Università di Padova*

1. *Introduzione.* Le ricerche sulle tecniche di sintesi del suono tendono a trovare degli algoritmi semplici e versatili per la produzione del suono. Spesso essi poi vengono sperimentati simulando gli strumenti reali.

Generalmente si cerca di trovare un modello semplificato del segnale desiderato, senza fare ipotesi su come questo sia stato prodotto nella realtà. I parametri di queste tecniche possono poi essere estratti mediante analisi dei segnali originali secondo il modello individuato. Tecniche di questo tipo sono ad esempio la sintesi per forma d'onda fissa, la sintesi additiva e la sintesi con funzioni di Walsh.

Un'altra strada seguita consiste nell'impiego di formule matematiche che generano segnali complessi senza cercare di riprodurre direttamente i segnali reali. Le caratteristiche dei suoni prodotti dipendono solo dalle proprietà matematiche delle formule. I parametri di queste tecniche vengono quindi determinati sperimentalmente, in modo da raggiungere i risultati voluti. L'esempio più importante di questo tipo è la modulazione di frequenza.

Una terza via consiste nel cercare di fare un modello del meccanismo fisico di produzione del suono. In questo modo sono inserite direttamente nel modello le caratteristiche dinamiche del suono. Inoltre risulta più facile il controllo, in quanto è possibile dare un significato fisico preciso ai singoli parametri. In genere seguendo questa strada si arriva a modelli complessi e computazionalmente poco efficienti. Infatti queste ricerche sono rivolte più allo studio sulla fisica ed acustica degli strumenti che alla produzione numerica dei suoni. In questo lavoro si è tentato di rendere computazionalmente

efficiente il modello fisico. Si è considerato il modello teorico dell'oscillatore non lineare proposto da McIntyre-Schumacher-Woodhouse<sup>1</sup>, lo si è rielaborato e ne è stata studiata un'implementazione numerica efficiente. Questo algoritmo è stato applicato in una simulazione semplificata del clarinetto.

Il lavoro è organizzato in questo modo. Viene inizialmente presentata una spiegazione qualitativa ed intuitiva dell'oscillatore non lineare come modello di interpretazione del funzionamento degli strumenti musicali. Segue poi una sezione dedicata all'illustrazione del modello computazionale usato. In particolare vengono illustrate le tecniche che sono state trovate per renderlo computazionalmente efficiente. Vengono poi illustrate le prove effettuate con l'implementazione di queste tecniche per la simulazione del clarinetto. Alla fine vengono discussi i risultati ottenuti, evidenziando vantaggi e problemi nell'uso dell'oscillatore non lineare come tecnica di sintesi.

*2. Lo strumento musicale come oscillatore non lineare.* In generale studiando gli strumenti musicali si è abituati a ragionare in termini di modi normali. Fare i calcoli nel dominio della frequenza è la cosa più semplice in questo caso. Questo metodo è potente e comodo in sistemi lineari e tempo invarianti. Nel caso di sistemi non lineari esso può portare a notevoli complicazioni, per cui l'analisi nel tempo può essere più istruttiva.

Un esempio tipico sui modi normali è la corda tesa posta in vibrazione. Si hanno allora le configurazioni della figura 1. In tutte le configurazioni ci sono dei punti fissi detti nodi e dei punti in cui la corda si allontana al massimo dalla posizione di equilibrio: questi sono detti ventri. Quindi la corda, tranne che nei nodi, oscilla su e giù passando per lo zero. Sembrerebbe che nulla si propaghi. Questa situazione si chiama onda stazionaria. L'onda stazionaria può essere pensata come un caso particolare di propagazione: infatti è il risultato di due onde che si propagano in versi opposti. Nella figura 2 è esplicitata la configurazione  $f_3$ .

Le due onde propagantesi in versi opposti sono state "fotografate" in tre istanti diversi. Sommando punto per punto le due onde in ciascuno dei tre istanti si ottengono le tre situazioni dei ventri riportate in basso nella figura. Per continuità, si intuisce ora come mai i ventri pulsino su e giù. La domanda a questo punto è: da dove

<sup>1</sup> M.E. McINTYRE - R.T. SCHUMACHER - J. WOODHOUSE, *On the oscillations of musical instruments*, "Journal of the Acoustical Society of America", vol. 74, n. 5, pp. 1325-1345, 1983.

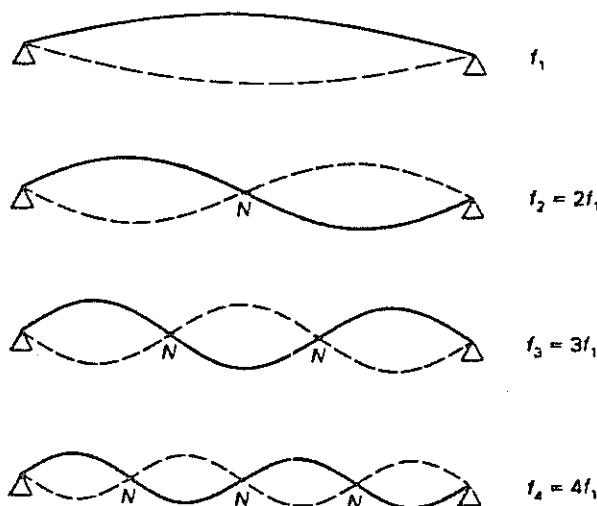


Figura 1

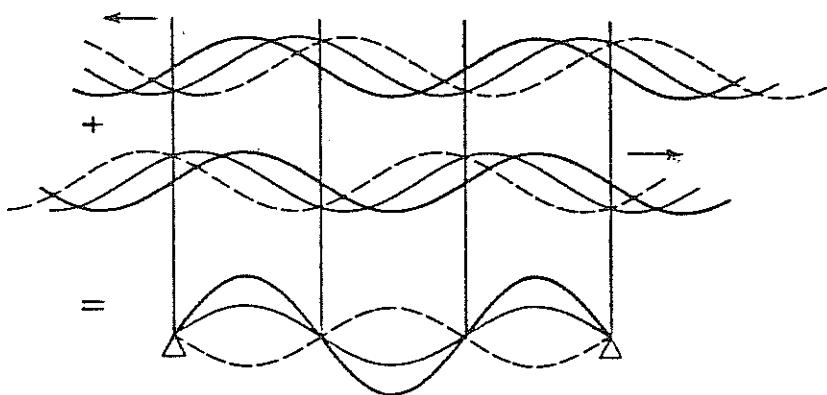


Figura 2

vengono queste onde? All'inizio, quando la corda viene eccitata, parte un'onda verso ogni estremo. Arrivata all'estremo dove è fissata la corda, si riflette e comincia a sovrapporsi all'onda diretta. Lo stesso accade all'altro estremo. A regime, quindi, ad un estremo arriva ciò che è stato riflesso dall'altro e viceversa. Nella realtà i sostegni alle

estremità delle corde non sono mai perfettamente rigidi per cui la riflessione non è mai totale. L'onda ad ogni riflessione perde di ampiezza e l'onda stazionaria risultante si smorza. In generale i sostegni si muovono di così poco da poterli considerare dei sistemi lineari. Ma si capisce bene che quando non è così, la situazione finora descritta si complica enormemente: l'onda che arriva ad un estremo, oltre a subire una riflessione ed uno smorzamento, subisce una distorsione; questa onda riflessa distorta dovrà poi fare i conti con l'altro estremo dove la distorsione sarà ancora più complicata, e così via. La conclusione è che, non appena esistono delle non linearità, l'approccio in termini di modi normali diventa insufficiente. Gli strumenti musicali hanno in genere forti non-linearità e notevoli temporanze. Un approccio nel dominio del tempo si impone se si vuol capire meglio il funzionamento fisico degli strumenti.

Negli strumenti a fiato le onde non sono da intendersi come spostamenti trasversali (come nel caso della corda), ma come onde longitudinali di pressione. In un'onda stazionaria i ventri sono da intendersi come punti in cui la pressione relativa è massima, e i nodi come punti in cui la pressione relativa è zero. La pressione è relativa alla pressione costante dell'ambiente (pressione atmosferica). Fatta questa precisazione, tutto quanto è stato detto sopra rimane valido, ed anzi le non-linearità al contorno sono da considerarsi macroscopiche e fondamentali, come vedremo.

In genere si crede che lo strumento a fiato sia una canna in cui, in qualche modo, si immette un suono molto ricco in frequenza (una specie di pernacchia nella tromba, quasi rumore bianco nel flauto) su cui poi la lunghezza e la sagomatura della canna opera la selezione dei modi che oscillano. Un semplice esperimento prova che così non è. Se si toglie l'imboccatura di un comune flauto e si accoppia il resto della canna con un altoparlante attraverso il quale si trasmette un suono simile al soffio prodotto nell'imboccatura, si osserverà che il flauto non oscilla. E non oscillatorà neanche se il soffio fittizio trasmesso dall'altoparlante ha intensità alquanto superiore all'intensità del soffio naturale. D'altronde, si sa bene quanto basti soffiare poco per mettere in oscillazione un flauto ben costruito. Anticipando, diciamo che nel nostro esperimento esso non oscilla perché la membrana dell'altoparlante è del tutto indipendente da ciò che accade nella canna.

Uno schema molto più realistico per un oscillatore musicale è quello in figura 3. Il nucleo del presente lavoro si basa su questo schema. Nel caso di uno strumento a fiato la sorgente di energia è il soffio del suonatore; l'elemento non lineare è l'ancia nel clarinetto, le labbra negli ottoni, una lingua d'aria nel flauto:  $f(t)$  è il flusso d'a-

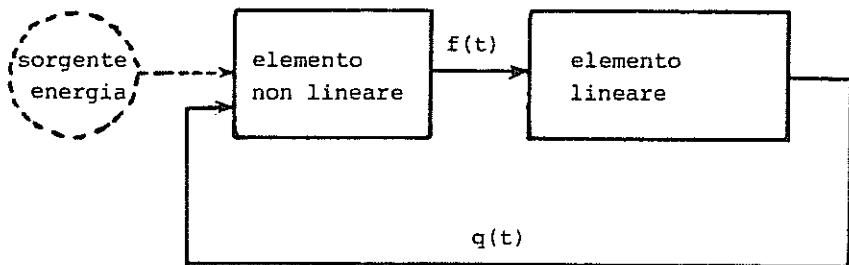


Figura 3

ria; l'elemento lineare è ciò che rimane dello strumento quando si toglie la imboccatura;  $q(t)$  è la pressione acustica.

Si nota subito che il sistema è reazionato. L'elemento non lineare regola il flusso d'aria che va ad eccitare l'elemento lineare, ma a sua volta è la pressione acustica riflessa da quest'ultimo che va a comandare l'elemento non lineare.

Nel clarinetto il sistema beccuccio-ancia è un regolatore di flusso comandato dalla pressione: l'ancia si apre e si chiude più o meno in funzione della differenza tra la pressione che c'è nella bocca del suonatore e quella subito dietro l'ancia (nel beccuccio). Quando il suonatore inizia a soffiare, dal beccuccio parte un gradino di pressione, quando questo gradino arriva all'estremità opposta dello strumento, cioè alla fine della canna, esso incontra una discontinuità, e quindi viene in qualche grado riflesso. Il gradino di pressione riflesso sarà di segno opposto a quello originale, cioè sarà una "depressione"; quando questa depressione arriverà alla ancia, sarà aumentata improvvisamente la differenza di pressione bocca-beccuccio e l'ancia si chiuderà istantaneamente. A questo punto parte un'onda riflessa dall'ancia e tutto si ripete come prima solo che i segni delle pressioni sono invertiti e alla volta successiva all'ancia arriverà un'onda di pressione che la aprirà. Quanto detto dimostra non solo l'importanza dell'onda riflessa, ma spiega anche come un flusso costante (il soffio del suonatore) venga tramutato in oscillazioni di una colonna d'aria. Dopo mostreremo come il clarinetto non oscilli se si impedisce alla onda riflessa di raggiungere l'ancia: in tal caso l'ancia assume una posizione statica (eventualmente chiusa) in funzione di quanto il suonatore soffi. Il tempo impiegato dall'onda di pressione ad arrivare in fondo allo strumento (se tutti gli altri fori sono chiusi) e a tornare nel beccuccio produce la frequenza della nota che udiamo.

In una tromba il meccanismo di controllo del flusso consiste in due strisce di carne affacciate: le labbra. Il flusso d'aria emesso dal suonatore passa attraverso le sue labbra, che si aprono e chiudono regolarmente in risposta alle variazioni acustiche entro il bocchino: il flusso diventa così variabile e periodico. D'altra parte la colonna d'aria nello strumento è tenuta in oscillazione (nei suoi modi longitudinali) da questi impulsi periodici forniti dalle "valvole labbiali". Nel flauto e nella canna d'organo sembrerebbe che non vi sia nessun meccanismo di controllo del flusso. Vedremo che questo fatto, invece di indebolire la teoria secondo la quale l'onda riflessa è fondamentale negli strumenti a fiato, la rafforza.

L'imboccatura del flauto è disegnata in maniera tale che, quando si soffia, una sottile lingua d'aria va a frangere contro un cuneo. Questa lingua d'aria costituisce allo stesso tempo sia il meccanismo di controllo del flusso, sia il flusso stesso. Lasciato a se stesso questo getto d'aria dovrebbe andare su e giù casualmente rispetto alla punta del cuneo, e si udrebbe solo il rumore tipico del soffio. Nello strumento, invece, esso si comporta come nella figura 4: va su e giù con la stessa frequenza della nota emessa. Ciò che fa "decidere" al getto se uscire o entrare nello strumento sono le condizioni di pressione nel beccuccio. Anche qui è l'onda acustica riflessa nella canna che rende possibile non solo l'oscillazione della "lingua", ma anche

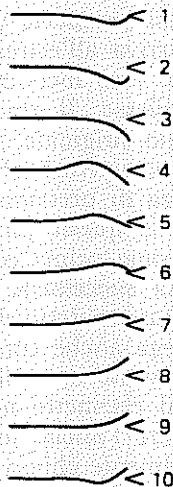


Figura 4

l'instaurarsi di una certa frequenza (come sappiamo essa è in relazione al tempo che l'onda impiega ad andare e tornare). La figura 5 è la fotocopia di una fotografia sperimentale<sup>2</sup> che mostra un getto di fumo in una canna d'organo. Si noti come la turbolenza sia a valle del cuneo. Sono queste turbolenze a produrre i residui di rumore tipici nella "voce" di questo strumento. Se le turbolenze si instaurassero a monte del cuneo, la lingua d'aria avrebbe un moto incollato e lo strumento non oscillerebbe. Il flauto traverso funziona sugli stessi principi, che anzi si applicano con maggior chiarezza.



*Figura 5*

Nel flauto trasverso, all'imboccatura, accadono esattamente le stesse cose che accadono alla sommità di un bottiglione quando viene fatto oscillare<sup>3</sup>. Soffiando in modo opportuno in un bottiglione esso oscilla. Nella parte superiore della figura 6 è illustrato come ciò avvenga. Parte il primo impulso d'aria che entra; arrivato in fondo si riflette; arrivato alla lingua d'aria la deflette fuori. Quando questo impulso si esaurisce il getto d'aria rientra dentro e ricomincia un altro ciclo. Sia nel flauto come nel bottiglione l'inclinazione delle labbra è essenziale per permettere alla lingua di funzionare come regolatrice di flusso. Nella parte inferiore della figura 6 è illustrata la fessura di ingresso del flauto trasverso.

Prima di costruire il modello matematico sullo schema di figura 3, dobbiamo dire qualcosa sull'elemento non lineare di uno strumento. Abbiamo detto che negli strumenti a fiato esso è la valvola di controllo del flusso comandata in pressione. Il funzionamento di que-

<sup>2</sup> D.E. HALL, *Musical acoustics*, Wadsworth Publ. Co., Belmont CA 1980.

<sup>3</sup> A.H. BENADE, *Fundamentals of musical acoustics*, Oxford University Press, New York 1976.

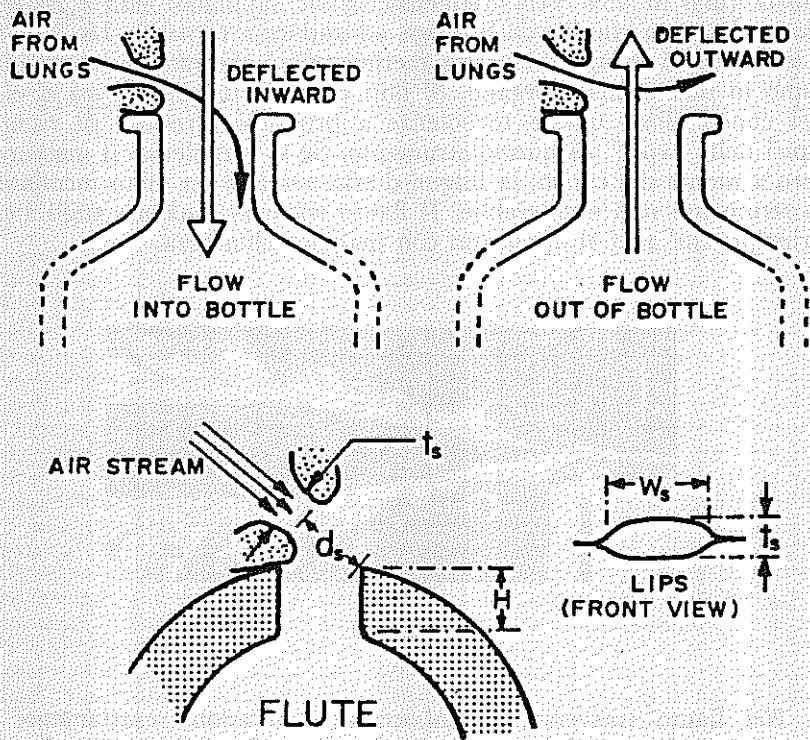


Figura 6

sta valvola è non lineare, cioè non c'è proporzionalità tra le due grandezze<sup>4</sup>. Per chiarezza nelle nostre applicazioni ci riferiremo al clarinetto. Nella figura 7 è riportata la sezione dell'imbozzatura del clarinetto. La regolazione del flusso avviene tramite il moto dell'ancia. Un insieme di equazioni non lineari (integrale, differenziale, algebrica) governano il tutto<sup>5</sup>. Se si trascurano alcune grandezze dinamiche che governano l'ancia possiamo avere un approccio più pratico: tracciare la curva caratteristica della "valvola". Si tratta di trac-

<sup>4</sup> J. BACKUS, *Small amplitude vibrations of the clarinet*, «Journal of the Acoustical Society of America», vol. 35, n. 3, pp. 305-313, 1963.

<sup>5</sup> R.T. SCHUMACHER, *Self-sustained oscillations of the clarinet: an integral equation approach*, «Acustica», vol. 40, pp. 298-309, 1978.

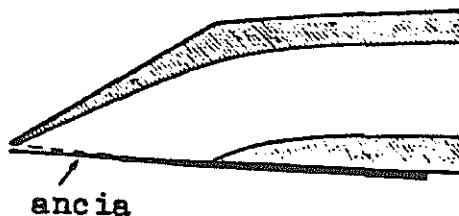


Figura 7

ciare sperimentalmente l'andamento del flusso in funzione della pressione. In figura 8 sono riportate due curve sperimentali del flusso in funzione di  $P-p$ ;  $P$  è la pressione con cui si soffia,  $p$  è la pressione nell'imboccatura. La curva superiore si riferisce ad un'imboccatura "a labbra lasche", la curva inferiore ad un'imboccatura "a labbra strette". La curva caratteristica dell'elemento non lineare verrà usata nel modello matematico che illustreremo. Essa permette di alleggerire i calcoli di simulazione, ed inoltre cambiando curva caratteristica e pochi altri dettagli si cambia strumento.

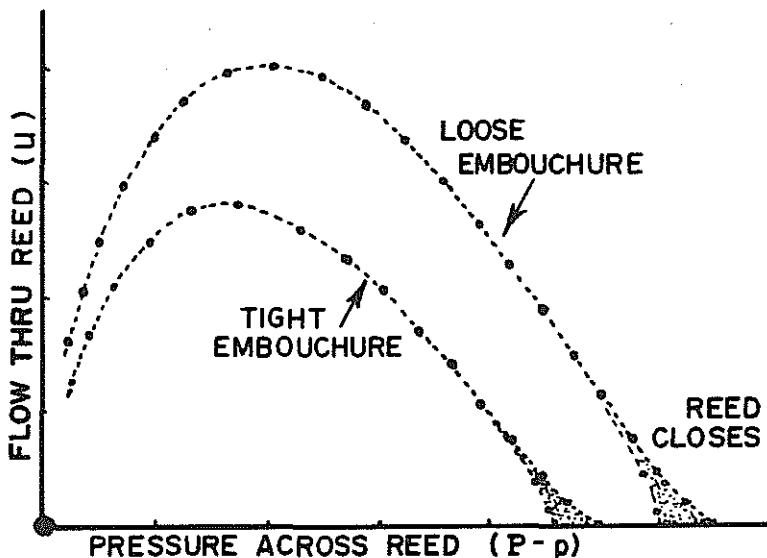
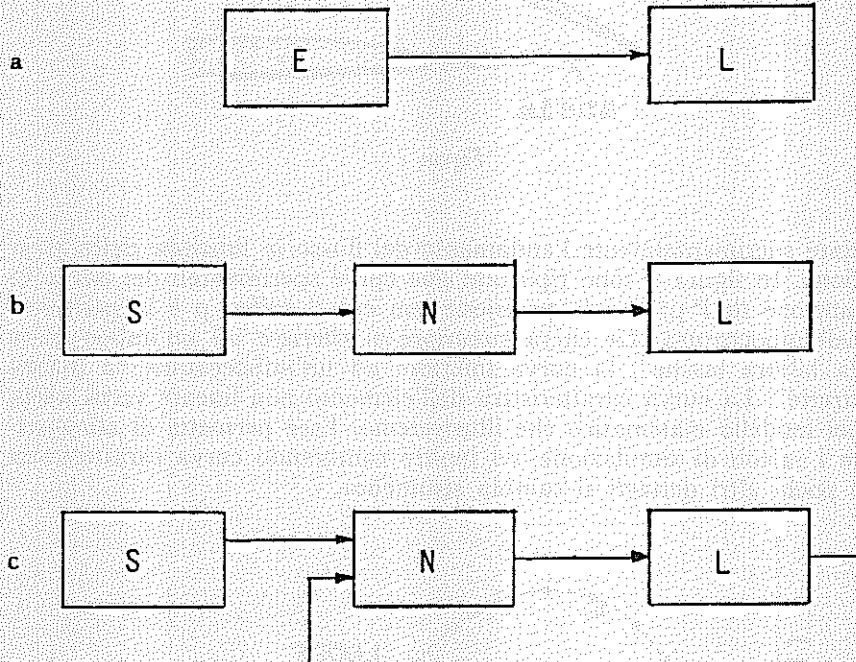


Figura 8

*3. Illustrazione del modello computazionale.* Nella simulazione degli strumenti con sintesi sottrattiva in genere si ipotizza un modello come quello di figura 9a in cui si distingue un generatore di segnali



*Figura 9*

semplici o eccitazione e una trasformazione, in genere lineare. Il controllo si effettua indipendentemente sull'eccitazione e sulla trasformazione. Ad esempio la sintesi della voce mediante predizione lineare (LPC) prevede una eccitazione con treno di impulsi della frequenza voluta o con rumore bianco, seguito da un filtro a soli poli.

Volendo modellare meglio la eccitazione, esaminando il modello fisico si ha una sorgente di energia seguita da una trasformazione spesso non lineare e tempovariante (Fig. 9b). I parametri di questa trasformazione possono dipendere anche dalla uscita finale del sistema, per cui si giunge ad uno schema come quello di figura 9c. Questo schema è di non facile trattazione dal punto di vista matematico.

Ad esempio se si trascura la dinamica della trasformazione N e si considera costante la sorgente, l'effetto di N può essere descritto da una funzione  $f(y)$ . Se  $g(t)$  è la risposta impulsiva (funzione di Green) della parte lineare L, l'uscita  $y(t)$  risulta dalla relazione

$$y(t) = \int g(t') \cdot f(y(t-t')) dt'$$

che è un'equazione integrale non lineare di tipo di Volterra ( $y(t') = 0$  per  $t' < 0$ ).

Dal punto di vista computazionale il problema maggiore deriva dal fatto che non c'è ritardo nella reazione. Per calcolare l'eccitazione dell'elemento lineare bisogna conoscere il valore in quell'istante dell'uscita, non ancora calcolato. Una soluzione consiste nell'usare il valore calcolato precedentemente, eventualmente correggendo poi. In questo modo però si modifica il modello o lo si rende computazionalmente molto più complesso.

Un'altra soluzione consiste nel passare alle onde incidenti e riflesse, come si fa per i filtri d'onda digitali<sup>6</sup>. È quello fatto con successo da McIntyre e Woodhouse<sup>7</sup> per gli strumenti a corda, da Schumacher<sup>8</sup> per i legni e da loro generalizzati<sup>9</sup> per vari strumenti.

Vengono ora illustrate le relazioni matematiche che stanno alla base del modello semplificato che usa le onde incidenti e riflesse, facendo riferimento al clarinetto<sup>10</sup>. Chiamati  $p_i$  e  $p_r$  rispettivamente le pressioni dell'onda incidente e riflessa, Z l'impedenza caratteristica del clarinetto e  $f$  il flusso entrante,  $p$  la pressione appena dentro il beccuccio, si ha che

$$\begin{aligned} Zf &= p_i - p_r \\ p &= p_i + p_r \end{aligned}$$

La pressione riflessa può essere ricavata dalla pressione incidente tramite la convoluzione con la funzione di riflessione  $r(t)$

$$p_r(t) = r(t) * p_i(t)$$

<sup>6</sup> A. FETTWEIS, *Digital filter Structures related to classical filter networks*, Archiv Elektronik und Übertragungstechnik, vol. 25, n. 2, pp. 79-89, 1971.

<sup>7</sup> M.E. MCINTYRE - J. WOODHOUSE, *On the fundamental of bowed-string dynamics*. «Acustica», vol. 43, pp. 93-108, 1979.

<sup>8</sup> R.T. SCHUMACHER, *Ab initio calculations of the oscillations of a clarinet*, «Acustica», vol. 48, pp. 72-85, 1981.

<sup>9</sup> Vedi nota 1.

<sup>10</sup> Vedi nota 1.

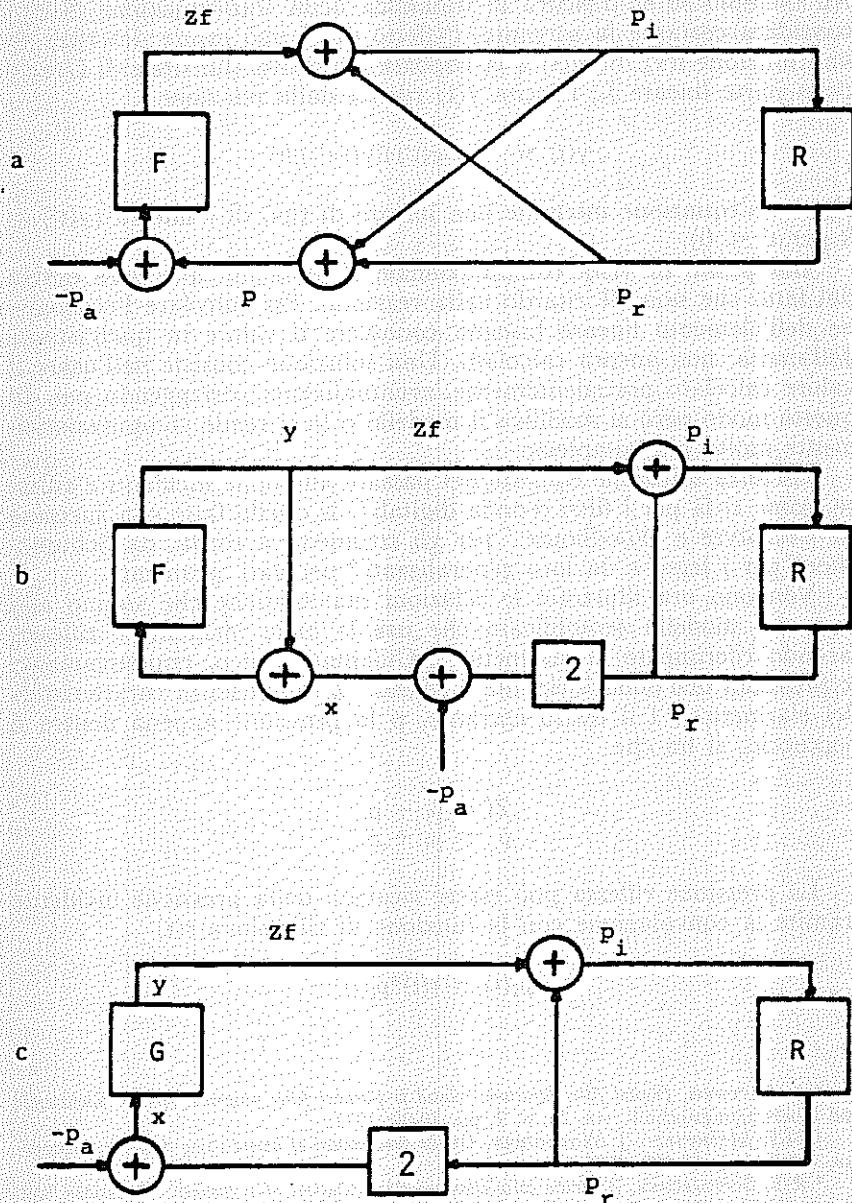


Figura 10

Si osservi che essendo il tubo aperto l'onda riflessa ha segno opposto all'onda incidente e  $\int r(t)dt = -1$ .

Trascurando la dinamica dell'ancia, la pressione del flusso entrante dipende solo dalla differenza di pressione tra l'interno ( $p$ ) e l'esterno ( $p_a$ ) dell'ancia

$$Zf = F(p - p_a)$$

Queste quattro relazioni descrivono il modello semplificato del clarinetto e sono illustrate nello schema di figura 10a. Spostando il sommatore nel ramo superiore a destra della derivazione si ottiene lo schema di figura 10b. Questo è lo schema usato da McIntyre et al. in <sup>11</sup> per le loro simulazioni. Si noti inoltre che ad ogni campione essi calcolano esplicitamente l'integrale di convoluzione per la riflessione e risolvono il sistema non lineare per determinare il flusso entrante.

Quest'ultimo calcolo può essere evitato e fatto inizialmente una volta per tutte. Infatti chiamati  $x$  e  $y$  l'ingresso e l'uscita alla reazione senza ritardo (v. Fig. 10b) si ha che  $y = F(x + y)$ . Questa è una funzione implicita e si possono calcolare una volta per tutte e poi tabulare i valori di  $y = G(x)$  in funzione di  $x$ , nel campo di interesse. In figura 11 è riportata la costruzione grafica che descrive questo passaggio. Dal punto di vista numerico si tratta di trovare la soluzione  $y$  dell'equazione  $y = F(x+y)$  per vari valori di  $x$ , assunto come

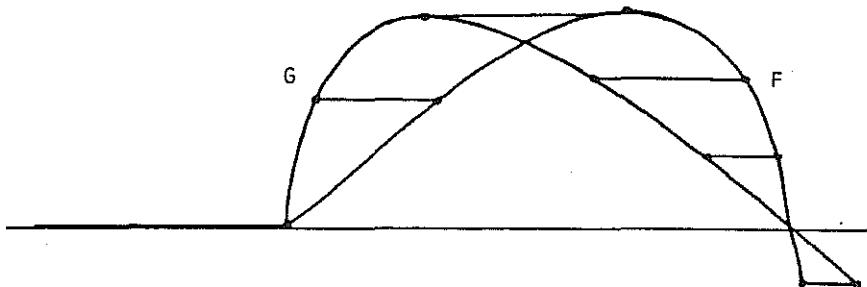


Figura 11

<sup>11</sup> Vedi nota 1.

parametro. Può succedere che questa equazione abbia più di una radice. Ciò corrisponde al caso di isteresi, illustrato in figura 12.

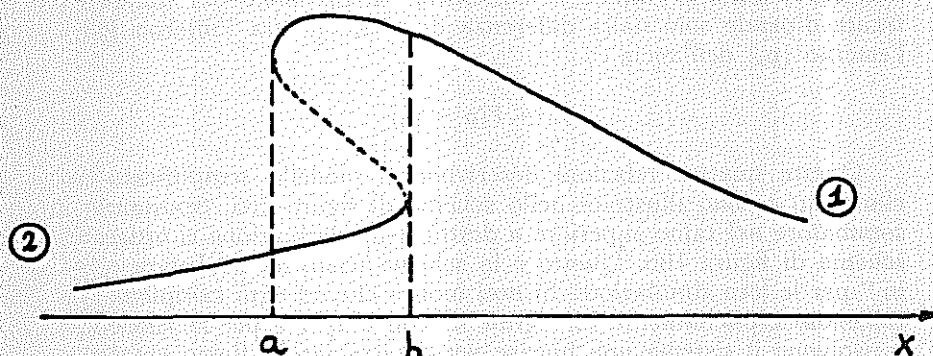


Figura 12

Questo fenomeno si verifica tipicamente negli archi, come evidenziato da Friedlander<sup>12</sup> e Keller<sup>13</sup>. Ad esempio nel caso illustrato, nell'intervallo in cui la funzione G ha più valori, si utilizzerà la parte superiore se si proviene da destra e la parte inferiore se si proviene da sinistra. Dal punto di vista computazionale occorreranno due funzioni tabulate e la possibilità di passare dall'una all'altra.

Utilizzando la funzione G corrispondente, il modello si trasforma in quella di figura 10c. In esso la moltiplicazione per 2 può essere inglobata in G e la reazione di  $p_r$  in G o in R. Ad esempio ponendo  $p_i = G(2p_r - p_a) + p_r = N(p_r, p_a)$  si ottiene lo schema di figura 13. In esso la pressione applicata  $p_a$ , se è costante, può essere inclusa direttamente in N, che può quindi essere direttamente tabulata nel campo dei valori di interesse di  $p_a$ .

Per il calcolo della riflessione, non occorre eseguire ogni volta la convoluzione; infatti essa può essere schematizzata con un ritardo e un filtro numerico passabasso con inversione di segno. Il ritardo complessivo sarà pari ad un semiperiodo del suono risultante. Il modello di sintesi pertanto è costituito da una funzione non lineare tabulata, da una linea di ritardo e da un filtro numerico. I parametri di questo modello sono la funzione non lineare, la riflessione, e l'in-

<sup>12</sup> F.G. FRIEDLANDER, *On the oscillations of a bowed string*, «Proceedings of the Cambridge Philosophical Society», vol. 49, pp. 516-530, 1953.

<sup>13</sup> J. KELLER, *Bowing of violin string*, «Communications of Pure Applied Mathematics», vol. 6, pp. 483-495, 1953.

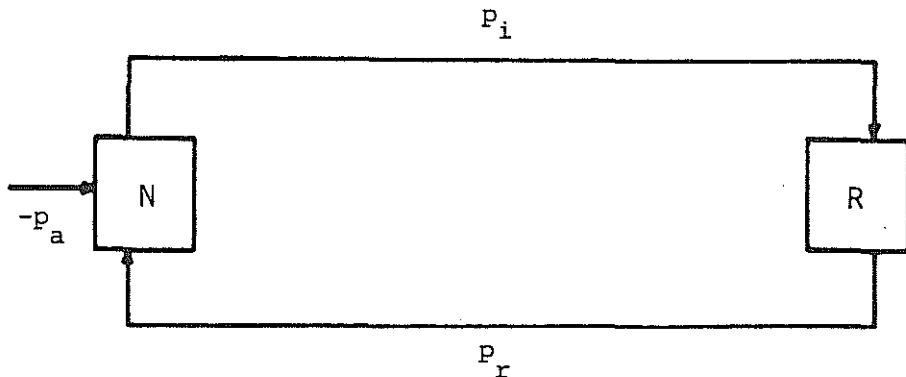


Figura 13

gresso. La funzione non lineare  $F$  può essere misurata nello strumento fisico, poi da essa si ricavano  $G$  e  $N$  con il procedimento visto sopra. Essa costituisce il meccanismo di regolazione dell'ampiezza e deve assicurare una certa stabilità alle oscillazioni. È difficile in generale predire il comportamento di una funzione qualsiasi. Se la frequenza è molto alta si possono trarre delle indicazioni trascurando il filtro. In questo caso il valore dell'uscita resta costante per ogni semiperiodo e varia secondo la relazione  $x_{K+1} = N(x_K, p_r)$  dove  $x_K$  è il valore del  $K$ -esimo semiperiodo. Studiando quindi questa relazione si può vedere se le oscillazioni sono stabili, a quali valori si assestano, e in quanto tempo, se si smorzano o aumentano senza limite, se presentano periodicità a lunga durata, ecc.

Facendo il grafico dei valori di questa successione si ottiene l'inviluppo del segnale. In figura 14a sono mostrati alcuni di questi grafici per valori crescenti dell'ingresso a partire da un valore normale. Si ricordi che l'ingresso corrisponde alla pressione applicata all'ancia dal suonatore. Si può osservare come aumenti l'ampiezza dell'oscillazione e la rapidità dell'attacco.

In figura 14b si vedono i grafici per valori decrescenti. La durata del transitorio aumenta via via fino ad arrivare alle condizioni limite per l'innesto delle oscillazioni. Per valori inferiori esse si smorzano sempre più rapidamente. Le ampiezze dei vari grafici sono normalizzate nel valore massimo e quindi sono su scale leggermente diverse. I punti segnati con + si riferiscono a condizioni per cui il flusso nell'ancia inverte segno, uscendo quindi dall'imboccatura. I punti separati - si riferiscono a valori di pressione per cui l'ancia è chiusa. È questo meccanismo di controllo che consente stabilità alle oscillazioni.

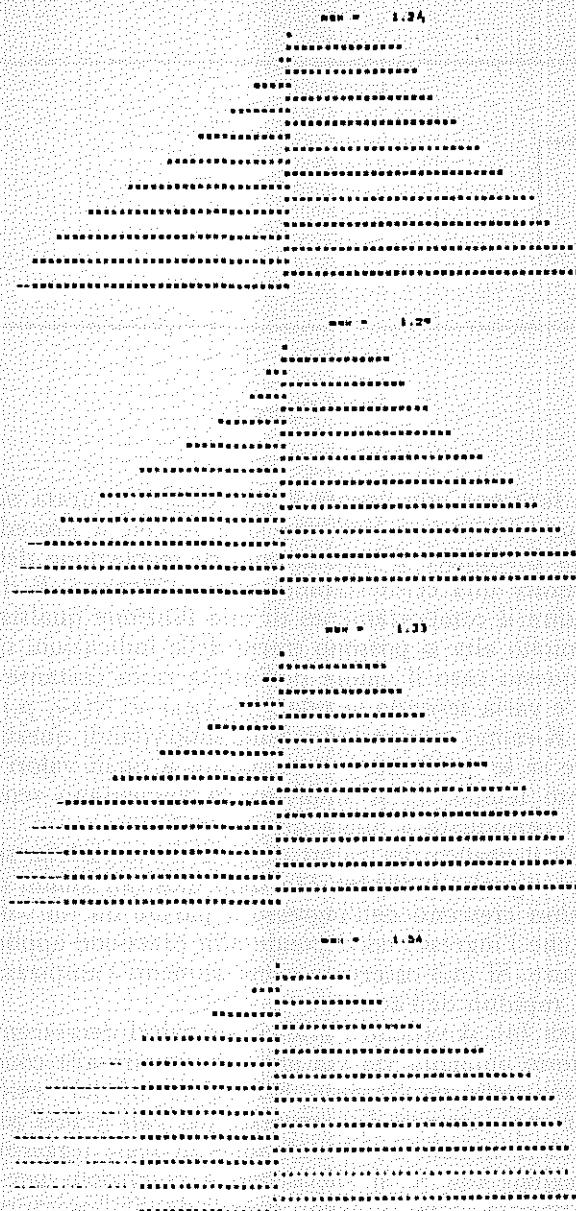


Figura 14a

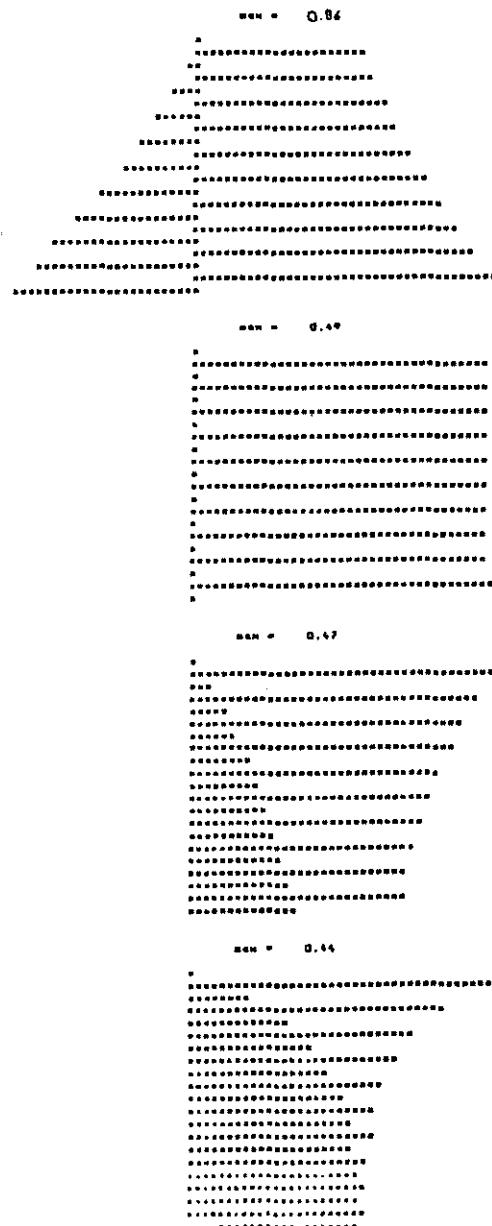


Figura 14b

ni. Differenti funzioni non lineari che modellino il comportamento dell'ancia presentano transitori un po' diversi, ma sempre dello stesso tipo.

Per quanto riguarda la riflessione, si può regolare l'attenuazione complessiva. In un tubo aperto essa è pari a -1; nel modello essa può essere inferiore. La frequenza del suono dipende dal ritardo complessivo. Il fatto che la linea di ritardo sia discreta, crea una granulosità fastidiosa particolarmente alle alte frequenze. Si può ovviare con l'inserzione di un filtro *all-pass* per una regolazione fine del ritardo come si fa nella simulazione della corda pizzicata<sup>14</sup>.

L'ingresso corrisponde all'intensità del soffio. Sotto o sopra certi valori le oscillazioni si smorzano rapidamente o addirittura non si innescano. La durata del transitorio e la forma d'onda finale dipendono dall'intensità del soffio. Infatti se questa è appena superiore all'intensità critica che fa iniziare le oscillazioni, è necessario un certo numero di periodi per fornire l'energia corrispondente all'ampiezza massima. Per valori superiori dell'ingresso questa può essere raggiunta quasi immediatamente. L'ampiezza massima stessa dipende, oltre che dalla funzione, anche dall'ingresso. Si può in questa maniera regolare il transitorio. Inoltre è possibile variare durante il suono l'ingresso e il modello risponderà all'incirca come un clarinetto reale. Ad esempio modificando di poco aleatoriamente l'ingresso, si possono simulare le fluttuazioni di soffio del suonatore, oppure produrre particolari effetti.

Si osservi che c'è un'analogia tra variazione del valore dell'ingresso e quella dell'*offset* nella sintesi per distorsione non lineare. In entrambi i casi si trasla la funzione non lineare. In questo caso però la presenza della reazione assicura un comportamento dinamico del modello di sintesi in qualche modo coerente con le variazioni effettuate. Se quindi si ha presente il significato fisico dei parametri su cui si agisce, si può prevedere l'effetto della propria azione. Nella distorsione non lineare invece non c'è reazione; per cui l'azione si ripercuote immediatamente nell'uscita e dipende solo dalle proprietà matematiche dei polinomi usati<sup>15</sup>.

#### 4. *Implementazione e risultati.* Sono ora descritte le prove effettuate e i risultati sonori presentati durante il 6º Colloquio di Informatica Musicale.

<sup>14</sup> D.A. JAFFE - J.O. SMITH, *Extensions of the Karplus Strong plucked-string algorithm*, «Computer Music Journal», vol. 7, n. 2, pp. 56-59, 1983.

<sup>15</sup> G. DE POLI, *Tecniche numeriche di sintesi della musica*, «Bollettino LIMB», n. 1, pp. 12-44, 1981.

Per l'implementazione si è partiti dallo schema di figura 10c, in cui però la moltiplicazione per 2 è stata inglobata in G come illustrato in figura 15.

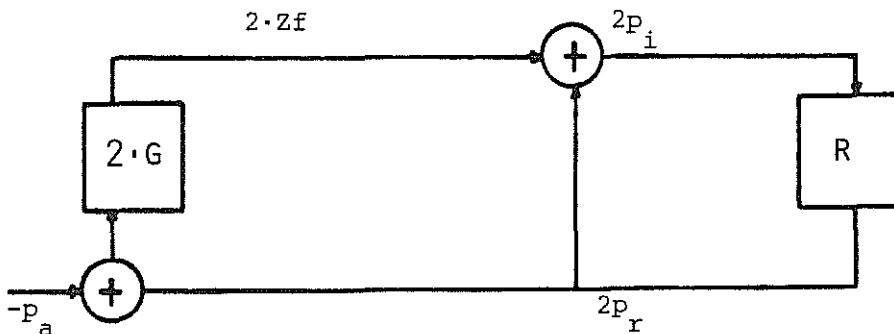


Figura 15

È stato realizzato uno strumento Music 360 per la sintesi, nonché un generatore di funzioni che tabuli la G. Nelle prove effettuate si sono unite varie funzioni non lineari F; la più semplice, una parabola, è troppo irrealistica. È stata usata quindi una cubica descritta dall'equazione

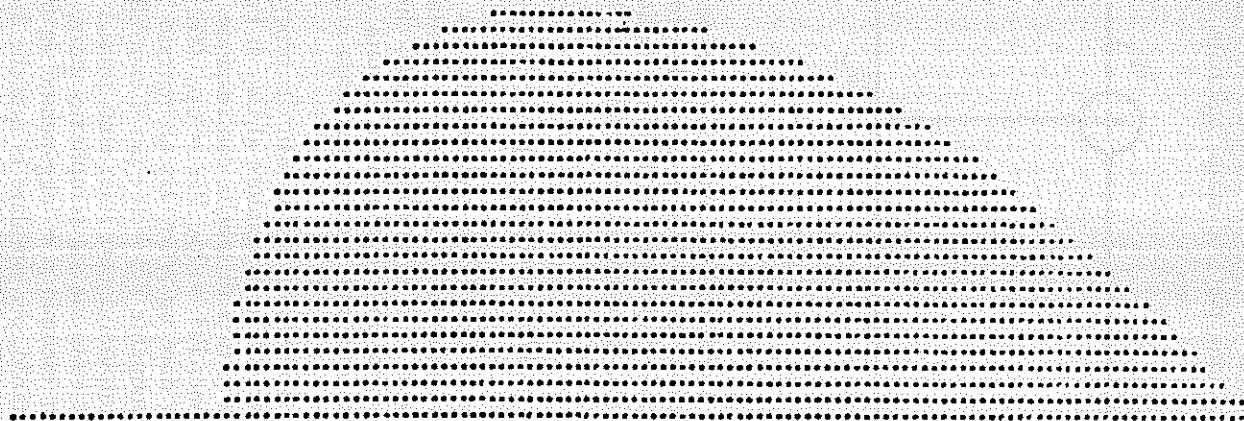
$$F(p) = kf(p_a - p) (p - p_c) (p + p_a - 2p_c)$$

dove  $p_c$  è la pressione critica che fa chiudere l'ancia e  $p_a$  è la pressione applicata all'imboccatura. La funzione G risultante è illustrata in figura 16. Il guadagno K è stato scelto in modo che Z, impedenza caratteristica, sia unitaria. Per la riflessione è stata usata una linea di ritardo di lunghezza dipendente dalla frequenza e un filtro ricorsivo del 2° ordine.

In figura 17 viene presentato il *flow-chart* dei programmi che sono stati usati negli esperimenti al calcolatore al Csc di Padova. Si tratta essenzialmente di una lettura di tabella con reazione. I simboli sono di chiara identificazione:  $PH = 2p_2$ ;  $PI2 = 2p_i$ ;  $ZG2 = 2Zf$ .

È stato necessario dare un *offset* Ofx all'ingresso X della tabella per posizionare correttamente  $PH = 0$  e per il controllo dell'ingresso. Come *output* per i campioni sonori sono stati presi i valori PH. Lo schema di figura 17 è stato via via complicato senza, tuttavia, intaccarne la sostanza. Per esempio si è "agganciata" la frequenza di taglio del filtro  $f_T$  al ritardo, per simulare in qualche modo la maggiore o minore lunghezza della canna.

FUNCTION NO. 2 HAS BEEN GENERATED AT TIME 0.0, AND PRODUCES THE CYCLE SHOWN BELOW.



*Figura 16*

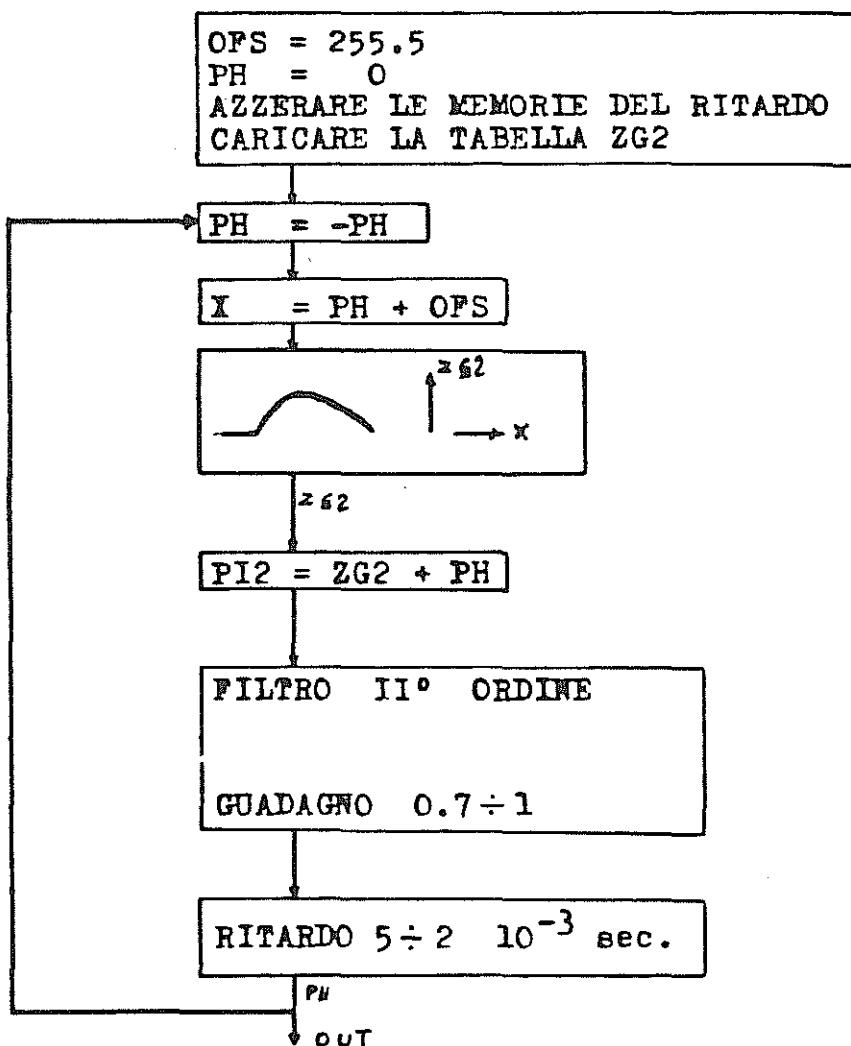


Figura 17

In figura 18 compare lo spettro di un suono prodotto con questo programma, in cui il filtro usato nella reazione è un passabanda avente i seguenti parametri: frequenza centrale  $FC = 1000$  Hz, lar-

ghezza di banda LB = 1000 Hz. Esso si riferisce al suono nella canna del clarinetto. La nota è un LA3 (220 Hz).

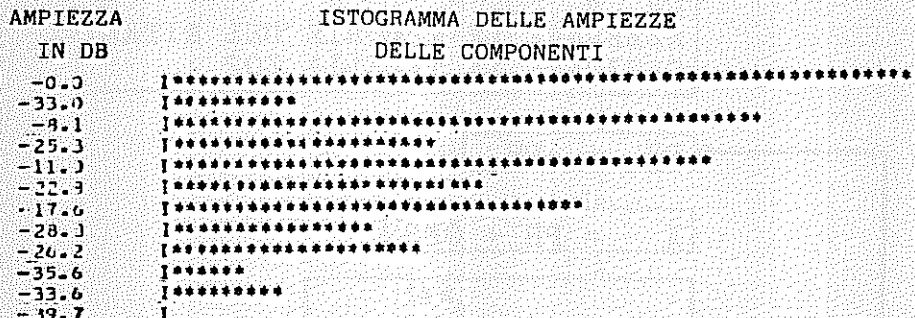


Figura 18

Per confronto in figura 19 compare lo stesso segnale filtrato in uscita con un passa alto per rendere conto, in maniera semplificata, dell'effetto di radiazione verso l'esterno della campana del clarinetto.

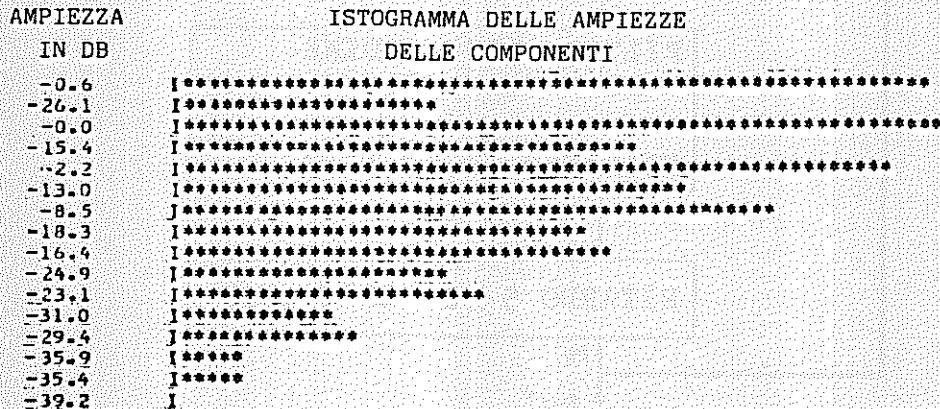


Figura 19

La frequenza di taglio FT è stata posta a 500 Hz. Questo spettro ha più armoniche significative ed è più brillante del precedente, ma si noti soprattutto come in entrambi i casi le armoniche pari siano attenuate rispetto a quelle dispari, come si verifica nel clarinetto reale.

In figura 20 compare un'altra nota (Sol# 2, 103.8 Hz) prodotta nelle stesse condizioni della precedente, cioè: filtro passabanda nella reazione con FC = 1000 Hz, LB = 1000 Hz; filtro passa alto sul segnale in uscita con FT = 500 Hz. Si noti come per questa nota



Figura 20

più "grave" lo spettro si sia notevolmente allargato – fenomeno tipico negli strumenti reali – pur mantenendo le caratteristiche generali (per esempi la similitudine tra gli inviluppi delle ampiezze).

Sono stati fatti altri esperimenti in cui si variavano le caratteristiche del filtro di reazione. Per esempio in figura 21 e in figura 22 compaiono gli spettri del suono interno della stessa nota (Fa#, 185 Hz) in cui però il filtro di reazione è un passabasso, nel primo caso con FT = 1000 Hz, nel secondo caso con FT = 1250 Hz. Le differenze tra i due spettri sono sensibili anche se la FT dei filtri è stata cambiata di poco.

AMPIEZZA  
IN DB

ISTOGRAMMA DELLE AMPIEZZE  
DELLE COMPONENTI

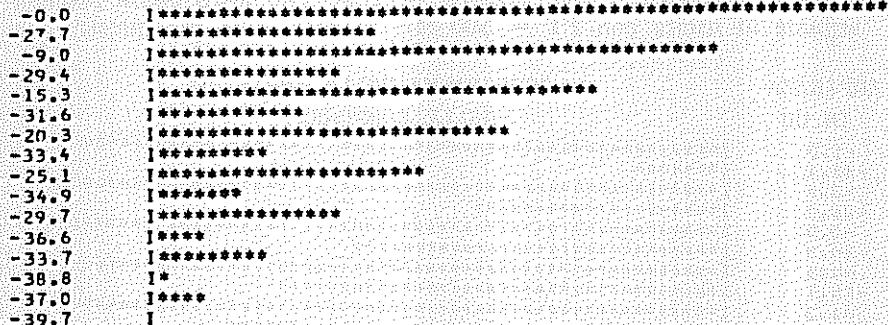


Figura 21

AMPIEZZA  
IN DB

ISTOGRAMMA DELLE AMPIEZZE  
DELLE COMPONENTI

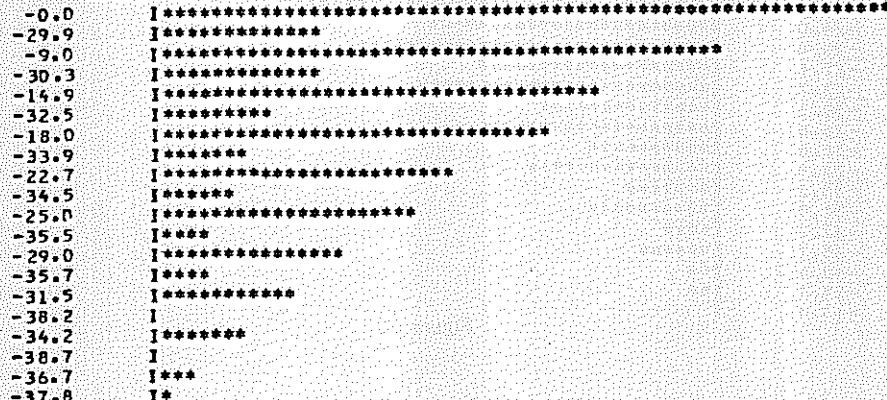


Figura 22

In figura 23 compare un'altra nota ( $Re3$ , 146.8 Hz) sempre con frequenza di taglio del filtro passabasso a 1250 Hz come nel caso di figura 22. Anche qui compare il fenomeno dell'allargamento dello spettro col calare della fondamentale.

Per simulare la non costanza del soffio del suonatore è stato aggiunto all'*offset* Ors una leggera fluttuazione casuale subsonica con

AMPIEZZA  
IN DB

ISTOGRAMMA DELLE AMPIEZZE  
DELLE COMPONENTI

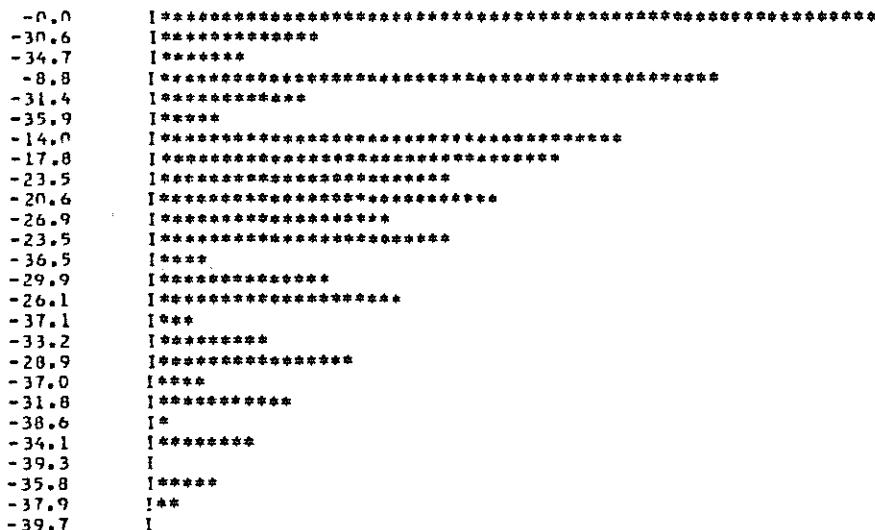


Figura 23

frequenza 5 Hz. Per quanto riguarda l'ampiezza, usando valori di 5÷10 unità, confrontati con  $OFS = 255$  unità e  $p_a - p_c = 424$  unità, si ottengono i risultati migliori, aggiungendo realismo alla simulazione. Aumentando questi valori si sono ottenuti risultati sorprendenti, in quanto il clarinetto simulato devia dal funzionamento normale per produrre effetti sonori imprevisti.

Con un'ampiezza della deviazione *random* superiore a 25 unità, in alcuni provini si può sentire il "clarinetto" che inizia normalmente con una nota, poi dopo alcuni secondi "l'ancia" si inceppa, ha delle esitazioni e lo strumento perde l'intonazione salendo tipicamente di una quinta e cambiando registro. Si ha l'impressione di sentire un suonatore poco esperto (o molto bravo!). Imponendo invece un'ampiezza di *random* uguale a 40 unità lo strumento perde quasi istantaneamente l'intonazione, ma all'inizio si può udire chiaramente il "battito dell'ancia". Il suono è così realistico che sembra concreto. Inoltre spesso compare un soffio-rantolo altrettanto realistico, che deriva da instabilità nello strumento simulato creata dal *random* subsonico applicato all'ingresso.

Un'ulteriore sperimentazione, come già accennato, ha riguardato l'ampiezza del *random* aggiunto all'*offset* *OFS*. Nella figura 24 sono

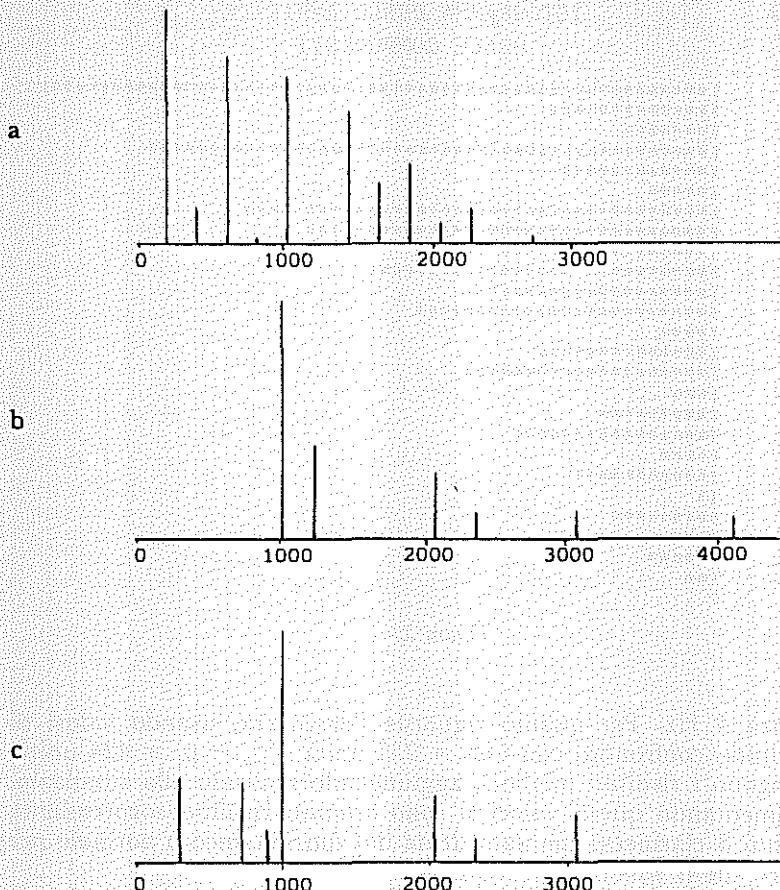


Figura 24

riportati gli spettri della stessa nota (La3) con *random* crescenti. In figura 24a il *random* è di 15 unità. Lo si può agevolmente confrontare con altri spettri della stessa nota presenti in questo lavoro. Gli spettri di figura 24b e c riguardano un *random* di 30 e di 40 unità rispettivamente. Siamo nel caso delle instabilità e si può notare la inarmonicità degli spettri e la prevalenza della quinta armonica.

Infine è stato fatto un esperimento in cui è stata usata nella tabella una "spezzata" generica e, abolito il filtro. Il segnale in uscita dalla tabella veniva sommato all'ingresso ritardato e rispedito indie-

tro senza cambiarlo di segno, moltiplicando per un guadagno minore di uno. Il risultato sonoro produce un timbro completamente differente da quello del clarinetto ed indica chiaramente come con questo algoritmo si possono creare, con poco sforzo computazionale, suoni molto ricchi timbricamente.

5. *Conclusioni.* L'idea di simulare gli strumenti musicali è stata presente sin dalle prime applicazioni degli elaboratori alla musica con due obiettivi di fondo: conoscere meglio la fisica dello strumento e confrontare le tecniche di sintesi, via via proposte, con un riferimento preciso. Da una parte si sfrutta la sintesi come aiuto nell'analisi, dall'altra si utilizzano i risultati dell'analisi per la scelta dei parametri della sintesi. Il primo approccio però porta a modelli computazionalmente molto complessi, mentre il secondo a modelli troppo semplificati. Questo lavoro si inserisce nella tendenza ad avere modelli abbastanza semplici, ma che facciano riferimento ad un modello fisico<sup>13-17</sup>.

Fra i vantaggi di questo approccio si può citare il fatto che la struttura del modello è derivata dall'osservazione della realtà. Si può attribuire un significato fisico preciso ai parametri del modello, prevedendo quindi il risultato di ogni scelta. Questo evidentemente aiuta molto chi deve poi usare l'algoritmo in un contesto compositivo. Forse l'aspetto più interessante sta nel fatto che il modello è dinamico. Esso quindi segue le variazioni dei parametri di ingresso con un transitorio che è tipico dello strumento simulato. Vengono così naturalmente riprodotti l'attacco, il decadimento, le articolazioni ecc. Se le variazioni sono piccole il modello si comporta naturalmente in modo coerente, migliorando così notevolmente la qualità del timbro. È infatti molto importante che il modello abbia un comportamento fisicamente e percettivamente coerente specie alle piccole variazioni e questo può essere ottenuto nelle tecniche di sintesi tradizionali spesso solo con complicati controlli dei parametri<sup>18</sup>. Si può infine citare la possibilità di estendere e variare le caratteristiche dello strumento e di ottenere modi di funzionamento non convenzionale.

<sup>16</sup> C. CADOU - A. LUCIANI - J. FLORENS, *Responsive input devices and sound synthesis by simulation of instrumental mechanism: the Cordis system*, «Computer Music Journal», vol. 8, n. 3, pp. 60-73, 1984.

<sup>17</sup> K. KARPLUS - A. STRONG, *Digital synthesis of plucked-string and drum timbres*, «Computer Music Journal», vol. 7, n. 2, pp. 43-55, 1983.

<sup>18</sup> A. RIOTTE, *Un modèle informatique pour la transformation continue de sons inharmoniques*, «Proceedings of ICMC '84», pp. 43-51, 1984.

Questa tecnica di sintesi presenta anche dei problemi, sia teorici che pratici. È infatti difficile prevedere dal punto di vista matematico, l'effetto preciso della scelta di una funzione qualsiasi o di una reazione arbitraria. Non ci sono cioè mezzi semplici, come le funzioni di Bessel per la modulazione di frequenza o i polinomi di Chebyshev per la distorsione non lineare, che consentono di calcolare rapidamente lo spettro risultante. Questo forse non è un grosso problema per l'utente se impiega un modello già sperimentato. Dal punto di vista pratico si può osservare che spesso i dati sulla fisica dello strumento sono imprecisi e non facilmente disponibili. Inoltre bisogna valutare le semplificazioni introdotte in modo da rendere conto dei fenomeni percettivamente più significativi, e cercare di semplificare al massimo gli altri. Bisogna poi calibrare con cura il modello e determinare significato e campo di variabilità dei valori numerici dei parametri. Nel modello qui usato inoltre c'è da fare attenzione al controllo della frequenza, che dipende dal ritardo complessivo della reazione. Spesso i parametri si influenzano a vicenda, per cui si può affermare in definitiva che per un uso efficace bisogna imparare a suonare lo strumento simulato, così come si impara a suonare gli strumenti reali.

<sup>19</sup> J.O. SMITH, *Techniques for digital filter design and system identification with application to the violin*, Ph.D. Diss., Stanford University, Stanford CA, 1983.

<sup>20</sup> J.M. ADRIEN - X. RODET, *Physical models of instruments: a modular approach, application to strings*, «Proceedings of ICMC '85», pp. 85-90, 1985.

<sup>21</sup> G. DE POLI, *A tutorial on digital sound synthesis techniques*, «Computer Music Journal», vol. 7, n. 4, pp. 8-26, 1983.

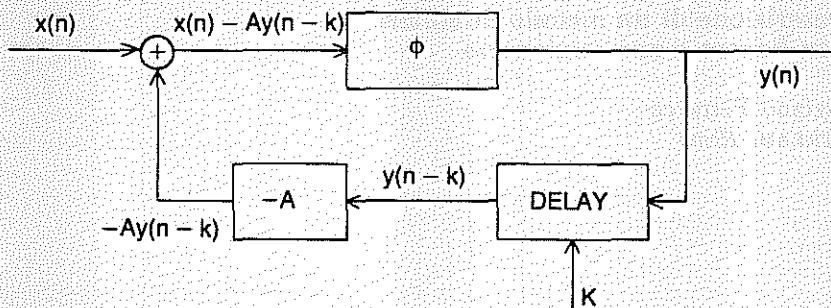
## **Descrizione di un metodo di sintesi non lineare e non stazionario**

Stefano Petrarca  
STREAM, Roma

La ricerca oggetto di questo intervento si inquadra coerentemente nell'ambito delle scelte di base operate dai componenti dello Studio per la Ricerca Elettroacustica Musicale all'atto della sua formazione: infatti l'attenzione dello STREAM è rivolta allo studio e allo sviluppo di quelle discipline scientifiche che applicate alla musica consentono di arricchire i mezzi espressivi a disposizione. L'attività dello studio è rivolta decisamente alla composizione musicale, in particolare alla *computer music*; è quindi ovvio che un ruolo molto importante gioca la ricerca nel campo dei metodi matematici per la razionalizzazione e l'ottimizzazione delle risorse offerte dall'elaboratore elettronico sia nel campo dei modelli di sintesi del suono sia in quello della formalizzazione del processo compositivo.

Il modello proposto è una variante della distorsione non lineare. I vantaggi dei metodi di sintesi non lineari sono noti ormai a tutti; tra questi, senza dubbio, il più rilevante è la possibilità di ottenere facilmente spettri dinamici. Sono noti anche gli svantaggi di tali metodi: il più evidente è la limitata controllabilità dello spettro risultante. Come possiamo vedere dalla figura 1, il metodo di sintesi (che ho chiamato reazione non stazionaria) consiste nell'aggiungere ad un tipico sistema per la distorsione non lineare, un anello di contoreazione consistente in un blocco di ritardo e un invertitore/amplificatore. Come si può facilmente osservare, l'elemento chiave è il ritardo  $k$  applicato all'ingresso del blocco ritardatore: variando questo parametro, infatti, potremo far variare dinamicamente lo spettro in uscita dal sistema. Il blocco contrassegnato con  $\emptyset$  è un sistema non lineare il cui modello è, nel caso più semplice, un polinomio di grado  $m$ . Il grado del polinomio distorcente può non essere elevato, dal momento che, tramite l'anello ritardante, lo spettro di uscita viene arricchito rispetto a quello del sistema ad anello aperto (cioè la distorsione non lineare classica).

Come si può facilmente intuire, analizzando il modello formalmente (Fig. 2), il tempo di ritardo con cui l'uscita ritorna all'ingresso è  $k$  volte il periodo di campionamento. Operando l'analisi del



$$n = \phi, \dots, N-1$$

$\phi$ : operatore non lineare

$$K = 1, \dots$$

$$y(-K) = y(-K+1) = \dots = y(-1) = \phi$$

$$y(n) = \phi[x(n) - Ay(n - k)]$$

$A = \phi$ : Distorsione non lineare "classica"

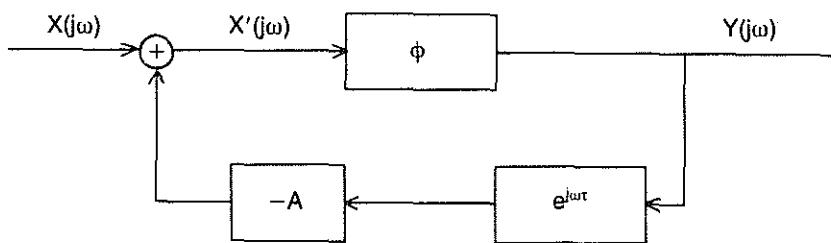
Spettro di uscita:

$$Y(r) = \sum_{n=0}^{N-1} \phi[x(n) - Ay(n - k)] e^{-j2\pi r n / N}$$

$$r = \phi, \dots, N-1$$

Figura 1 - Sintesi non lineare con reazione non stazionaria.

sistema nel dominio della frequenza possiamo desumere la funzione di trasferimento dell'intero sistema in modo da poter avere un modello con cui calcolare lo spettro di uscita in funzione di quello di ingresso che, normalmente è molto semplice. Se l'operatore distortore è un polinomio di grado  $m$ , otteniamo la  $Y(jw)$  in forma ricorsiva che possiamo usare, poi, per trovare la formula che esprime la funzione di trasferimento del blocco non lineare. Infine, osservando che la funzione di trasferimento del ritardatore è  $e^{j\omega t}$ , possiamo trovare la semplice formula che rappresenta la funzione di trasferimento globale. Dall'espressione della funzione di trasferimento del ritardatore possiamo osservare che tale termine introduce uno sfasamento che dipende linearmente dalla frequenza: e infatti, come qualcuno avrà già avuto modo di arguire, il sistema in esame è una sorta di modulatore di fase e l'effetto che produce è una specie di *phasing*. Inoltre va detto che un punto delicato del modello è il blocco amplificatore che può produrre instabilità e *overflow* se non ben dimensionato.



$$\tau = K \cdot T_c$$

$$t = n T_c$$

$T_c$ : Periodo di campionamento

$$\text{se } \phi[z] = P_m[z] = \sum_{i=0}^m a_i z^i :$$

$$Y(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} P_m[x(t) - Ay(t - \tau)] e^{-j\omega t} dt$$

La funzione di trasferimento totale del sistema sarà:

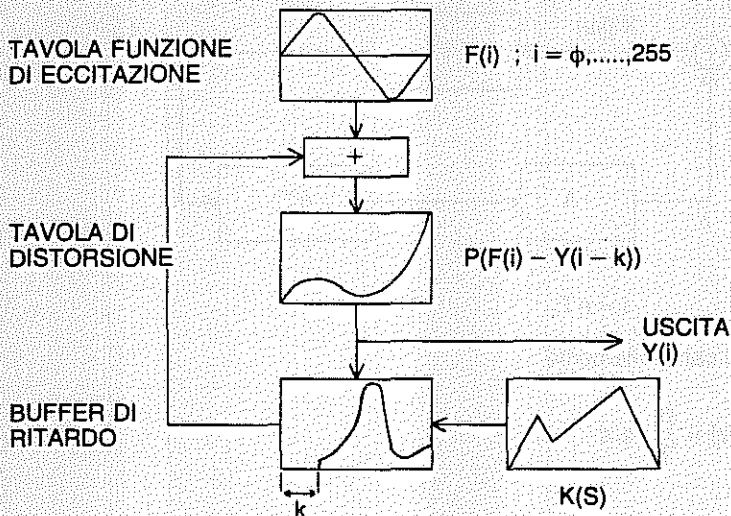
$$W(j\omega) = \frac{\phi(j\omega)}{1 + Ae^{j\omega\tau} \phi(j\omega)} ;$$

$$\phi(j\omega) = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} P_m[x(t) - Ay(t - \tau)] e^{-j\omega t} dt}{\int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{-j\omega t} dt - Ae^{j\omega\tau} \int_{-\infty}^{+\infty} P_m[x(t) - Ay(t - \tau)] e^{-j\omega t} dt}$$

$$W(j\omega) = \dots$$

Figura 2 - Sintesi non lineare con reazione non stazionaria.

Dalla figura 3 possiamo vedere lo schema a blocchi di una possibile implementazione su calcolatore. Viene scandita alla frequenza desiderata, una tabella di lettura della funzione di ingresso. Il campione così generato viene sommato (più esattamente, sottratto) al valore generato da una tabella di ritardo (che deve essere inizializzata con gli opportuni primi k valori). Il risultato della somma viene usa-



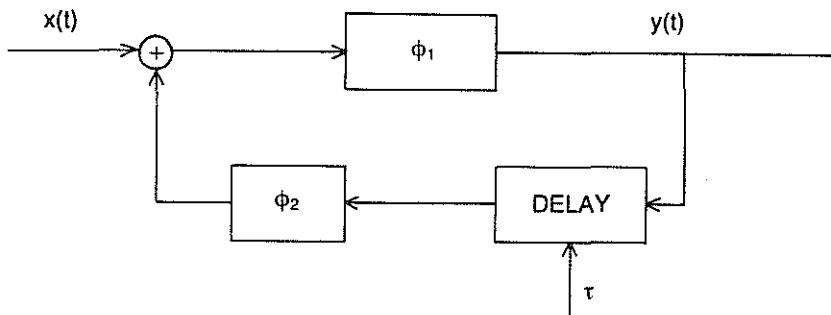
$$F(i) = \sin(2\pi f_i / 255)$$

$S = h \cdot T_c$ : un cambiamento di ritardo ogni  $h$  campioni.

Figura 3 - Diagramma a blocchi.

to come indice di una tabella che contiene i valori del polinomio distorcitore; il relativo valore della tabella viene inserito nella tabella di ritardo a partire dal  $k$ -mo posto della tabella stessa. Il valore del parametro  $k$  è controllato da una tabella che contiene i valori della sequenza di ritardi (o più precisamente, i valori della derivata) che può essere così considerata una sorta di partitura.

Esiste presso lo STREAM, un programma di valutazione di tale metodo di sintesi che permette di redigere semplici sequenze di ritardi (tramite interpolazione di nodi), generare polinomi, determinare la frequenza del segnale eccitatore che può essere composto di due sinusoidi in qualsiasi rapporto frequenziale; inoltre può essere determinato il passo di scansione della partitura di ritardo e si può far variare (con lo stesso passo) dinamicamente la frequenza di uno dei due oscillatori sinusoidali. L'esecuzione in tempo reale del tutto è affidata ad un semplice 6502; come abbiamo detto, il movimento del timbro è ottenuto tramite la variazione del ritardo: e ciò è possibile senza moltiplicazioni né elaborazioni complesse. Un 6502 ad 1 MHz



$\phi_1, \phi_2$ : operatori non lineari

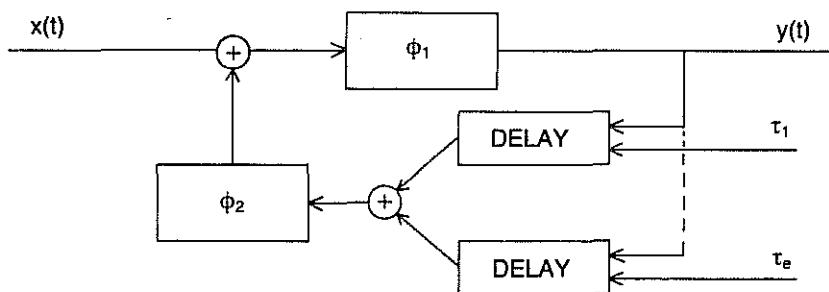
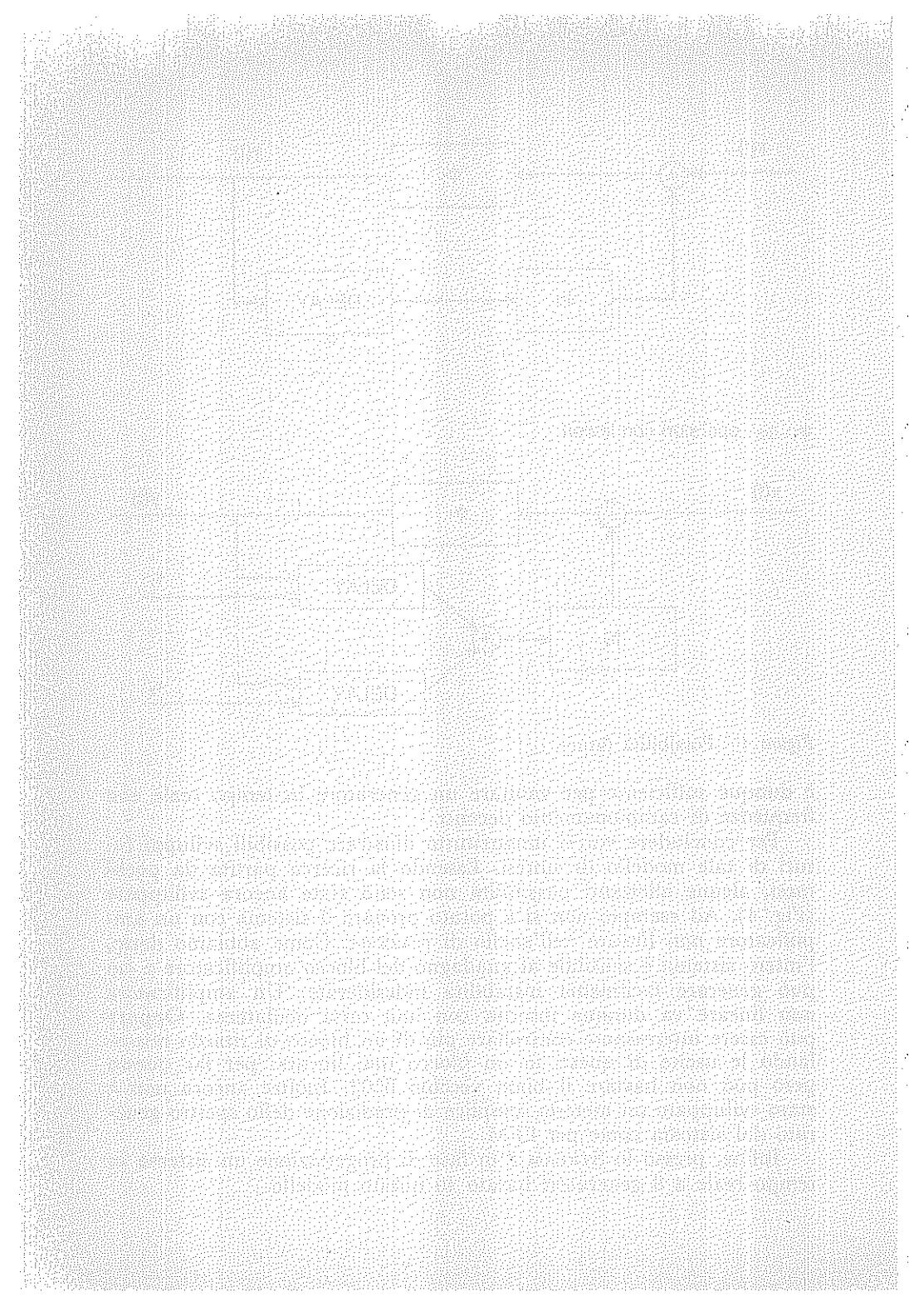


Figura 4 - Possibilità future.

è dunque sufficiente per valutare un generatore in tempo reale con frequenze di campionamento decenti.

Per concludere vorrei innanzitutto illustrare possibili sviluppi futuri di tale modello di sintesi. Essendo la ricerca partita da pochi mesi, alcune allettanti possibilità non sono state ancora sviluppate (Fig. 4). Ad esempio non si è potuto provare il sistema con un amplificatore non lineare nell'anello di reazione. Come abbiamo detto, l'intero sistema è sensibile al guadagno del blocco amplificatore e ciò può generare facilmente instabilità indesiderate. Un amplificatore non lineare va dunque inserito con una certa ocultezza. Oppure può essere interessante controllare più di un blocco di ritardo miscelando le uscite di questi in un blocco non lineare: per far questo però può non bastare il buon vecchio 6502. Inoltre ancora non è stato sviluppato un metodo semplice di predizione dello spettro generato dal sistema come per l'FM.

Infine, presso lo STREAM è in fase di progettazione un sistema in tempo reale a 8 generatori basato su questo modello.



# Sessione: DIGITAL SIGNAL PROCESSING II

## Synthesis of singing

Johan Sundberg

*Dept. of Speech Communication & Music Acoustics, Royal Institute of Technology, Stockholm (Svezia)*

The background of the activities, about which I'm going to tell, is far back in the history of the lab where I am working. In those days, that is, in the fifties, the lab was started as the Speech Transmission Laboratory by Gunnar Fant. He is an expert in speech theory and analysis, and he demonstrated the usefulness of the analysis-by-synthesis procedure in dealing with acoustic signals such as those used in speech communication. Thus, he constructed a speech synthesizer, the classical OVE, the Orator Vox Electrica. Just for fun, he not only synthesized speech on this machine, but also singing, and he chose a very well-known song in Sweden namely *Helan går*, the song you sing before drinking your aquavit. (Sound illustration).

In 1967 I started doing research on the *singing voice*. In 1975, a thesis student, Björn Larsson, followed the suggestion of a colleague of mine, Jan Gauffin, to build a singing synthesis machine, Larsson<sup>1</sup>. The machine was similar to OVE but it was more musical, in certain respects, at least. Figure 1 shows the block scheme.

MUSSE contains two main parts; the glottal voice source is simulated by 5 cascaded Rc-filter circuits and the vocaltract resonator generates a source sawtooth waveform with a variable offset. The pitch can be controlled from a keyboard, and for the remaining input parameters, there are knobs on the front panel. Thus, MUSSE can be used as a synthesizer that can be carried around and played

<sup>1</sup> B. LARSSON, 1977 *Music and Singing Synthesis Equipment (MUSSE)*, STL-QPSR 1/1977, pp. 38-40.

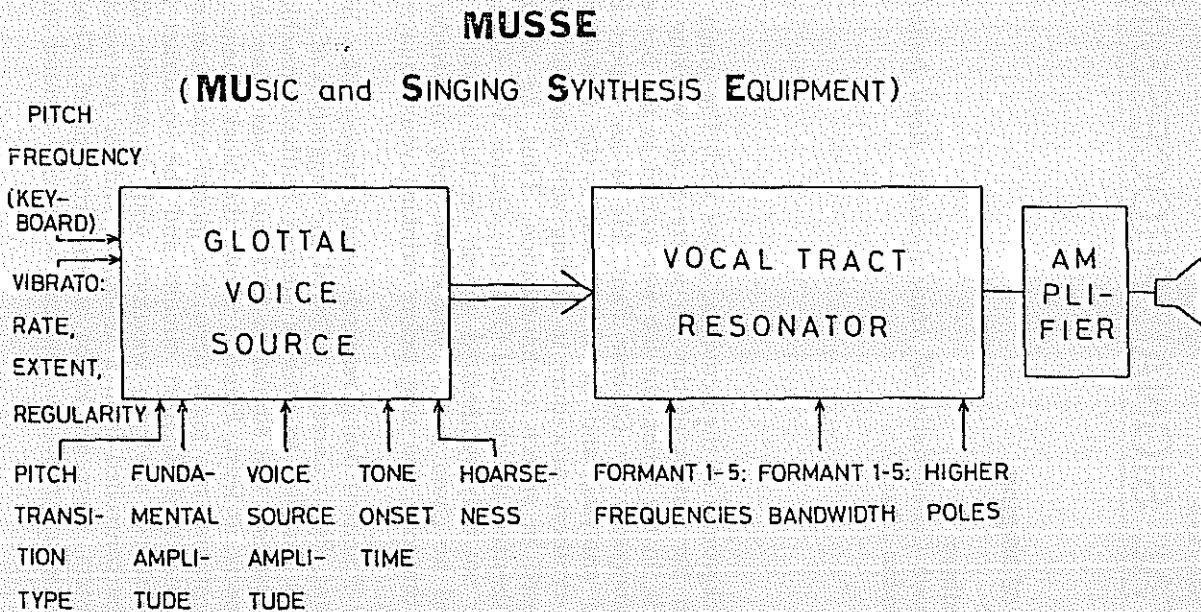


Figure 1 - Block scheme of the Musse synthesizer. After Sundberg (6).

by hand. You also can see that most of the input variables correspond to acoustically relevant voice parameters. In this sense, MUSSE is a model of the human vocal organ, generating only one voice at the time, just as we humans do.

However, using MUSSE as a synthesizer that is played by hand involves some severe limitations. MUSSE is completely unable to change his voice – unless the player has a hand free to change some of the knob settings in an appropriate way. Also, his voice invariably sounds relaxed and undisturbed by any extreme in pitch and musical expression. It is evident that MUSSE – used in this particular way – is impossible as a music instrument.

However, my colleagues at the lab, Rolf Carlson and Björn Grannström, developed a speech synthesis system containing a special computer program RULSYS, which controlled the speech synthesizer they used, Carlson & Granström<sup>2</sup>. The input was not turning knobs or reading patterns on sheets, as was the case in the pre-computer era; instead, the text itself could be typed into the terminal keyboard and this text was then converted to speech by the RULSYS program and the synthesizer.

This task, elegantly solved by this system, had striking parallels with playing music from a music score. Carlson and Granström realized a new potential application of their system and modified it so that it could read melodies written on a regular normal note staff and convert these note signs into control signals for the MUSSE machine. The system is shown in figure 2.

This figure also illustrates for what purpose we have used the system: for getting bits and pieces belonging to the answer of a very difficult question: "What makes music sound like music?". Or, more specific and with focus on singing: "What it is that the singer adds to the written melody and that adds musical meaning to the music?"

Mostly our system has been used for synthesizing performance of one part of instrumental music, and in that project I have been constantly working with a professional musician, Lars Frydén, Sundberg, Frydén, & Askenfelt<sup>3</sup>. To some extent, however, MUSSE has also been used for synthesizing singing, and within the last two years this work has reached a certain intensity. First, I worked with Rolf

<sup>2</sup> R. CARLSON 1975 - B. GRANSTRÖM, *A Phonetically Oriented Programming Language for Rule Description of Speech*, pp. 245-253 in "Speech Communication", vol. II, ed. by G. Fant, Almqvist & Wiksell, Stockholm.

<sup>3</sup> J. SUNDBERG - L. FRYDÉN - A. ASKENFELT, 1983 *What Tells You the Player is Musical?* pp. 61-75 in «Studies of Music Performance». Publications issued by the Royal Swedish Academy of Music, No. 39, Stockholm.

## ANALYSIS BY SYNTHESIS OF MUSIC PERFORMANCE

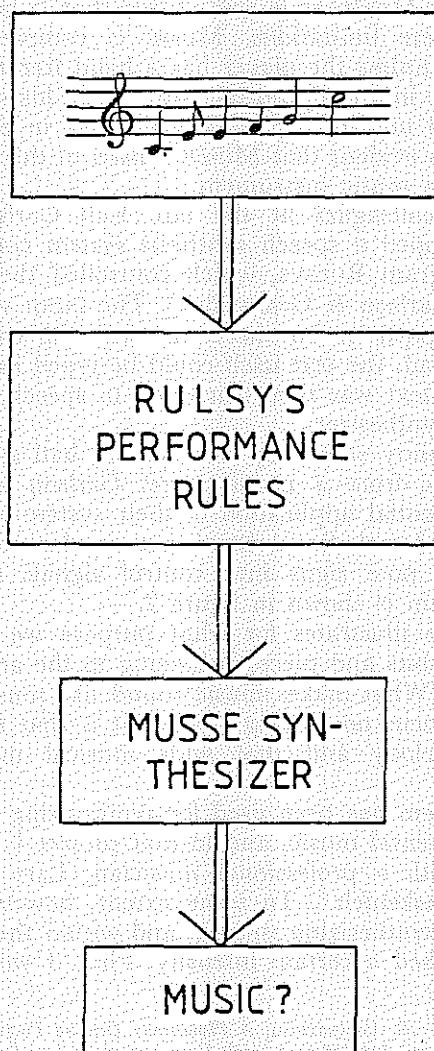


Figure 2 - Block scheme of the system for note-to-tone conversion synthesis using the RULSYS program. After SUNDBERG & FRYDÉN (7).

Carlson, Björn Granström, and Anders Askenfelt. Later, in 1984, I worked on this project with Jan Zera, Warsaw and Jan Gauffin at the lab, Zera, Gauffin & Sundberg<sup>4</sup>, Gauffin & Sundberg<sup>5</sup> and last September with Xavier Rodet, IRCAM, Paris. Next I will tell you about some results and experiences.

The input melody to be sung is written on the graphic terminal of our Eclipse S140 minicomputer on a normal note staff. These note signs are then automatically translated into a particular MUSSE code, a symbol sequence specifying vowel, note, octave number, and duration of each note. The program invariably suggests [a] as the vowel, but we can change to any other vowel by editing the MUSSE code. Also, we may insert consonants.

It is this MUSSE code that is being read by the RULSYS program and converted to control signals for the MUSSE synthesizer. As the RULSYS program is an important and crucial tool in this process, let me explain some of its relevant features.

The RULSYS program is built up by simple, ordered rules. When applied, all notes are processed by each rule in the same order that the rules have in the RULSYS program. Thus, the first rule processes the entire string of note signs in the MUSSE code and when this has been done, the second rule is applied, and so on.

The RULSYS rules have the form that they add a property to an item, such as a vowel, provided that the item appears in a specific context. The property added can be computed from a note far ahead or far behind the note itself. Thus, the last note of the melody can influence all the notes preceding it.

The control parameters computed and manipulated by the RULSYS program are the same as those that can be operated by hand. However, there are two exceptions to this. One is the vibrato rate, which cannot be changed by programming. However, this seems to match conditions found in normal singing. The other is the pitch transition type. In most instruments, fundamental frequency changes stepwise. This gives a clearly instrumental character to the sound which, however, disappears if the pitch changes are smoothed.

When only vowels are being used, without interleaved consonants, it often appears that the MUSSE singer changes the pitch in an absent-minded, unintended way, as it were. In order to cure this performance disease, we studied a real performance of a living pro-

<sup>4</sup> J. ZERA - J. GAUFFIN - J. SUNDBERG, 1984 *Synthesis of Selected Vcv-Syllables in Singing*, STL-QPSR 2-3/1984, pp. 119-125.

<sup>5</sup> J. GAUFFIN - J. SUNDBERG, 1985 *Synthesis of Sung Consonants*, paper presented at the French-Swedish Symposium, Grenoble, France, April 1985.

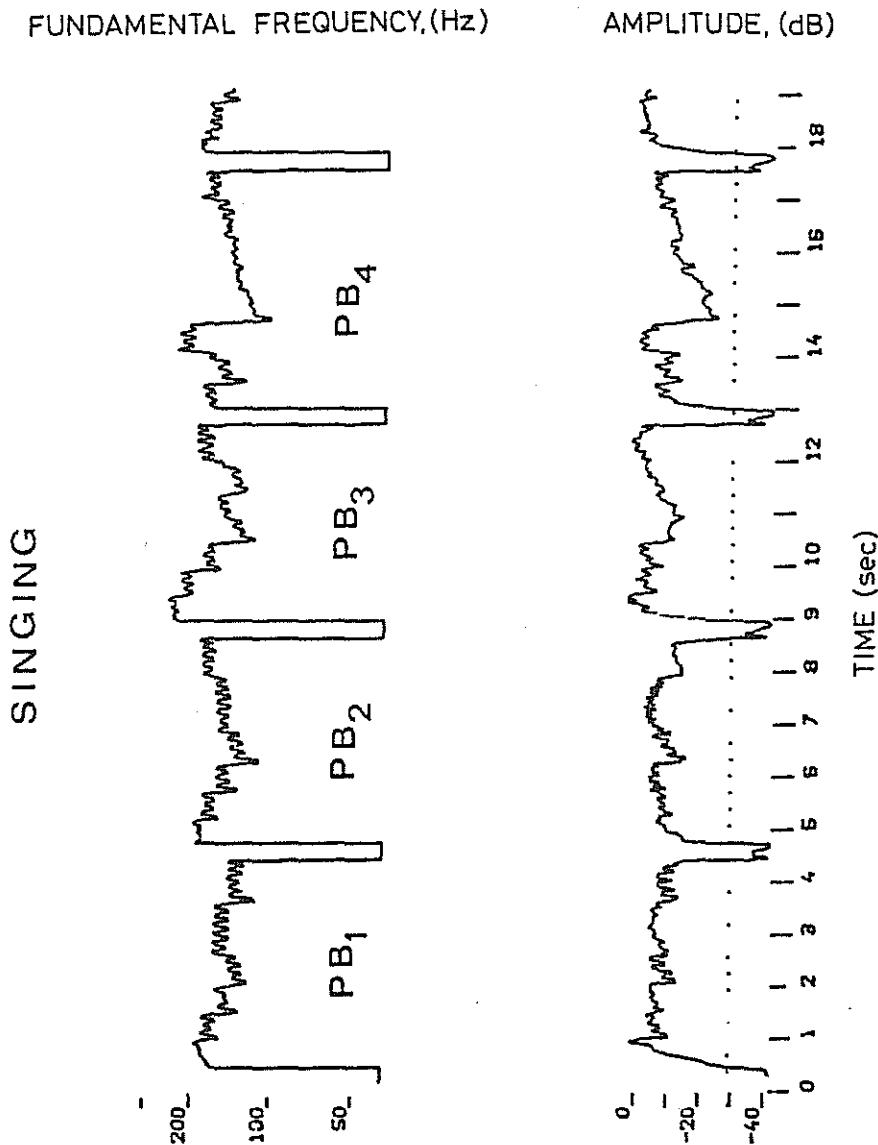
fessional singer singing a "Vocalise" by Panofka. As you can see in figure 3 the fundamental-frequency contour is ornamented with a vibrato, and superimposed on these minor undulations are the gross pitch changes corresponding to the various steps along the scale. In addition to this, we also see overshoots in downward pitch changes. The frequency drops too far, passes the target, and then returns up to the target. We introduced this feature in the RULSYS program. The rule says that all notes preceded by a higher note are approached from a fundamental frequency two semi-tone steps below the target. This "too low" target is approached 60 msec before the onset of the new tone and the goal frequency is reached at the onset of the new note. The details are illustrated in figure 4.

Vowel synthesis is pretty straight-forward. You adjust the formant frequencies, smooth the pitch-frequency changes and add a vibrato. A minor problem occurs when repetitions of the same note occur. After having analyzed real singers' behavior in such situations, we arrived at a very simple rule, which is illustrated in figure 5. The voice source amplitude is simply reduced at the note boundary. The amount of voice source amplitude reduction at the boundary was about 15 dB in this case; it can be much less than this, and still produce the effect, which was even more emphasized by a *crescendo-decrescendo* gesture in the example shown in the figure.

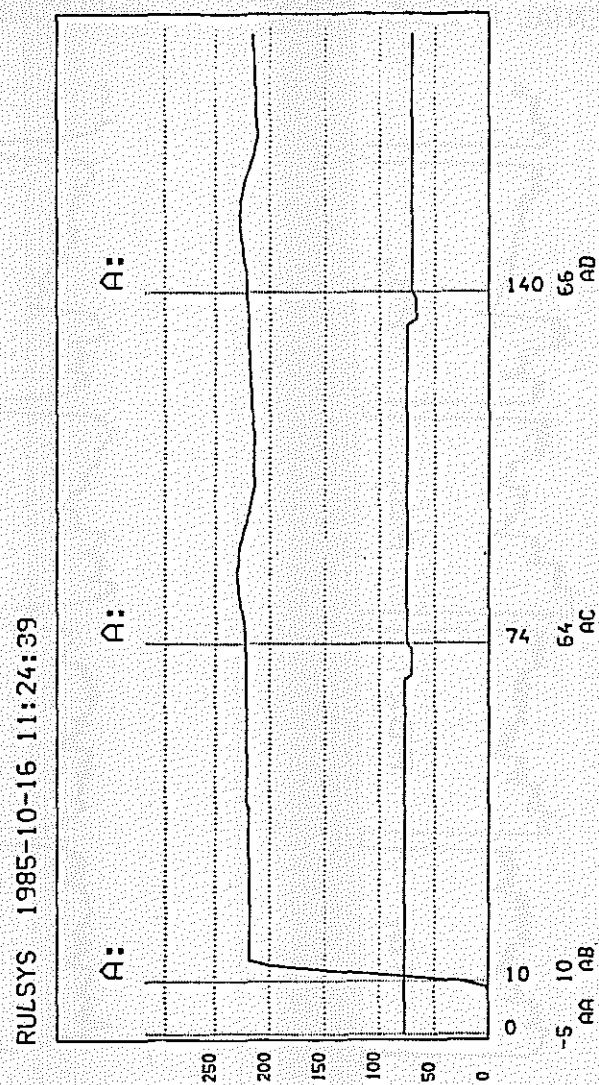
As just mentioned, vowel synthesis is a rather uncomplicated matter. However, this is not true if we turn to female high-pitched singing. The background can be described as follows.

Vowel sounds result from the vocal tract's filtering of the stereotype signal generated by the vocal-fold vibrations. The frequency characteristics of the filter are dependent on the vocal-tract configuration, so that the frequencies of the formants, i.e., the peaks in the frequency curve of the filter, are determined by the vocal-tract shape only. Any vowel is normally associated with a specific configuration of the vocal tract. For instance, we know that the vowel [a] is normally pronounced with a wide jaw opening, and the vowel [u] with a narrow. Hence, every vowel is associated with a specific filter curve of the vocal tract, which can be described in terms of a specific set of formant frequencies; these are varied within wide limits. Thus, the lowest formant frequency may vary between 200 and 900 Hz in vowel sounds.

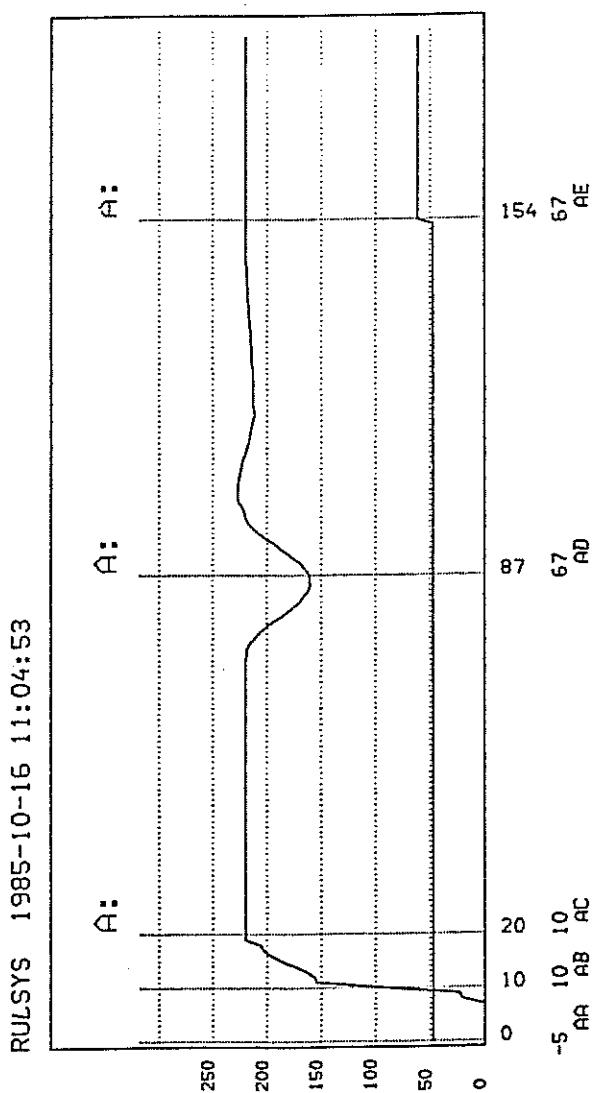
Two hundred Hz is a low frequency when speaking of the pitch in soprano and even alto voices. This is the reason why altos and sopranos do *not* always pronounce the same vowel with the same jaw opening. Instead figure 6 illustrates the typical behavior: the higher the pitch, the wider the jaw opening. Estimates of the formant fre-



*Figure 3* - Phonation frequency and sound level patterns (upper and lower curves, respectively) for a professional singer's performance of a vocalise, the pairs of bars are marked Pb.



*Figure 4* - Sound level and fundamental frequency control signals for synthesizing a *marcato*. In each falling interval the frequency drops too far and returns up to the next target, which is reached at the beginning of the new note. Also, the sound level increases and then decreases after the tone onsets.



*Figure 5* - Sound level and fundamental frequency control signals for synthesizing a tone repetition. The sound level falls down to a minimum at the tone boundary and then gradually rises again. The sound level is given in unit corresponding to a quarter of a dB.

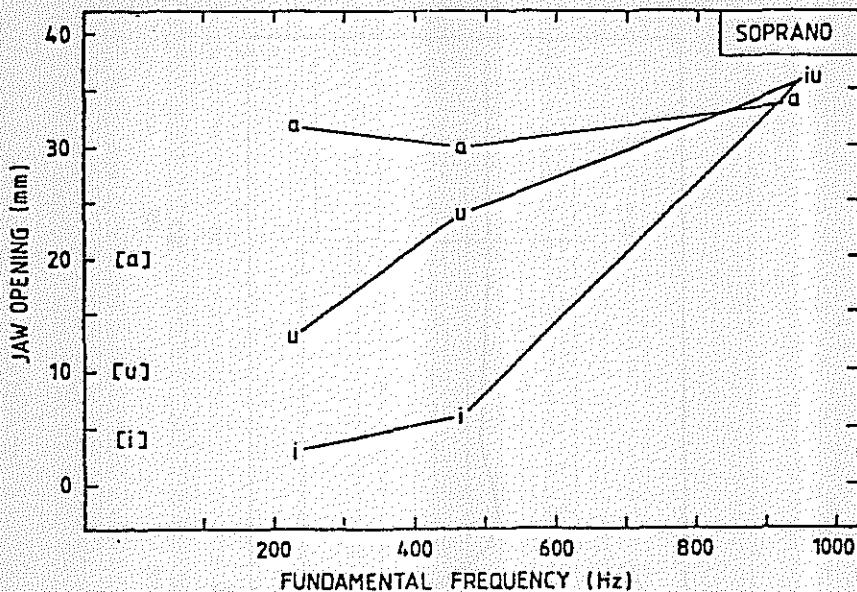


Figure 6 - Jaw opening in a professional soprano singing the indicated vowels at various pitches. The leftmost vowel symbols show her typical jaw opening values in normal speech. After JOHANSSON, SUNDBERG & WILBRAND (9).

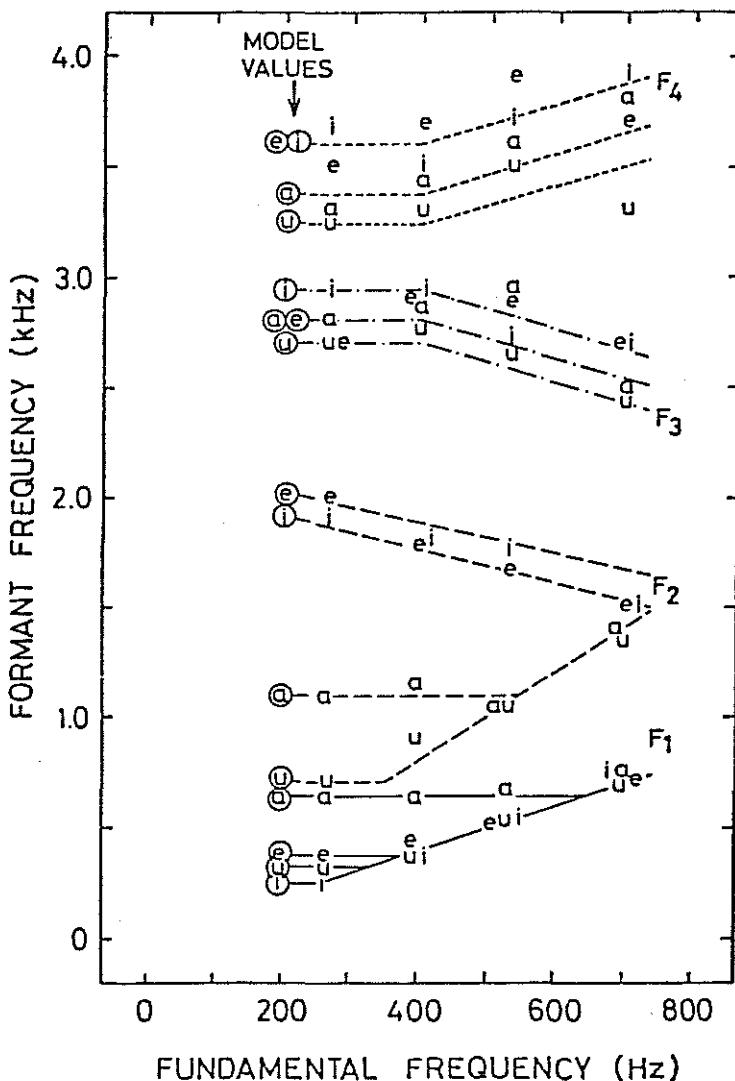
quencies of two different sopranos support the data shown in figure 7.

The principle is that the first formant is raised, as soon as, otherwise, the fundamental would pass it in frequency. In other words, the singers take care that the fundamental is always lower than the first formant.

The lines in the same figure represent idealized trends for the various formants. These lines are replicated in a sound example published in Sundberg<sup>6</sup>. With this recipie, a reasonable degree of naturalness is achieved.

Singers are often fighting with long sequences of short notes. Sequences of short notes without interspersed consonants are called *coloratura*, as we know. Measurements have shown that the typical fundamental frequency pattern is that one vibrato cycle is spent encircl-

<sup>6</sup> J. SUNDBERG, 1978 *Synthesis of Singing*, Sw.J. of Musicol., 60:1, pp. 107-112.



*Figure 7* - Formant frequencies estimated from a professional soprano's singing of the vowels indicated at various pitches. The lines represent an idealized approximation of the data. The leftmost vowel symbols refer to the subject's speech. After SUNDBERG (6).

ing each target note. An example is shown in figure 8 which was performed by a professional singer.

We also see that this professional, who was pleased with the rendering shown in this figures, does not encircle each target very exactly, and this is probably not all that necessary. Perhaps it is sufficient that some — or most — of the targets are successfully approximated.

Figure 9 shows the recipie we tried in order to synthesize *coloratura* singing. The dashed lines show the control signal for the pitch frequency, which is then smoothed in MUSSE, so that gestures corresponding to the solid curve emerge.

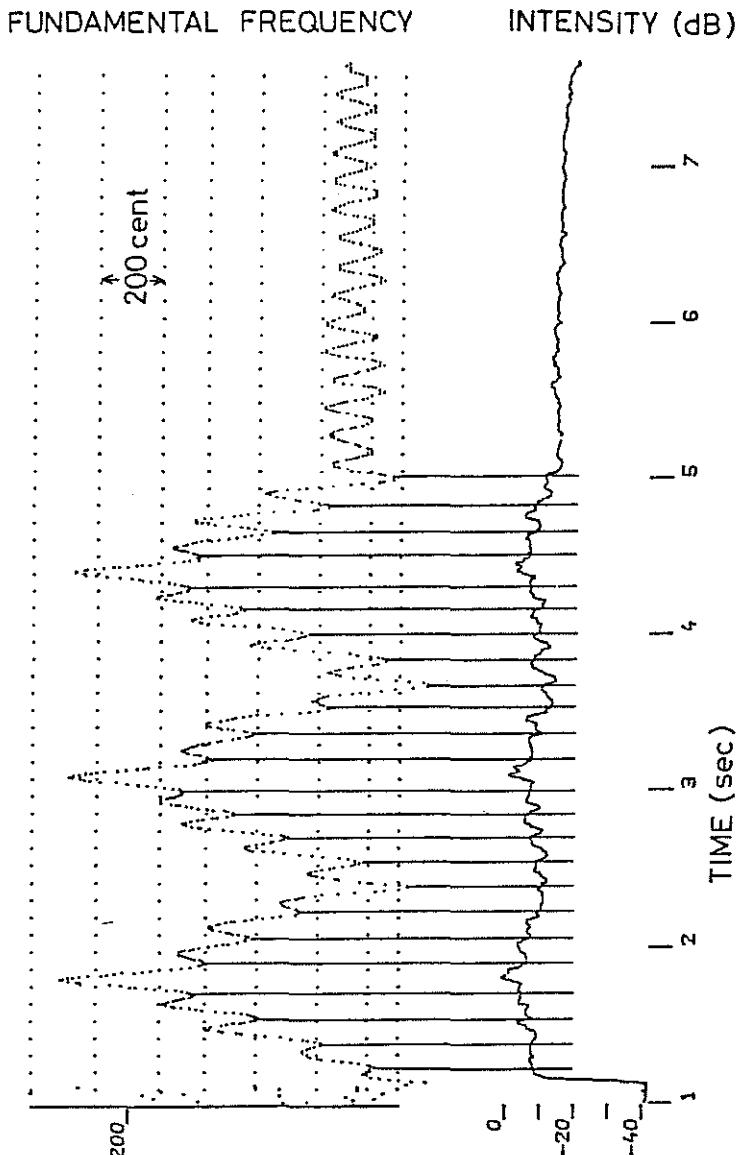
Listening to the effects (sound illustration), it appears that it sounds like a very poor singer when MUSSE tries to perform coloratura without the rule, i.e., in the same way as for longer notes. When the rule is applied, the note sequence can be heard clearly. In order for the pitch to reach the target at the turning points in ascending-descending passages, it is necessary that the fundamental frequency overshoots the target frequencies of these notes.

In synthesizing sung consonants it seems important that the pitch changes are completed at the vowel onset. If this is *not* the case, as shown in the left part of figure 10, the synthesis sounds strange, whereas it sounds perfectly natural if the pitch change is completed at the onset of the new vowel, as illustrated in the right part of the same figure (sound illustration). This suggests that the new note is prepared during the consonant and starts *at the vowel onset*. This is in accordance with the observation that, in order to avoid rhythm errors, the *duration* of the consonant must be subtracted from the *preceding* note. In other words, both duration-wise and pitch-wise, the consonant is part of the preceding vowel.

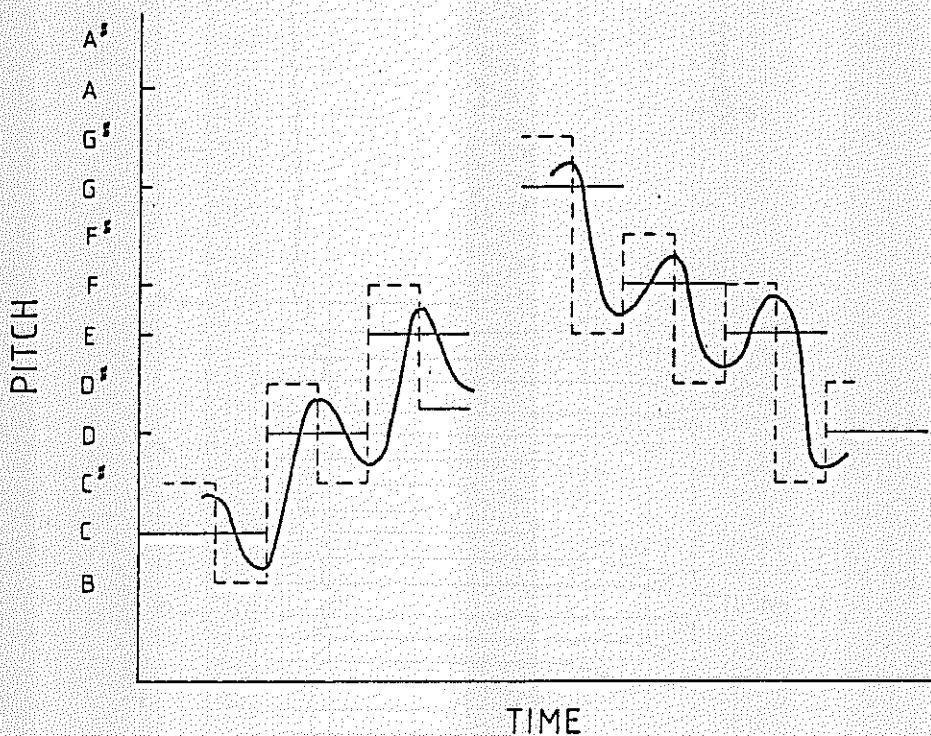
The figure also shows the formant-frequency pattern that we use for synthesizing the consonant [l].

The choice of formant frequencies for both vowels and consonants is critical. If the formant frequencies for the vowels belong to different persons, the synthesis sounds very queer. It is noteworthy that even small errors are clearly audible. For instance, an error of 100 Hz in  $F_2$  of an [i]: will be readily noticeable, eventhough it is only 5% of the frequency.

The "Harmonic Choir" is a small vocal ensemble from New York. Its members have developed a very special type of singing in that they cluster formants densely such, that these formants enhance single partials. These partials may become so strong that they stand out and give rise to a second pitch sensation, apart from the normal one which corresponds to the fundamental. I deviced a setup of rules



*Figure 8* - Phonation frequency and sound level patterns (upper and lower curves, respectively) observed when a professional singer performed a *coloratura* passage. Each target frequency is encircled by a rising-falling frequency gesture.



**Figure 9** - The solid line shows the fundamental frequency control signal (before smoothing) used for synthesizing *coloratura* singing. The dashed curve approximates the curve after smoothing. After FRYDÉN, SUNDBERG & ASKENFELT (10).

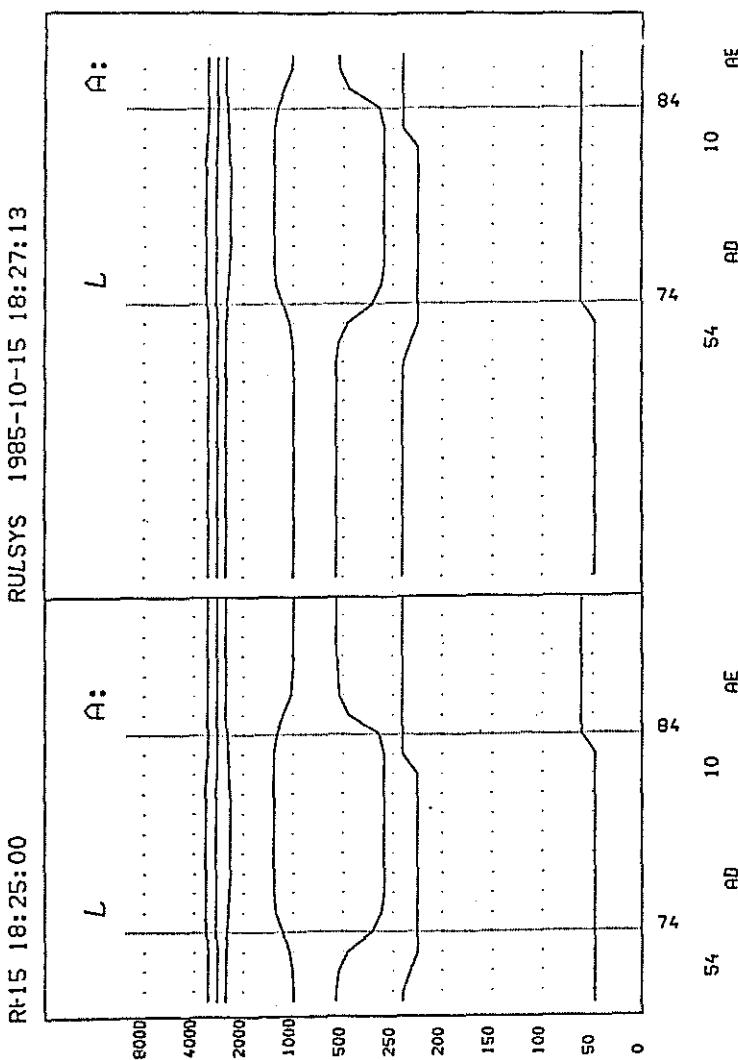


Figure 10 - Control parameters for synthesizing the syllable /a:la:/. The curves represent from top to bottom: Formant frequency number 5, 4, 3, 2, and 1; sound level; and fundamental frequency. The scale shows the formant frequency in Hz and the sound level in a unit corresponding to quarters of a dB.

so that *Musse* could do the same trick. The recipie is illustrated in figure 11. In this case it is the second and third formants which meet to help a specific partial, except for the lowest note, which is enhanced by the first and second formants (sound illustration).

In synthesizing singing, it is not enough to get consonants and vowels sound natural. The song must sound meaningful, too. In a sound example of pure vowel synthesis published in one of the author's articles<sup>7</sup>, *Musse* was programmed with more complex performance rules. I analyzed a real singer's performance of a *Vocalise* by Panofka and had *Musse* replicate the two *marcato*-features: the overshoots in frequency mentioned earlier and the crescendo-decrescendo gesture on each note, illustrated in figure 3. The sound of the synthesis revealed, as it were, that *Musse* thought he was singing a military march! However, this impression was efficiently eliminated just by adding one single rule: an amplitude pattern including each pair of bars (sound illustration).

This effect seems to reveal how a singer can make clear to the audience that he understands which notes belong together and constitute phrases and subphrases. I hope that I will be able to work more on such aspects of singing in the near future.

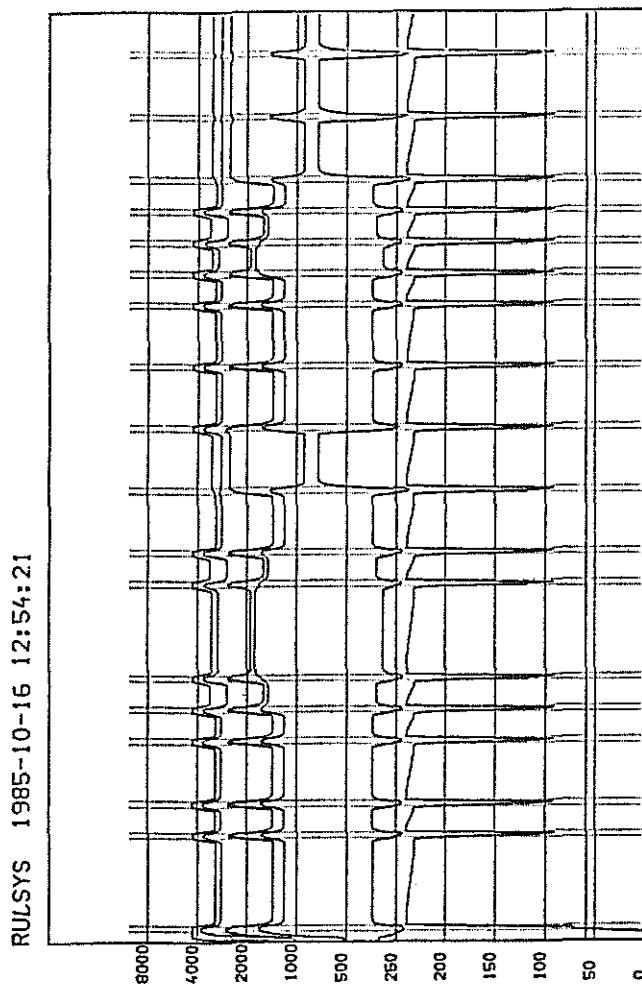
Hopefully, it will be possible to add emotions to the performance in the future. Such components seem very essential in singing synthesis. Some effects may be simple. One example is what we have called the "bull's roaring onset". It means that the singer starts the first note after a rest about one octave flat at the vowel onset and approaches the target after some 50 msec. The effect is illustrated in figure 12. In the same figure I also added a rule package developed for instrumental synthesis where crescendos and decrescendos merely mirror the chord progression in the example, see Sundberg & Frydén<sup>8</sup>.

I have been speaking about past, present, and future, so this is a good excuse for stopping. Before finishing, let me just mention that I plan to publish, in one form or the other, a complete set of recipies that have emerged from these attempts to synthesize singing, Sundberg<sup>9</sup>.

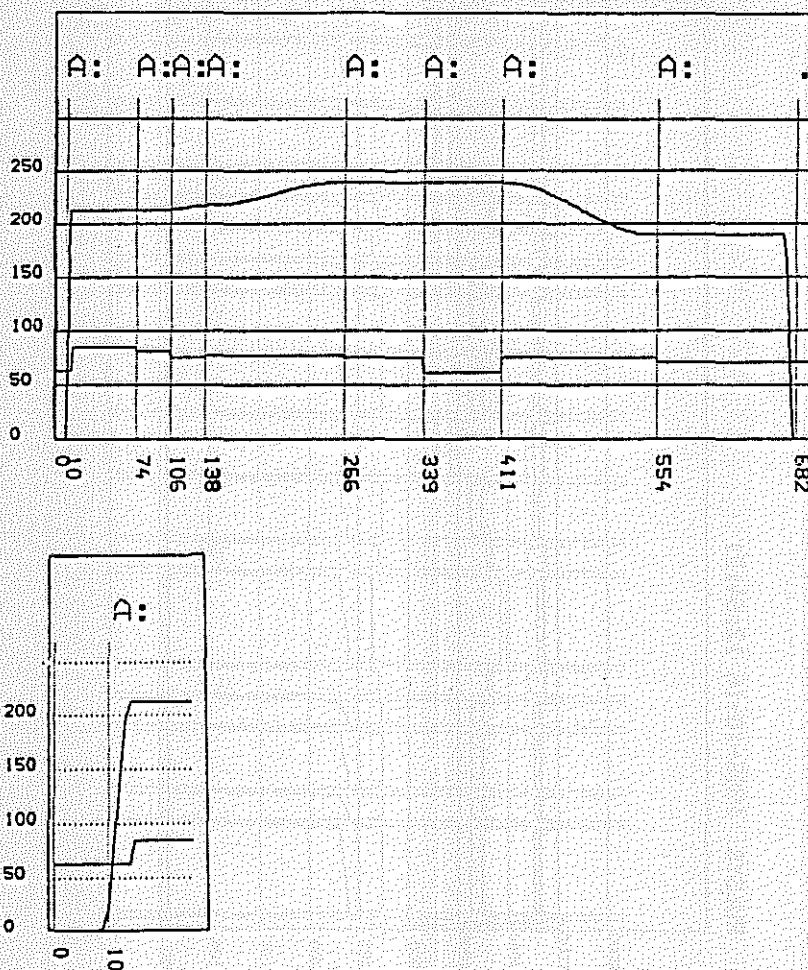
<sup>7</sup> J. SUNDBERG - L. FRYDÉN, 1985 *Teaching a Computer to Play Melodies Musically*, pp. 67-76 in «Analytica», Studio in Honour of Ingmar Bengtsson, Publications issued by the Royal Swedish Academy of Music, No. 47, Stockholm.

<sup>8</sup> J. SUNDBERG, forthcoming, *Recipies for the Synthesis of Singing*.

<sup>9</sup> J. JÖHANSSON - J. SUNDBERG - H. WILBRAND, 1985 *X-ray Study of Articulation and Formant Frequencies in Two Female Singers*, pp. 203-218 in «SMAC 83», Vol. I (A. ASKENFELT, S. FELICETTI, E. JANSSON & J. SUNDBERG, eds.), Publications issued by the Royal Swedish Academy of Music, No. 46:1. Stockholm.



*Figure 11* - Control parameters for synthesizing a melody played with the pitches of the harmonic partials. The curves represent from top to bottom: Formant frequency number 5, 4, 3, 2, and 1; sound level; and fundamental frequency. The scale shows the formant frequency in Hz and the sound level in a unit corresponding to quarters of a dB. The fundamental frequency stays the same throughout. The frequencies of formants numbers 2 and 3 are just below and just above either partial number 4, 5, or 6, which thereby is enhanced. For enhancing partial number 3, the first and second formants are used. Inbetween each tone thus created, a short /d/ is inserted by formant movements.



*Figure 12* - Sound level and fundamental frequency control parameters for (upper and lower curves, respectively) for synthesizing an expressive performance of an excerpt of a melody with a "bull's roaring onset". Note that the frequency is started flat and is rapidly raised to the target after the tone onset, and at the same time the sound level starts soft and rapidly increases. Note also the subsequent, slow crescendo-decrescendo which reflects the harmonic progression underlying the melody. The sound level scale is in a unit corresponding to quarters of a dB.

## **Sintesi dei suoni vocali e del canto in modulazione di frequenza**

Graziano Tisato

*Centro di Sonologia Computazionale, Università di Padova*

Questo lavoro affronta il problema dell'approssimazione spettrale di un suono formantico con la tecnica della modulazione di frequenza, con lo scopo di fornire le basi teoriche e l'algoritmo pratico per derivare in modo automatico i parametri di sintesi in FM da dati di analisi ed in particolare da dati di analisi per predizione lineare.

*Introduzione.* Sono passati quasi venti anni da quel lontano 1968 in cui John Chowning proponeva la tecnica di sintesi dei suoni in modulazione di frequenza (FM)<sup>1</sup>. Per i ricercatori dell'epoca il tempo reale costituiva una utopia e l'aggiunta di un solo oscillatore ad uno strumento di sintesi creava grossi problemi di tempo di calcolo.

Da questo punto di vista, la scoperta di Chowning era rivoluzionaria: bastavano due oscillatori a generare suoni di notevole complessità e pochissimi parametri a controllarne l'evoluzione dinamica. Si potevano ottenere suoni armonici, inarmonici, rumori e soprattutto si potevano ottenere quelle trasformazioni timbriche intermedie fra eventi sonori che costituivano una autentica miniera per i compositori contemporanei.

All'euforia "timbrica" di quei primi anni è subentrata ora una reazione di leggero imbarazzo per qualcosa ormai fuori moda ("Ah sì, questa è modulazione di frequenza!"), che non consente speranze sul futuro utilizzo di questa tecnica.

La tendenza manifestatasi negli ultimi anni (vedasi le composizioni di M. Stroppa, R. Doati, J. Dashow) è quella di relegare la FM ai particolari più grossolani e alla sintesi degli sfondi sonori e di utilizzare le tecniche più costose e più precise per ottenere gli effetti più raffinati. In effetti l'ambizione iniziale di far tutto con un unico strumento FM era in se stessa eccessiva ed improduttiva, sia per l'insufficiente controllo spettrale consentito dalla FM (per cui il risultato so-

<sup>1</sup> J.M. CHOWNING, (1973) *The synthesis of complex audio spectra by means of frequency modulation*, JASA, ol. 21, N. 7, pp. 526-534.

noro acquista un "marchio" inconfondibile), sia per la difficoltà stessa di ricavare i parametri FM in modo efficace. Questo secondo aspetto è particolarmente svantaggioso in rapporto ad altre tecniche di sintesi (sintesi additiva e predizione lineare) che possono ricorrere alla eventuale fase di analisi per definire i parametri necessari alla successiva elaborazione. Questa difficoltà spiega il motivo per cui, dovendo inevitabilmente finire per inventarsi nella FM un andamento dell'indice di modulazione e del rapporto portante-modulante, si sia verificata una inflazione di suoni FM perfettamente identici e identificabili nei compositori che via via si sono cimentati con questa tecnica di sintesi.

*Sviluppo ed integrazione delle tecniche di composizione ed elaborazione del suono.* Con lo sviluppo dell'*hardware* e la nascita dei sintetizzatori ed elaboratori del suono in tempo reale, con l'aumento vertiginoso delle capacità di calcolo degli stessi calcolatori tradizionali che operano in tempo differito, sono caduti molti dei presupposti che giustificano il primitivo uso della FM.

Si è assistito ad un mutamento radicale di atteggiamento del compositore nei confronti del *computer*, che ricerca una integrazione sempre più profonda e necessaria fra livello strutturale e livello sonoro nella sua opera. Questa esigenza implica tanto una padronanza linguistica, di espressione e di comunicazione attraverso il *computer*, quanto una padronanza nella manipolazione timbrica del suono, che permetta una correlazione effettiva con i parametri formali. A livello sonoro questo si traduce in una conoscenza approfondita delle possibilità offerte, di per sé ed in collegamento con le altre, dalle varie tecniche di sintesi (FM, DNL, LPC, Vocoder, sintesi additiva, sintesi incrociata) e di elaborazione (filtraggio, riverbero, spazializzazione, trasposizione, missaggio, ecc.). Un atteggiamento meno preoccupato dunque del tempo di calcolo necessario e più sensibile alla qualità sonora desiderata e alla relazione del singolo suono con il tutto.

La FM stessa va perciò riconsiderata alla luce di queste nuove esigenze, va confrontata con le altre tecniche di sintesi, adottata per quello che in maniera ottima può esprimere ed abbandonata come tecnica universale o *factotum* della Musica Informatica.

Questo riconsiderare la FM è necessario anche per il proliferare attuale di tastiere e *computer* basati su questa tecnica di sintesi, nell'ambito della stessa musica "colta" contemporanea. In effetti questa diffusione avviene senza che le stesse case costruttrici spieghino a fondo le possibilità offerte dalle loro macchine.

*Sintesi a formanti FM o della simmetria energetica della FM.* Vediamo che cosa contraddistingue dunque la FM rispetto alle altre tecniche di sintesi. Per quanto riguarda potenza e versatilità, la DNL può essere altrettanto efficace. Per quanto riguarda la precisione di controllo dinamico, la sintesi additiva, la LPC ecc., sono sicuramente migliori.

La caratteristica specifica della FM è quella di distribuire l'energia delle parziali del suono generate al crescere dell'indice di modulazione ( $I_M$ ), in modo assolutamente simmetrico attorno ad un asse centrale, rappresentato dalla frequenza portante ( $f_p$ ) (sia che essa compaia effettivamente o sia mancante) (Fig. 1).

Nell'esempio di figura 2 si può vedere come al crescere dell'indice di modulazione, crescano sui due lati della frequenza portante a 1000 Hz (Si crescente) le parziali a distanza di 200 Hz (essendo la frequenza modulante ( $f_m$ ) in questo particolare caso di 200 Hz).

In particolare si può vedere come nel passare da un  $I_M=2$ , a  $I_M=.6$ , a  $I_M=.8$ , a  $I_M=1$  le parziali più vicine alla frequenza portante aumentino di circa 3 dB in ampiezza. Questo comportamento è assimilabile con buona approssimazione ad un filtro passabanda o risuonatore con caratteristica di trasferimento campaniforme.

L'idea che proponiamo è dunque quella di:

1. sfruttare questa tipica proprietà della FM per sintetizzare suoni formantici, suoni cioè in cui la distribuzione delle parziali abbia un andamento con zone di esaltazione e di attenuazione, come si verifica, ad esempio, per i suoni vocali;

2. ottenere eventualmente i parametri di sintesi FM da metodi analitici, tipicamente la predizione lineare (LPC) che fornisce direttamente posizione e larghezza di banda di questi formanti o risonanze.

Il vantaggio più consistente fornito da un approccio formantico è quello di una maggiore aderenza alla realtà percettiva e dunque alle necessità musicali. L'orecchio in effetti mostra una bassa sensibilità al comportamento di una singola parziale, per il noto fenomeno di mascheramento delle componenti più basse in frequenza rispetto alle più elevate. Questa insensibilità arriva fino al punto di ricostruire la stessa fondamentale fisicamente mancante in una serie di parziali armoniche.

Molto più importante nella formazione delle immagini uditive sono le zone di energia spettrale e il loro andamento dinamico. Questo andamento determina l'impronta timbrica caratteristica di un certo strumento o voce e ne consente l'identificazione, anche in condizioni di ascolto pessime.

Una sintesi dunque che trascuri il comportamento delle singole parziali, ma permetta di manipolarne facilmente l'energia globale, of-

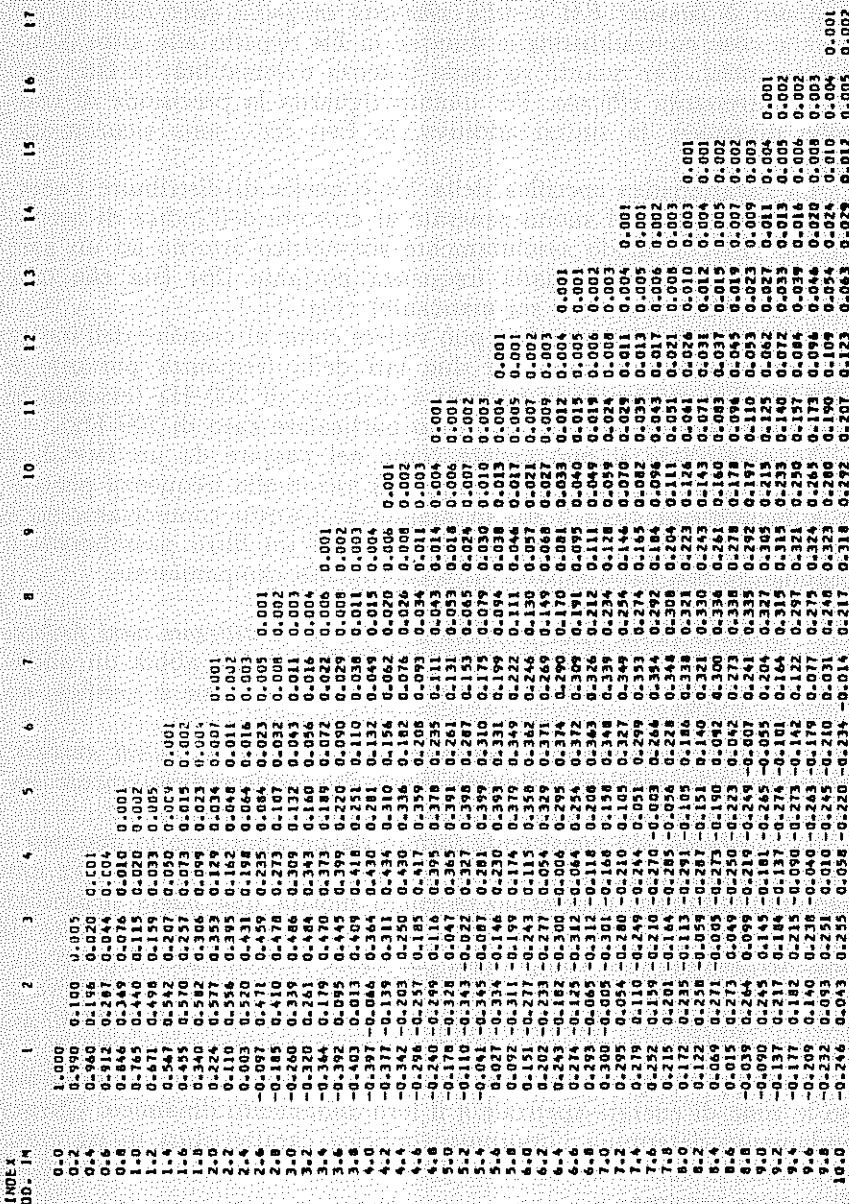


Figura 1 - Ampiezza delle parziali (1-17) secondo le funzioni di Bessel.

FREQUENZA IN Hz	AMPIEZZA IN dB	ISTOGRAMMA DELLE AMPIEZZE DELLE COMPLEMENTI	INDICE MOD. IM = .2
799.8	-20.0	I	
999.7	0.0	*****	
1199.7	-20.0	I	
FREQUENZA IN Hz	AMPIEZZA IN dB	ISTOGRAMMA DELLE AMPIEZZE DELLE COMPLEMENTI	IM = .4
599.5	-33.8	I	
799.8	-13.8	*****	
999.7	0.0	*****	
1199.7	-13.8	*****	
1399.9	-33.7	I	
FREQUENZA IN Hz	AMPIEZZA IN dB	ISTOGRAMMA DELLE AMPIEZZE DELLE COMPLEMENTI	IM = .6
599.7	-26.5	I	
799.8	-10.1	*****	
999.7	0.0	*****	
1199.7	-10.1	*****	
1399.7	-26.4	I	
FREQUENZA IN Hz	AMPIEZZA IN dB	ISTOGRAMMA DELLE AMPIEZZE DELLE COMPLEMENTI	IM = .8
400.3	-38.4	I	
600.0	-21.0	*****	
799.7	-7.2	*****	
999.7	0.0	*****	
1199.7	-7.2	*****	
1399.7	-21.0	*****	
1599.9	-38.3	I	
FREQUENZA IN Hz	AMPIEZZA IN dB	ISTOGRAMMA DELLE AMPIEZZE DELLE COMPLEMENTI	IM = 1.
400.1	-31.9	I	
600.3	-16.6	*****	
799.7	-4.8	*****	
999.7	0.0	*****	
1199.7	-4.8	*****	
1399.7	-16.5	*****	
1599.3	-31.9	I	
FREQUENZA IN Hz	AMPIEZZA IN dB	ISTOGRAMMA DELLE AMPIEZZE DELLE COMPLEMENTI	IM = 1.4
200.2	-36.1	I	
400.3	-21.1	*****	
600.3	-8.8	*****	
799.7	-0.4	*****	
999.7	0.0	*****	
1199.7	-0.4	*****	
1399.7	-8.8	*****	
1599.7	-21.1	*****	
1799.4	-35.9	I	

Figura 2 - Simulazione di una zona di risonanza in Fm, per vari indici di modulazione Im. La frequenza portante è  $f_p=1000$  hz. La frequenza modulante è  $f_m=200$  hz.

fre migliori garanzie di ottenere un risultato sonoro ottimo con un fatica minima.

Il suono da sintetizzare  $s(t)$  sarà dunque espresso come contributo di un certo numero  $N$  di oscillatori in modulazione di frequenza  $F_{M_i}$  secondo l'equazione:

$$(1) \quad s(t) = F_{M_i} = A_i \sin(2 \pi f_p t + I_{M_i} \sin(2 \pi f_m t))$$

dove

- $A_i(t)$  è l'ampiezza dell'oscillatore  $i$ -esimo,
- $f_p$  è la frequenza portante (corrispondente alla frequenza di risonanza del formante) dell'oscillatore  $i$ -esimo
- $f_m$  è la frequenza modulante (generalmente corrispondente alla fondamentale del suono),
- $N$  è pari al numero delle risonanze presenti nel suono.

L'analogia della formula (1) con la sintesi additiva è evidente, in quanto l'equazione di un suono in sintesi additiva si ottiene dalla (1) ponendo a zero gli indici di modulazione  $I_{M_i}$  e aumentando  $N$  fino al numero di parziali desiderate.

Il significato attribuito ai termini nella equazione (1) e nell'equazione della sintesi additiva è in realtà molto diverso, essendo nel caso qui proposto ogni oscillatore  $F_{M_i}$  l'espressione di una zona formantica, con i vantaggi interpretativi già discussi precedentemente.

La scomposizione spettrale del suono in un numero limitato di oscillatori  $F_{M_i}$  permette di sagomare l'ampiezza delle parziali del suono, come potrebbe fare la sintesi additiva o LPC, purché i valori



Figura 3 - Per valori dell'indice di modulazione  $I_{M_i}$  superiori a  $I_{M_i}=1.4$ , l'ampiezza della parziale corrispondente alla frequenza portante diminuisce rispetto alle parziali laterali. L'insieme delle parziali non è più riconducibile ad un unico formante.

dell'indice di modulazione del gruppo  $i$ -esimo sia contenuto a valori bassi (tipicamente fra 0 e 1.5), in un range che mantiene il profilo campaniforme visto in figura 2. In realtà, come si può vedere dalla tabulazione di figura 1, la fondamentale tende a calare rispetto alle parziali laterali quando l'indice di modulazione supera il valore di 1.5. In questo caso, come si può vedere per un suono effettivo nelle figure 3 e 4, la situazione non è più riconducibile ad una semplice risonanza, ma l'unico formante che compariva in figura 2 per  $IM < 1.5$  si sdoppia come in figura 3 o triplica come in figura 4.

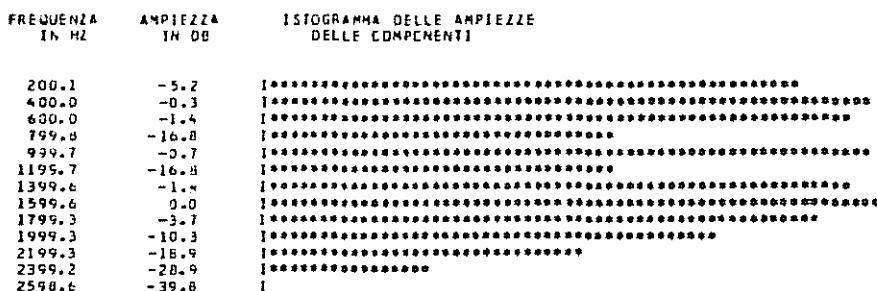


Figura 4 - L'indice di modulazione è in questa sezione spettrale  $IM=4$ , creando una situazione molto complessa con tre distinte zone formantiche.

Per quanto riguarda la fondamentale del suono questa sarà determinata, ovviamente, dalla frequenza modulante del gruppo  $F_M$ ; ossia del gruppo con frequenza portante più bassa. Si veda in figura 7 un esempio (teorico) di simulazione di una vocale /i/ con una fondamentale a 250 Hz. Sostituendo nell'equazione (1) i valori dati in figura 7, si ottiene:

$$\begin{aligned} s(t) = & 2000 \sin(2\pi 2500 t + .2\sin(2\pi 250 t)) + \\ F_{M1} = & + 830 \sin(2\pi 2000 t + .4\sin(2\pi 250 t)) + \\ & + 490 \sin(2\pi 2500 t + .8\sin(2\pi 250 t)) + \\ & + 200 \sin(2\pi 3250 t + 1.\sin(2\pi 250 t)) + \\ & + 150 \sin(2\pi 4250 t + .6\sin(2\pi 250 t)) \end{aligned}$$

L'ampiezza risultante dalle parziali che si trovano fra due formanti molto vicini è dato dalla somma dei contributi dei gruppi  $F_M$  adiacenti. Ad esempio in figura 5 le componenti fra 1750 Hz e 2750 Hz risentono della vicinanza dei gruppi  $F_M2$  e  $F_M3$  e così via. Di questa situazione va tenuto evidentemente conto nell'attribuire i va-

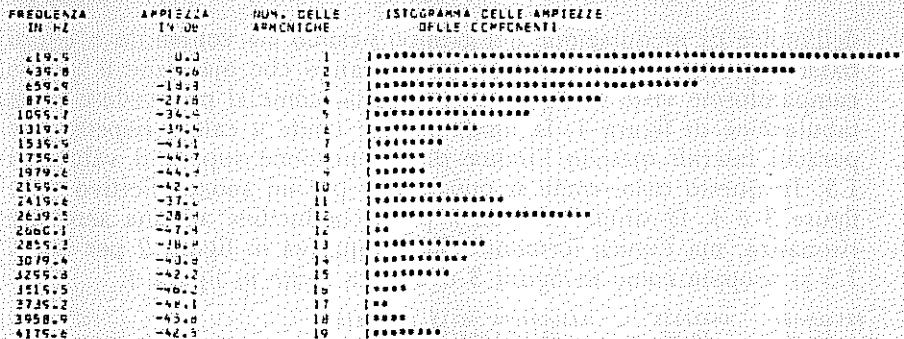


Figura 5 - Simulazione della vocale /i/ in modulazione di frequenza. Risultano evidenti le zone formantiche a 220 hz, 2640 hz, 4180 hz.

lori dell'ampiezza  $A_i$  o dell'indice di modulazione  $IM_i$  ai singoli gruppi  $FM_i$ .

Come si deduce dalla posizione dei gruppi  $FM_i$  e dalla frequenza modulante che per tutti i gruppi è di  $fm=250$  Hz, il suono è perfettamente armonico. D'altra parte essendo ogni gruppo indipendente si possono facilmente immaginare situazioni più complesse in cui le parziali siano traslate, compresse o espanso secondo i desideri o secondo formule precise (McAdams<sup>2</sup>).

Altre situazioni facilmente realizzabili sono costituite dalla sovrapposizione di vibrati e/o di tremolo su tutti o su singoli gruppi  $FM$ .

*Calcolo dei parametri FM da dati di analisi.* Un sistema di sintesi è tanto più potente in quanto:

1. i suoi parametri sono esprimibili in termini semplici ed intuitivi;
2. i suddetti parametri sono deducibili da analisi;
3. il tempo di calcolo è ragionevole.

Da questo punto di vista si può osservare che la sintesi in FM soddisfa solo al terzo requisito e che i tentativi fatti in passato di farla aderire ai primi due non sono stati coronati da successo, se, come si diceva, si volesse giudicare dai risultati sonori.

La proposta più seria fu avanzata da Justice<sup>3</sup> con un tentativo di

<sup>2</sup> S. McADAMS, (1982) *Spectral fusion and the creation of auditory images*, in M. Clynes: *Music, Mind and Brain: The Neuropsychology of Music*, Plenum, New York.

<sup>3</sup> J.M. JUSTICE, (1979) *Analytic signal processing in music computation*, IEEE Trans. ASSP, Vol. 27, N. 6, pp. 670-684.

approssimare i parametri di un suono periodico o pseudo-periodico come parametri di oscillatori FM innestati l'uno nell'altro secondo la formula:

$$s(t) = A(t) \cos(2\pi f_0 t + I_1(t) \sin(2\pi f_1 t + I_2(t) \sin(2\pi f_2 t + \dots \\ \dots I_{n-1}(t) \sin(2\pi f_{n-1} t + I_n(t) \sum C_k \sin(2k\pi f_n t))$$

Ora, ammesso che la procedura possa avere un'applicazione computazionale soddisfacente, il pregiudizio più grosso nasce dall'interpretazione (letteralmente impossibile se non nei casi banali) che possa essere data ai successivi indici di modulazione e frequenze modulanti e dall'utilizzo musicale che praticamente se ne voglia fare.

La proposta che qui si formula in termini di sintesi FM per formanti, attribuisce viceversa un significato elementare ed immediato ai vari parametri in questo modo:

1. l'indice di modulazione  $I_{M_i}$  esprime la lunghezza di banda  $Bw_i$  del formante  $i$ -esimo,

2. la frequenza portante  $f_{p_i}$  corrisponde alla frequenza di risonanza  $F_{R_i}$  del formante  $i$ -esimo,

3. l'ampiezza  $A_i$  del gruppo  $F_{M_i}$  corrisponde all'ampiezza della risonanza.

Avendo soddisfatto il primo requisito, è immediato verificare che anche al secondo si può dare compimento, esistendo da molti anni (come si anticipava) procedure di analisi adatte a fornire i parametri necessari<sup>45</sup>.

La fase di estrazione dei dati consisterà dunque in un'analisi per predizione lineare, ad esempio, che ricavi ad intervalli fissi (5-20 msec) i parametri:

$F_{R_i}$  frequenza di risonanza dei vari formanti,

$Bw_i$  la loro larghezza di banda,

$A_f$  la loro ampiezza e

$F_o$  L'altezza della fondamentale.

A questo punto, si convertiranno i dati in parametri FM secondo le equazioni:

<sup>45</sup> R. DELMONTE - G.A. MIAN - G. TISATO, (1984) *A text-to-speech system for italian*, IEEE ICASSP, San Diego, Vol. 1, p. 2.9.1/4.

<sup>46</sup> G.A. MIAN - G. TISATO, (1984) *Sound structuring techniques utilizing parameters derived from a voice analysis/synthesis system*, ICMC, Paris.

$$(2) \quad \begin{aligned} fp_i &= k_1 \cdot FR_i \\ fm_i &= k_2 \cdot F_0 \\ IM_i &= k_3 \cdot Bw_i / F_0 \\ A_i &= k_4 \cdot AF_i \end{aligned}$$

dove  $K_1, K_2, K_3, K_4$  sono coefficienti di proporzionalità che nel caso più semplice possono essere messi uguali ad 1.

In realtà essi vanno dimensionati a seconda delle esigenze. Ad esempio nel caso di un suono con parziali rigorosamente armoniche

$$\begin{aligned} fp_i &= \text{multiplo intero più vicino a } FR_i \\ fm_i &= F_0 \end{aligned}$$

Per quanto riguarda l'indice di modulazione  $IM$ , un valore di  $K_3$  plausibile si può dedurre considerando che per una frequenza modulante  $fm$  (oppure  $F_0$ ) uguale alla metà della larghezza di banda  $Bw$  del formante, la parziale relativa immediatamente a fianco della frequenza portante avrà un'ampiezza di  $-6\text{dB}$ : questo corrisponde a un valore di  $IM = .9$ , da cui

$$(3) \quad IM = .9 \frac{Bw}{2F_0}$$

cioè  $K_3 = .45$ .

Per quanto riguarda l'ampiezza  $A$  dei vari gruppi  $FM$  è opportuno farla variare in relazione alla posizione effettiva della frequenza portante  $fp$  rispetto alla frequenza di risonanza  $FR$

$$(4) \quad A = -12 \frac{FR - fp}{Bw} + AF$$

in modo tale cioè da diminuire l'ampiezza  $A$  linearmente di  $6\text{ dB}$  a distanza  $Bw/2$  dalla frequenza di risonanza.

Una ulteriore correzione può essere fatta, come si era accennato precedentemente, per tenere conto dell'effetto di vicinanza di due formanti.

Le equazioni (2) possono dunque essere riscritte

$$(5) \quad \begin{aligned} fp_i &= \text{multiplo intero più vicino a } FR_i \\ fm_i &= F_0 \\ IM_i &= .45 Bw_i / F_0 \end{aligned}$$

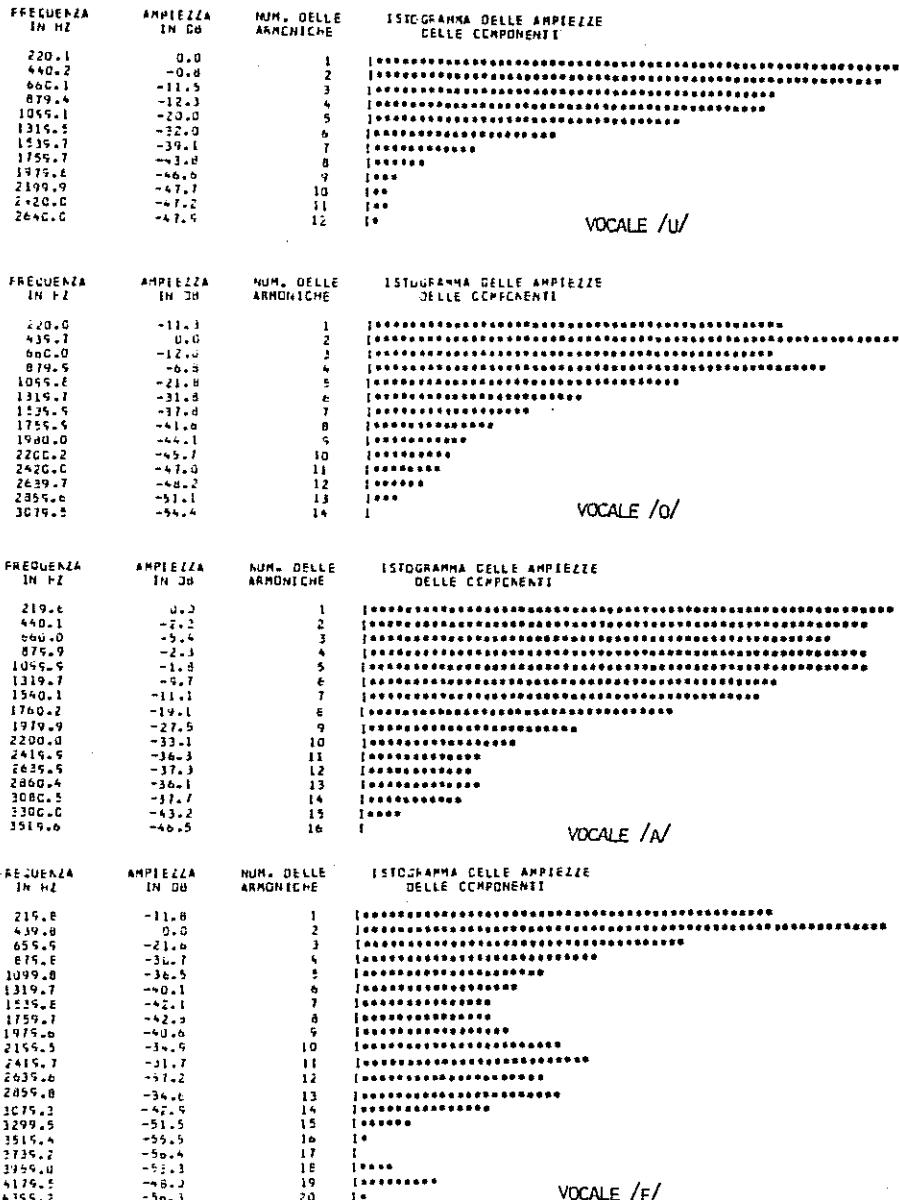
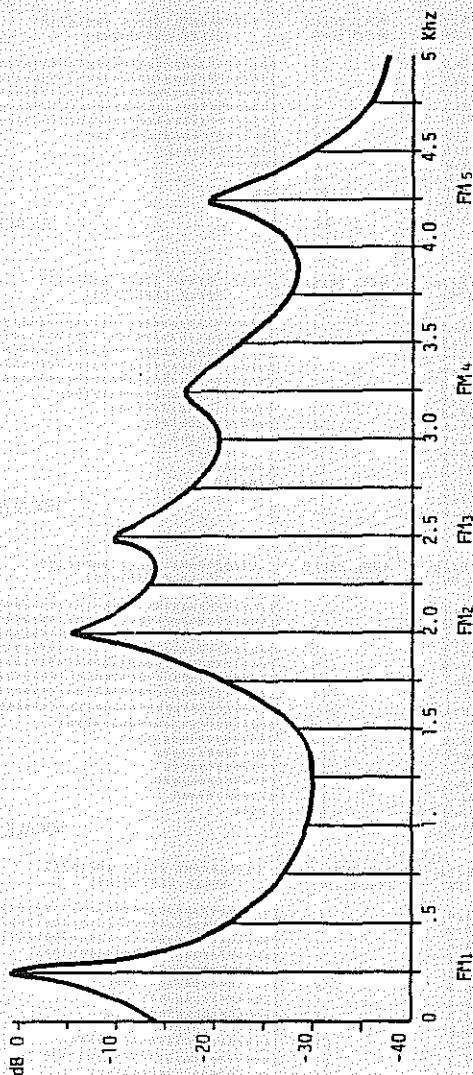


Figura 6 - Simulazione delle vocali /u/, /o/, /a/, /e/ in modulazione di frequenza.



*Figura 7* - Simulazione della vocale /i/ con 5 gruppi Fm. La frequenza modulante è  $f_m = 250$  hz, e coincide con la fondamentale del suono. Le frequenze portanti sono  $f_p = 250, 2000, 2500, 3250, 4250$  hz. Gli indici di modulazione corrispondenti sono  $I_m = .2, .4, .8, 1., .6$ . Le ampiezze  $A_i = 0, -6, -10, -17, -19$  dB (in valore assoluto e con le correzioni opportune si ottiene  $A_i = 2000, 830, 490, 200, 150$ ).

$$A_i = -12 \frac{|F_{R_i} - f_{p_i}|}{Bw_i} + A_{F_i}$$

Con questo tipo di equazioni, si possono tentare sintesi complesse, ad esempio, voce cantata e suoni vocalizzati, superando alcune difficoltà incontrate già a suo tempo da John Chowning, che aveva ottenuto risultati sonori molto buoni, ma con una tabulazione dei parametri che non permetteva estrapolazioni o variazioni interessanti<sup>6</sup> (Figg. 6 e 7).

Nelle figure 8 e 9 si può vedere l'andamento di frequenza  $f_{p_i}$  e di ampiezza  $A_i$  ricavato per una voce di soprano. Come si può vedere è stato sovrapposto un vibrato di frequenza e un tremolo di ampiezza su tutti i gruppi  $F_{M_i}$ . Si osservi l'andamento dei parametri dopo circa 2.9 sec con abbassamento dell'altezza e diminuzione di intensità e successivo aggiustamento a regime dopo 1 sec circa. In figure 5 e 6 sezioni spettrali di vocali sintetizzate in  $F_M$ .

*Conclusioni.* Si è proposto un metodo semplice e intuitivo di sintesi  $F_M$  a formanti e una procedura collaudata di estrazione dei parametri da dati di analisi  $LPC$ , con i seguenti svantaggi:

1. la necessità di ricalcolo delle ampiezze  $A_i$  dei gruppi  $F_M$  quando la fondamentale  $F_0$  deve variare;
2. una certa complessità in termini computazionali nella fase di analisi;
- e con i seguenti vantaggi:
  1. una qualità sonora ottima;
  2. la possibilità di trattare indipendentemente ogni gruppo  $F_M$  (con vibrato, tremolo, inviluppi, traslazione, compressione ed espansione delle parziali);
  3. derivazione automatica dei parametri  $F_M$ ;
  4. integrazione dei parametri  $F_M$  e  $LPC$ ;
  5. possibilità di utilizzo efficace su sintetizzatori predisposti per la  $F_M$ .

<sup>6</sup> J.M. CHOWNING, (1980) *Computer synthesis of the singing voice*, Royal Swedish Academy of Music 29, +13).

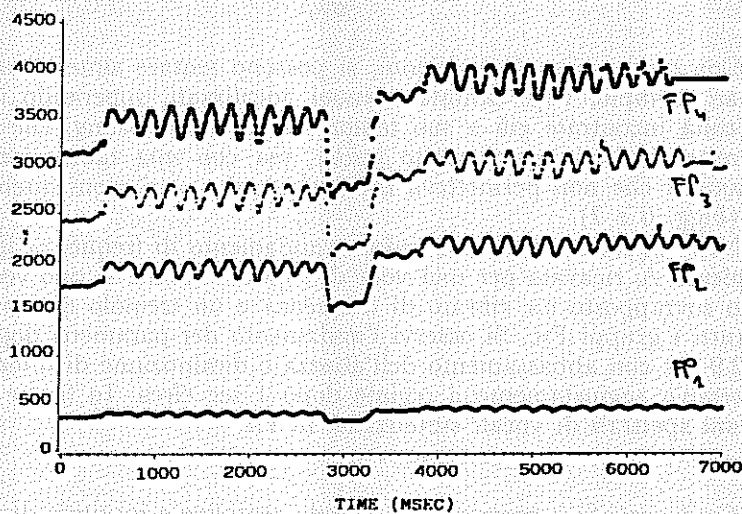


Figura 8 - Andamento in frequenza delle portanti FM mediante FM.

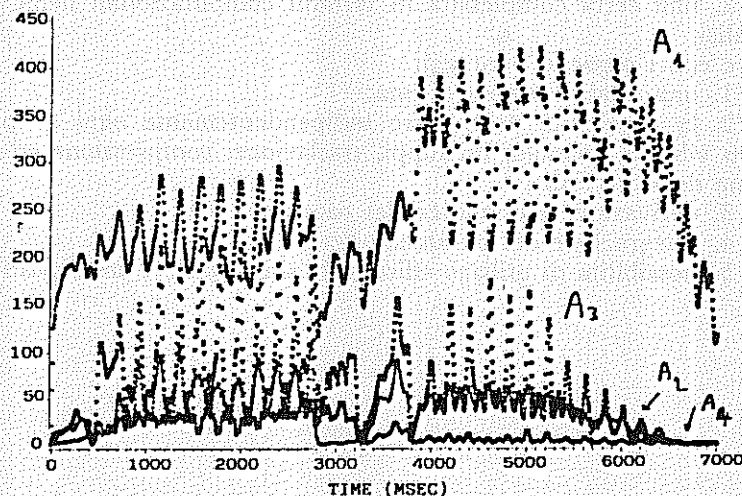


Figura 9 - Sintesi del canto mediante FM. Andamento in ampiezza delle portanti FM.

## Sintesi del suono con risuonatori digitali

Lindoro Del Duca  
SIM, Roma

1. *Introduzione.* La maggior parte degli algoritmi per la sintesi digitale del suono sono basati su lettura di tabelle nelle quali viene memorizzato un periodo di sinusoide o una frazione intera di questo. I principali metodi di sintesi basati su questa tecnica sono: la sintesi additiva, la modulazione di frequenza e la distorsione non lineare; in quest'ultimo metodo, oltre ad una tabella sinusoidale, è presente anche una tabella di distorsione. In altri metodi, generalmente denominati "per campionamento" le tabelle sono invece formate con sequenze di campioni acquisiti dal segnale reale.

In tutti questi metodi che impiegano tabelle ed operanti a periodo di campionamento costante, si ha il vantaggio di poter controllare linearmente la frequenza per mezzo dello *step* d'incremento dell'indirizzo mentre, i principali difetti scaturiscono dalla diminuzione di punti per periodo all'aumentare della frequenza e dal "gitter di fase" che compare quando il rapporto fra il numero di punti della tabella e lo *step* d'indirizzo non è un numero intero.

In questa memoria viene analizzato un metodo alternativo all'uso di tabelle basato su algoritmi di tipo ricorsivo, e vengono messi in evidenza non solamente i vantaggi ma anche i limiti che a tutt'oggi esistono nell'impiego di questa tecnica.

2. *Teoria del risuonatore digitale.* Un risuonatore digitale è sostanzialmente un filtro digitale IIR del secondo ordine<sup>1</sup>, i cui coefficienti assumono particolari valori.

L'equazione alle differenze finite di un generico IIR del secondo ordine è espressa dalla 1, mentre la 2 rappresenta la relativa funzione di trasferimento nel dominio-z:

<sup>1</sup> L.R. RABINER - B. GOLD, *Theory and application of digital signal processing*, pp. 216-219.

$$(1) \quad y(n) = A*x(n) + B*y(n-1) + C*y(n-2)$$

$$(2) \quad H(z) = Y(z)/X(z) = A/(1 - B*z^{-1} - C*z^{-2})$$

Nella figura 1a è mostrata la rappresentazione geometrica tridimensionale della  $H(z)$  e nella figura 1b tale superficie è sezionata con un cilindro di raggio unitario e con asse perpendicolare al piano  $z$  e passante per l'origine; nella sezione risultante è riconoscibile la risposta in frequenza di un generico filtro del secondo ordine.

Se nella 1 assumiamo come segnale d'ingresso un impulso unitario, definito nelle (3), la  $y(n)$  risulterà essere la risposta impulsiva del filtro stesso.

$$(3) \quad \begin{aligned} x(n) &= 1 & (n = 0) \\ x(n) &= 0 & (n < 0) \end{aligned}$$

Nelle figure 2a, 2b, 2c, sono mostrate le risposte impulsive di un filtro del secondo ordine i cui coefficienti, riportati sotto ciascuna figura, sono stati variati opportunamente per dar luogo a quattro situazioni molto diverse. In particolare, osservando la figura 2c, si nota che tale risposta è una oscillazione sinusoidale con ampiezza costante. È proprio in questo caso che questo filtro diviene un risuonatore digitale.

La particolarità di questo caso, rispetto agli altri, consiste nel valore del coefficiente  $C$  che risulta essere uguale a  $-1$ . Pertanto l'equazione del risuonatore risulterà espressa dalla (4).

$$(4) \quad y(n) = A*x(n) + B*y(n-1) - y(n-2)$$

I valori dei coefficienti sono espressi dalle (5):

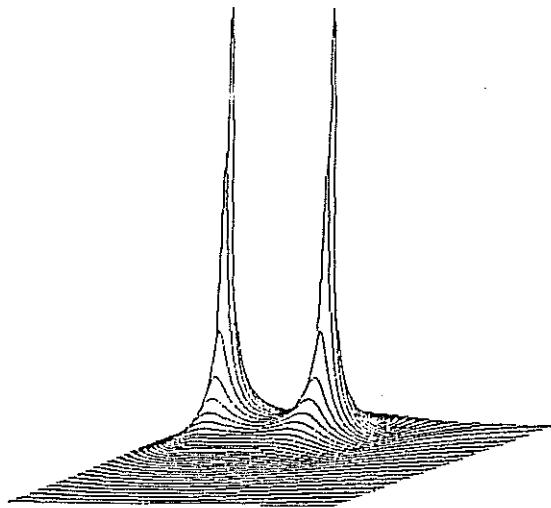
$$(5) \quad \begin{aligned} P_H &= 2*\pi*F/F_c \\ A &= \sin(P_H) \\ B &= 2*\cos(P_H) \end{aligned}$$

Nelle (5) indichiamo con  $F_c$  la frequenza di campionamento.

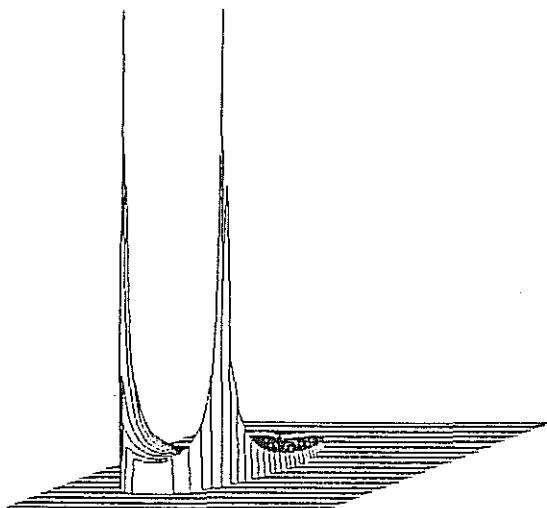
A regime, dopo cioè che il primo ed unico impulso della sequenza d'ingresso  $x(n)$  è passato, l'equazione assume una forma ancora più sintetica che è poi quella che costituisce il vero algoritmo (6).

$$(6) \quad y(n) = B*y(n-1) - y(n-2)$$

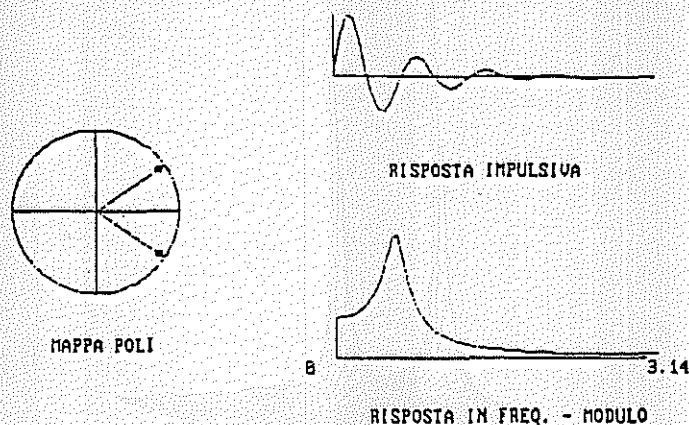
L'effetto dell'impulso iniziale è quello di stabilire le condizioni iniziali della (6) come indicate nella (7).



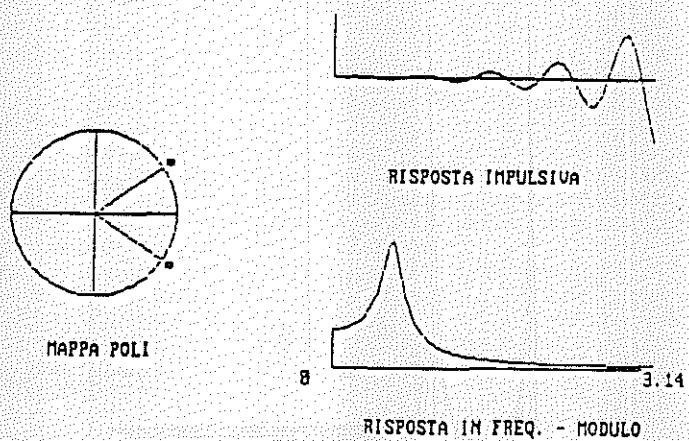
*Figura 1a* - Modulo della funzione di trasferimento di filtro del secondo ordine a soli poli.



*Figura 1b* - Modulo della risposta in frequenza.



*Figura 2a -  $Y(N) = X(N) + 1.48 * Y(N-1) - .81 * Y(N-2)$ .*



*Figura 2b -  $Y(N) = X(N) + 1.81 * Y(N-1) - 1.21 * Y(N-2)$ .*

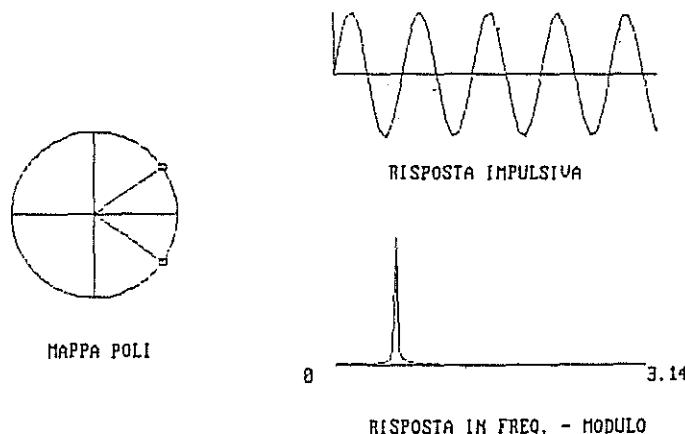


Figura 2c -  $Y(N) = X(N) + 1.65 * Y(N-1) - 1 * Y(N-2)$ .

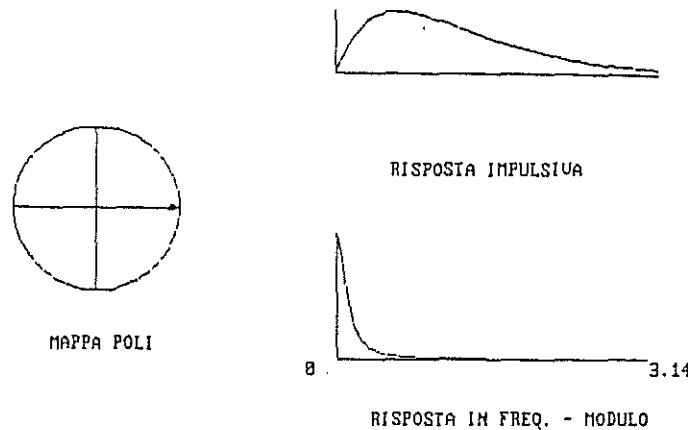


Figura 2d -  $Y(N) = X(N) + 1.8 * Y(N-1) - .81 * Y(N-2)$ .

$$(7) \quad \begin{aligned} Y(0) &= A \\ y(-1) &= 0 \end{aligned}$$

Osservando la (6) si può constatare l'estrema semplicità dell'algoritmo in questione che, dal punto di vista del calcolo, richiede una moltiplicazione, una somma ed un ritardo.

*3. Analisi delle caratteristiche del risuonatore.* Ai fini della sintesi del suono è necessario poter controllare il risuonatore in frequenza, ampiezza e fase. A questo proposito analizzeremo, in questo paragrafo, la dipendenza di queste grandezze dal valore dei coefficienti del risuonatore stesso.

Da un esame della (5) otteniamo la relazione inversa (8):

$$(8) \quad F = (F_c/(2\pi))^* \operatorname{ARCCOS}(B/2)$$

Notiamo innanzitutto che la relazione frequenza-coefficiente B non è lineare. Se il coefficiente B è espresso con un numero di *bit* uguale a L possiamo ricavare un'espressione della risoluzione percentuale in frequenza data dalle (9) e (10)

$$(9) \quad R(n) = (F(n) - F(n-1))/F(n-1)$$

$$(10) \quad F(n) = (F_c/(2\pi))^* \operatorname{ARCCOS}((2^{L-1}-n)/(2^L-1)))$$

Nella (10) la quantità  $(2^{L-1}-n)$  esprime il valore del coefficiente B il cui valore massimo risulta  $2^L-1$ , tenendo conto di un'algebra in complemento a 2, e tale valore diminuisce all'aumentare del numero n.

L'espressione (9) è stata riportata nel grafico di figura 3.

Questa figura mostra due casi particolari come frequenza di campionamento e numero di *bit* e da questi si può facilmente dedurre quali siano le caratteristiche essenziali e quindi i limiti d'impiego di questo algoritmo. Nelle figure sudette è riportata, per riferimento, la risoluzione della scala temperata e possiamo, quindi, concludere che solo nel caso di almeno 24-*bit* di dinamica per il coefficiente B si comincia ad ottenere una buona risoluzione alle basse frequenze.

*4. Metodi di sintesi con risuonatori.* In questo paragrafo vogliamo esaminare le possibili applicazioni dell'algoritmo dei risuonatori ai vari metodi di sintesi.

Il primo metodo che risulta accessibile con risuonatori è ovvia-

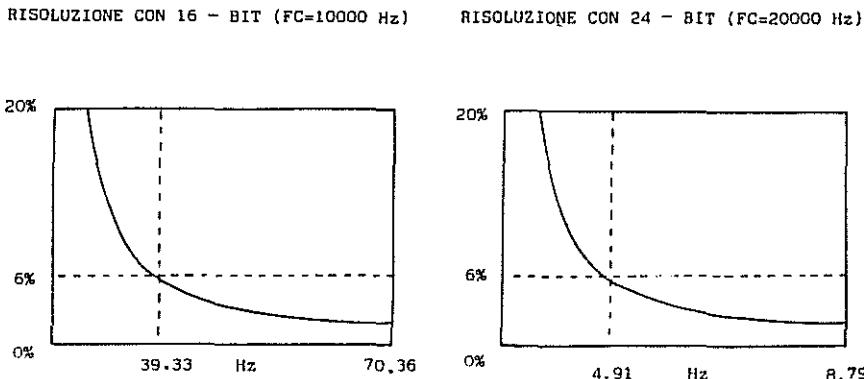


Figura 3

mente la sintesi additiva e per questo sarà necessario solo chiarire le modalità di calcolo dell'ampiezza e della fase delle componenti, infatti per la frequenza è valida la (5) del precedente paragrafo. Le (5) forniscono un'oscillazione sinusoidale con ampiezza unitaria e fase nulla, esaminiamo, allora, come è possibile alterare ambedue della quantità voluta iniziando dall'ampiezza. A questo scopo basta tener presente che il valore del coefficiente  $A$  espresso dalle (5) fornisce la massima ampiezza  $e$ , quindi, possiamo solo diminuire tale numero moltiplicando il coefficiente  $A$  per un numero positivo minore di 1. Se moltiplichassimo, infatti, il coefficiente  $A$  per un numero maggiore di 1 otterremmo la degenerazione dell'oscillatore.

Per quanto riguarda la fase è necessario imporre, sempre riferendoci alle (5), opportune condizioni iniziali. La prima delle (5) costituisce lo *step* minimo di fase dell'oscillazione risultante, infatti l'espressione di tale oscillazione, nel dominio del tempo discreto risulta come nella (11):

$$(11) \quad y(n) = \text{SIN}(\pi * p_n)$$

questo significa che un periodo è formato da  $F_c/F$  punti ma che il valore di questi punti non è vincolato a quelli di una tabella!

Questo è uno dei vantaggi più significativi di questo algoritmo.

Volendo imporre, ora una fase iniziale è sufficiente ricavare due valori consecutivi della sinusoida a partire dalla fase desiderata come espresso dalle (12):

$$(12) \quad \begin{aligned} y_1 &= \sin(P_{HO}) \\ y_2 &= \sin(P_{HO} + P_H), \quad (P_H = 2\pi F/Fc) \end{aligned}$$

I due numeri  $y_1$  ed  $y_2$  costituiranno le condizioni iniziali da sostituire nella (6) per ottenere la fase desiderata.

In definitiva, per definire completamente una componente della sintesi additiva occorrono 4 numeri: i due coefficienti A e B nonché i due valori  $y_1$  ed  $y_2$  per la fase.

Un altro metodo nel quale si possono facilmente impiegare i risuonatori è la "ring modulation"; in questo caso, infatti, è sufficiente moltiplicare i campioni uscenti da due risuonatori che girano contemporaneamente (Fig. 4a).

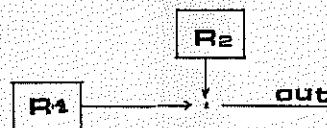


Figura 4a

5. *Modulazioni complesse con risuonatori.* Una configurazione particolarmente interessante ed efficiente per i risuonatori è ottenibile con un semplice procedimento trigonometrico mostrato nelle (13):

$$(13) \quad \begin{aligned} \sin((n+1)P_H) &= \sin(nP_H)\cos(P_H) + \cos(nP_H)\sin(P_H) \\ \cos((n+1)P_H) &= \cos(nP_H)\cos(P_H) - \sin(nP_H)\sin(P_H) \end{aligned}$$

Osservando che le quantità  $\sin(P_H)$  e  $\cos(P_H)$  sono costanti, per una data frequenza, possiamo riscrivere le (13) nella forma (14)

$$(14) \quad \begin{aligned} \sin((n+1)P_H) &= A\sin(nP_H) + B\cos(nP_H) \\ \cos((n+1)P_H) &= A\cos(nP_H) - B\sin(nP_H) \end{aligned}$$

Lo schema a blocchi di questo oscillatore è mostrato nella figura 4b e nelle figure 5 e 6 sono mostrati due schemi applicativi di questi: il primo è una "one-side modulation" mentre la seconda è una classica modulazione di frequenza. Osserviamo proprio quest'ultima nella quale un primo risuonatore (modulante) fornisce con le sue due uscite in quadratura i valori istantanei dei coefficienti del secondo (portante).

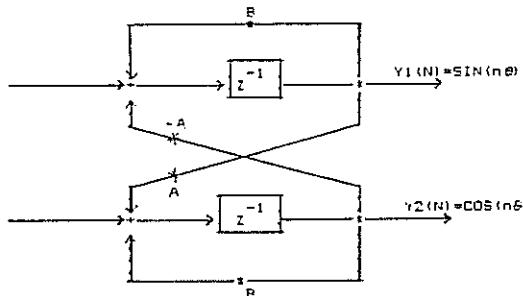


Figura 4b

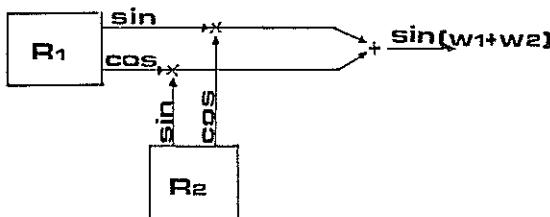


Figura 5

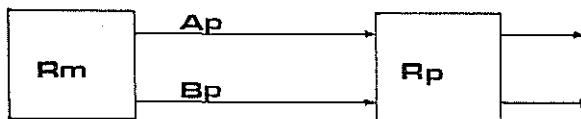


Figura 6

6. *Conclusioni.* Da quanto esposto si può concludere che a tutt'oggi gli algoritmi basati su risuonatori digitali sono di sicuro interesse soprattutto guardando alle nuove generazioni di microprocessori e di DSP (processori di segnali digitali) con parola di 32-bit che assicurano la precisione necessaria in questo tipo di algoritmi.

Una sperimentazione è intanto già ad un livello avanzato di realizzazione presso i laboratori della SIM di Roma dove si sta operando per realizzare un sistema musicale completo con soli risuonatori: il DEMUS (Difference Equation Musical System).

# Una tecnica di sintesi per modulazione di fase: sviluppi

S. Cavaliere, G. Evangelista, I. Ortosecco, A. Piccialli

Dipartimento di Fisica, Università di Napoli

*Sommario.* La realizzazione di piccoli sistemi di sintesi dei segnali acustici viene usualmente effettuata mediante l'implementazione di una unica tecnica di sintesi, quale ad esempio la modulazione di frequenza, in un sistema *hardware* fortemente orientato e spesso poco versatile.

D'altro canto la realizzazione di sistemi generali che consentano l'implementazione di più tecniche di sintesi è legata a costi computazionali molto elevati che rendono impraticabile il controllo dinamico dei parametri di sintesi mediante un micro *computer*.

Viene illustrato un tipo di unità computazionale operante in modulazione di fase con modulante interpolata. Il grosso pregio di questa unità è quello di poter simulare diverse tecniche di sintesi (Fm, modulazione ad anello, formanti, Vosim, granulare, filtraggio nel dominio del tempo, ecc.). Proprio a causa di ciò, la variazione dinamica dei parametri è estremamente agevolata ed è possibile passare gradualmente nel tempo da una tecnica di sintesi all'altra, generalizzando il concetto di sintesi granulare.

1. *Rappresentazione dei segnali mediante fase ed ampiezza istantanee.*  
Consideriamo un segnale  $f(t)$  e la sua rappresentazione in fase ed ampiezza istantanee

$$(1) \quad f(t) = A(t) \cdot \cos(p(t))$$

Nel caso di segnali normalizzati  $|f(t)| \leq 1$  abbiamo anche  $|A(t)| \leq 1$  e mediante una opportuna funzione  $d\phi(t)$  è possibile avere

$$(2) \quad f(t) = \cos(d\phi(t)) \cdot \cos(p(t))$$

La rappresentazione esatta dei segnali mediante fase ed ampiezza istantanee con le formule (1) e (2) richiede la produzione di due

funzioni  $dp(t)$  e  $p(t)$ , e una grande quantità di dati, problema che abbiamo risolto utilizzando tecniche di interpolazione.

Infatti utilizzando delle approssimazioni delle funzioni desiderate,  $dp(t)$  e  $p(t)$ , ottenute da interpolazione di un numero discreto di punti (*break-points*), abbiamo drasticamente ridotto il numero di dati. Tali punti vengono scelti nei punti dove la funzione presenta i suoi massimi, minimi e flessi. L'approssimazione alla funzione desiderata dipende oltre che dal numero dei *break-points*, dalla loro distanza e dalla funzione scelta come funzione interpolante. Nel caso di punti di *break* non equidistanti si può dimostrare che il massimo errore introdotto da interpolazione lineare con  $n$  *break-points* nell'intervallo  $(a,b)$  può diminuire con  $n$  al massimo rate di convergenza di  $1/n^2$ . Si può dimostrare che la spaziatura dei punti di *break* che porta al rate di convergenza ottimale è data dalla condizione

$$(3) \quad \int_a^b |f''(x)|^{\frac{1}{2}} dx = \frac{(i-1)}{n-1} \int_a^b |f''(x)|^{\frac{1}{2}} dx$$

Dove la funzione da approssimare ha due derivate continue all'interno dell'intervallo  $(a,b)$ , ed  $f''$  è monotona negli intorni di  $a$  e  $b$ .

Come conseguenza di quanto detto sopra una spaziatura non uniforme porta ad un notevole miglioramento nell'approssimazione rispetto ad una spaziatura uniforme dei *break-points*.

Supponendo di interpolare con rette il set di parametri, che è un insieme discreto di coppie pendenze  $w_k$  e durate  $t_k$  con  $k = 0, 1, 2, \dots, n$ ), la funzione  $p(t)$  è approssimata da

$$(4) \quad p(t) = p_k + w_k * (t_k - t_{k-1}) \quad t_{k-1} > t_k$$

che è il corrispondente nel discreto della formula integrale

$$(5) \quad p(t) = p(t_0) + \int_0^t w(t) dt$$

nella quale  $w(t)$  è la frequenza istantanea del segnale  $f(t)$  approssimata nel discreto dalla sequenza delle  $w_k$ . Il segnale  $f(t) = \cos(p(t))$  con  $p(t)$  della forma (4) è allora una sequenza di tratti sinusoidali e da ciò il nome di Oscillatori sinusoidali a tratti (Pso) per il sistema di oscillatori.

*Sintesi di forme d'onda arbitrarie.* Sviluppiamo un metodo per la sintesi di una data forma d'onda  $f(t)$  ( $|f(t)| \leq 1$ ) mediante unità

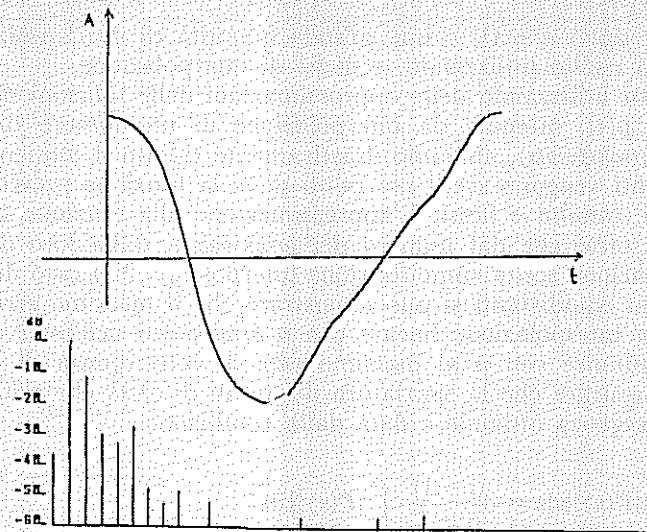


Figura 1a

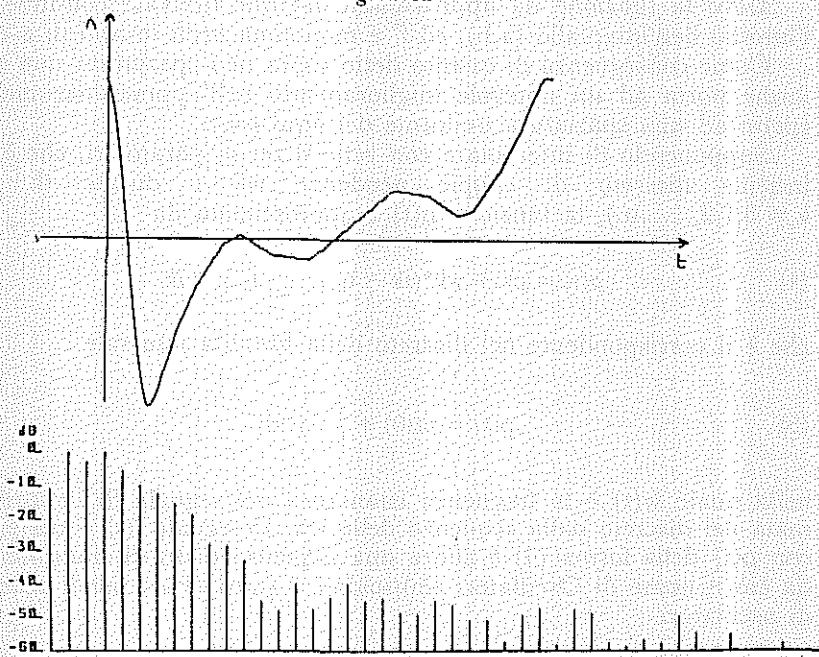


Figura 1b

Pso. Innanzitutto occorre considerare la sua fase  $p(t)$  ricondotta all'intervallo  $0-\Pi$ .

La funzione  $p(t)$  viene poi approssimata mediante interpolazione lineare. Il problema è quello di calcolare un set ottimale di pendenze e durate.

Sotto l'ipotesi che  $f(t)$  sia una funzione periodica del tempo, l'interpolazione lineare per la funzione  $p(t)$  può essere realizzata integrando un insieme finito di pendenze  $w_k$  negli intervalli  $t_k$  come nella (5).

La drastica riduzione del numero dei parametri necessaria ad ottenere una fissata forma d'onda consente di avere spettri dinamici variando nel tempo l'insieme durate e pendenze. In figura 1 sono riportati alcuni esempi di funzioni del tempo realizzate con 16 coppie  $w_k$ ,  $t_k$  con le relative analisi spettrali (figura 1a violoncello, figura 1b tromba).

*Modulazione di fase (fase lineare a tratti).* Data una funzione  $f(t) = \cos(w_c t + I^* g(t))$  con  $g(t)$  funziona periodica di periodo  $T$ , possiamo usare l'interpolazione lineare, come descritto sopra, per il calcolo dei parametri  $w_k$  e  $t_k$  con cui approssimare  $g(t)$ . Allora l'insieme formato da  $w_k + w_c$  e  $t_k$  con  $k = 0, 1, 2, \dots$  approssima l'argomento del coseno nella formula di cui sopra. In figura 2 è rappresentata una modulante cosinusoidale ottenuta per interpolazione lineare con la relativa analisi spettrale.

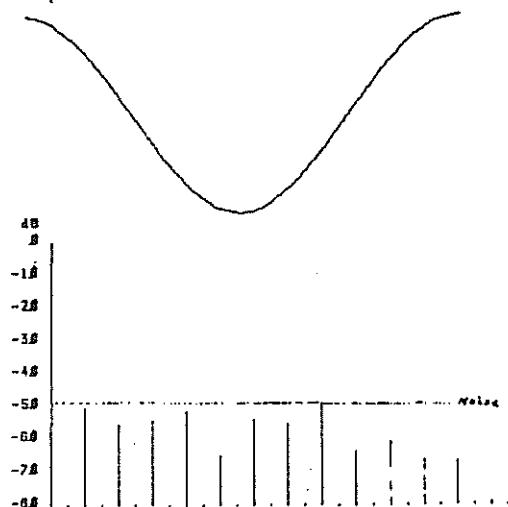
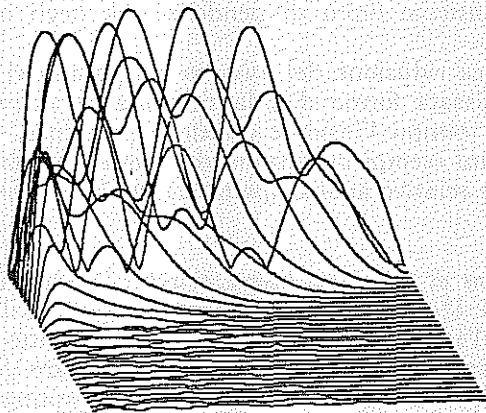


Figura 2

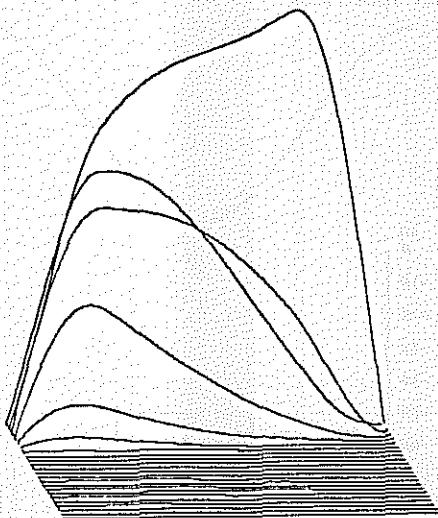
Volendo ottenere spettri dinamici occorre cambiare l'indice di modulazione attraverso l'aggiornamento dei parametri  $w_k$ .

Di conseguenza le variazioni delle  $w_k$  consentono di realizzare suoni interessanti come quelli ottenuti dai segnali delle figure.

Nelle figure 3 e 4 sono mostrate le evoluzioni spettrali di segnali generati con una sola unità computazionale in modulazione di fase.



*Figura 3*



*Figura 4*

*Modulazione di ampiezza e modulazione ad anello.* Tenendo presenti le identità trigonometriche e date due funzioni del tempo  $f(t)$  e  $g(t)$  realizzate mediante interpolazione lineare di fase si ha:

$$(6) \quad \begin{aligned} f(t) &= \cos(p(t)) & g(t) &= \cos(dp(t)) \\ f(t)*g(t) &= 1/2(\cos(p(t) + dp(t)) + \cos(p(t) - dp(t))) \end{aligned}$$

e si può quindi esprimere il loro prodotto mediante somme di opportuni segnali. Un simile approccio fu proposto in passato per i piccoli sistemi (Moorer, Sanders, Alles), ma quello da noi utilizzato non presenta distorsioni in frequenza. Tale proprietà permette di ottenere inviluppi d'ampiezza, modulazione di ampiezza e modulazione ad anello senza moltiplicazioni dirette.

Gli inviluppi di ampiezza sono ottenuti nel caso che la  $g(t)$  sia una funzione non periodica, la modulazione ad anello nel caso in cui entrambe le funzioni sono periodiche, la modulazione di ampiezza infine si ottiene nel caso che la  $g(t)$  sia del tipo  $1 + g_1(t)$  con  $g_1(t)$  periodica.

La forma d'onda modulante in ampiezza può essere espressa da un insieme finito discreto di pendenze  $d\omega k$  e durate  $t_k$ . Anche in questo caso è possibile produrre forme d'onda complesse mediante un piccolo insieme di parametri ed ottenere una alta risoluzione scegliendo una spaziatura non uniforme dei *break-points*.

*Formanti a mezzo di modulazione di ampiezza e modulazione ad anello.* Consideriamo una portante  $\cos wct$  (o  $\sin wct$ ) inviluppata da una funzione periodica  $V(t) = V(t + t_0)$

$$(7) \quad f(t) = V(t)*\cos wct$$

Imponiamo che la funzione  $f(t)$  sia periodica in  $T_0$ , fissando le condizioni iniziali della fase. In tal caso i coefficienti di Fourier  $C_n$  sono:

$$(8) \quad \begin{aligned} C_n &= \left( \int_0^{T_0} V(t) * \cos(wct + \phi) * \exp(-j\omega dt) dt \right) / T_0 = \\ &= \left( \int_0^{T_0} V(t) \exp(-j(nw_0 - wc)t) dt + \int_0^{T_0} V(t) \exp(-jnw_0 - wc)t dt \right) / 2\pi T_0 \end{aligned}$$

dove  $w_0 = 2\pi/T_0$

Gli ultimi due integrali rappresentano una traslazione dello spettro di  $V(t)$  intorno a  $+/-\omega_c$ .

Ogni formante può essere vista come lo spettro di Fourier di una funzione  $f(t)$  che può essere realizzata mediante oscillatori Pso.

È possibile realizzare formanti con finestre gaussiane.

Come possibile funzione modulante consideriamo adesso la funzione gaussiana.

$$(9) \quad w(t) = \begin{cases} 1/\sqrt{2\pi\sigma^2} & * \exp(-t^2/2*\sigma^2) \text{ per } |t| \leq T_0/2 \\ 0 & \text{per } |t| > T_0/2 \end{cases}$$

Poiché questa funzione praticamente si azzera per valori di  $t$  tali che  $T_0^2/2*\sigma^2 >= 2.5^2$  risulterà  $T_0/2 >= \sqrt{2*2.5*\sigma^2}$ . Se la  $w(t)$  viene prolungata su tutto l'asse reale con periodo  $T_0$  il suo spettro di Fourier è

$$(10) \quad C_n = 1/T_0 * \int_{-T_0/2}^{T_0/2} 1/\sqrt{2\pi\sigma^2} * \exp(-j\omega_0 nt) dt$$

Di conseguenza lo spettro della funzione gaussiana del tempo è ancora una funzione gaussiana della frequenza con  $\sigma$  inversamente proporzionali.

Come si può dedurre dalle (9) e (10) mediante un inviluppo gaussiano è possibile controllare una formante con quattro parametri e cioè  $T_0$  pitch,  $\omega_0$  frequenza di risonanza,  $A$  ampiezza e  $\sigma$  per la larghezza di banda.

Nel caso di funzioni discrete del tempo la (9) diventa

$$(11) \quad w(n) = \begin{cases} 1/\sqrt{2\pi\sigma^2} \exp(-n^2/2*\sigma^2) & \text{per } |n| \leq N_0/2 \\ 0 & \text{per } |n| > N_0/2 \end{cases}$$

dove per semplicità il periodo di campionamento è stato normalizzato ad 1 e  $N_0$  è il numero di campioni ed è legato alla periodicità della funzione. Poiché questa funzione praticamente si annulla per

$$|n|/2 > 2.5$$

si può ricavare una relazione tra  $\sigma$  e il numero di campioni

$$N_0/2 >= \sqrt{2*\sigma*2.5}$$

Se è fissata una banda passante minima di 50 Hz, si ricava un numero di campioni  $N_0 = 1024$  (frequenza di campionamento di 50

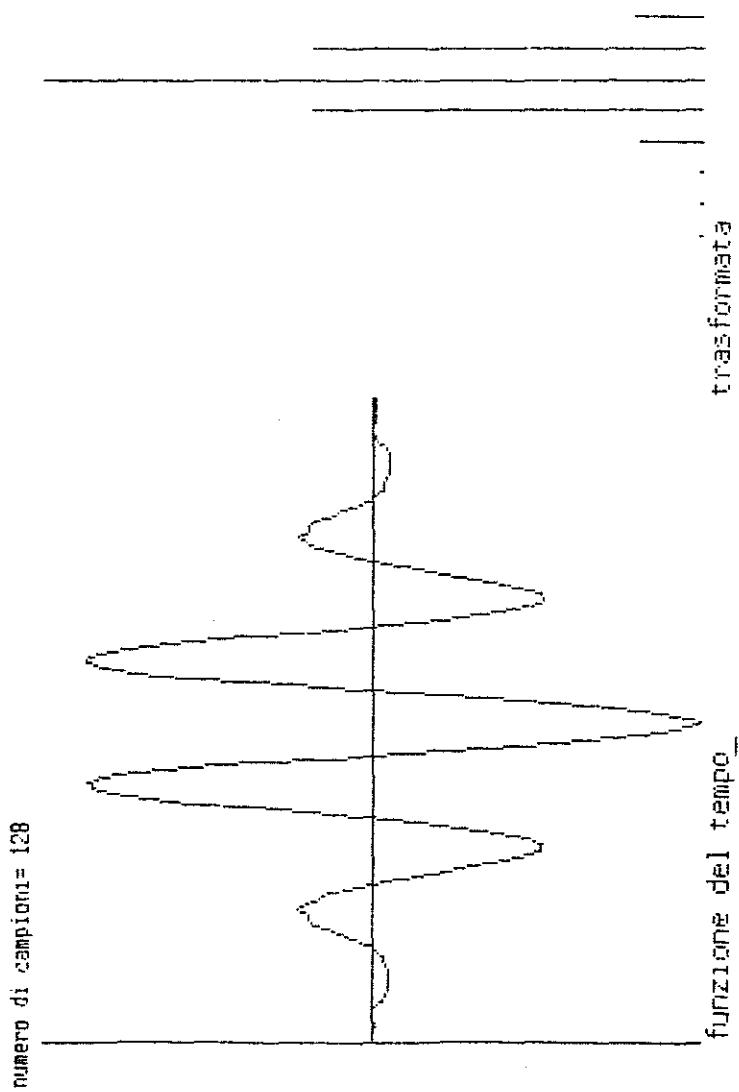


Figura 5

KHz). La funzione  $g(t)$  sarà una sequenza  $gn = wn * \cos 2 \pi n$  traslata di  $N0/2$  campioni, definita per  $-N0/2 < n < N0/2$ . Introducendo un tempo morto  $Tm$  e considerando  $T = Tm + T0$  è possibile controllare il *pitch* della formante. In figura 5 è mostrata la funzione modulante di tipo gaussiano realizzata mediante interpolazione con una unità Pso.

Con unità di questo tipo, dove il controllo si riduce ai quattro parametri sopraelencati è stata realizzata una sintesi additiva per formanti, ciascuna inviluppata separatamente.

### Bibliografia

- H.C. ALLES, *Music synthesis using real time digital techniques*, Proc. of IEEE, Vol. 68 N. 4, April 1980, p. 436 sgg.
- D. ARFIB, "Digital synthesis of complex spectra by means of multiplication of non linear distorted sine waves", *Journal of the audio Engineering Society*, 27(10), 1979, pp. 24-37.
- S.C. BASS - T.W. GOEDDEL, *The efficient digital implementation of subtractive music synthesis*, IEEE Micro 1(3), 1981, pp. 24-37.
- S. CAVALIERE - I. ORTOSECCO - P. PARASCANDOLO - A. PICCIALLI, *An efficient method to implement amplitude modulation in hardware*, Proceeding of the ICMC/82, International Computer Music Conference, Venice 1982.
- S. CAVALIERE - I. ORTOSECCO - P. PARASCANDOLO - A. PICCIALLI, *Un sistema hardware per la sintesi ed il trattamento dei segnali acustici*, Atti del Congresso Annuale AICA, Padova 1982.
- J.M. CHOWNING, "The synthesis of complex audio spectra by means of frequency modulation", *Journal of Audio Engineering Society* 21(7), 1973, pp. 524-526.
- J.M. JUSTICE, "Analytic signal processing in music computation", *IEEE Transaction on Acoustics, Speech and Signal Processing ASSP* 27(6), 1979, pp. 670-684.
- W. KAEKI - S. TEMPELAARS, "Vosim - a new sound synthesis system", *Journal of the audio Engineering Society*, 26(6), 1978, pp. 418-424.
- Y. MITSUHASHI, "Piecewise Interpolation Technique for Audio Signal Synthesis", *Journal of Audio Engineering Society*, 30 (4), 1982, pp. 192-202.

# Session:

## SOFTWARE I

---

### **Granular Synthesis of Sound: Past Research and Future Prospects**

Curtis Roads  
MIT, Cambridge, Massachusetts, USA

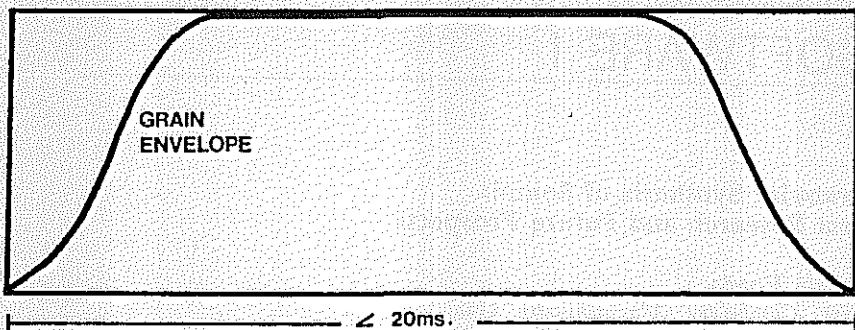
*Abstract.* Granular synthesis is a powerful method of sound production. The technique involves the generation of thousands of very short sonic *grains* to form larger acoustic events. According to mathematical theory, granular synthesis is equivalent in power to any other additive synthesis technique, and could be used to synthesize any sound.

This presentation describes past research in granular synthesis and discusses how future research could unleash the full potential of the technique.

*Introduction.* The notion of a *granular* or *quantum* approach to sound was first proposed by the British physicist Dennis Gabor in 1946 (Gabor 1946, 1947). According to Gabor's theory, a granular representation could describe any sound. This hypothesis was verified mathematically by Bastiaans in 1980.

Granular synthesis of sound involves building up acoustic events from thousands of short-duration grains (or quanta) of sound. Thus it can be classified as a form of additive synthesis. A grain of sound lasts a very short time (typically 1-20 ms), which approaches the audible difference threshold for duration, frequency, and amplitude discrimination<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Granular synthesis has a close analogy in the visual domain to the technique of *particle synthesis* of images used by scientists at Lucasfilm Ltd. for the creation of cloudlike and grasslike textures (Reeves 1982).



*Figure 1*

Each grain has the same amplitude envelope, similar to a Gaussian bell-shaped curve in its attack and decay portions (Fig. 1).

Several parameters can be varied for each grain, including the waveform (for example varying from a sine wave to a band-limited pulse), frequency, amplitude, and spatial location (Roads 1978).

*Granular Synthesis Instrument.* Granular synthesis can be implemented with a quite simple synthesis instrument.

As figure 2 shows, the simplest granular synthesis instrument is a sine wave oscillator controlled by an envelope generator with a quasi-Gaussian curve. The grain can be positioned anywhere in a quadraphonic space. This instrument is sufficient for the most basic forms of granular synthesis. We can extend this basic instrument by allowing a choice between several waveforms or interpolation between several bandlimited waveforms.

*Control Data for Granular Synthesis.* To generate even a simple sound using granular synthesis requires a massive amount of control data, in the form of values for each parameter (e.g., frequency, amplitude, spatial location, etc.) of each grain. If  $n$  is the number of parameters for each grain, and  $d$  is the mean grain density per minute of sound, it takes  $d * n$  parameter values to specify one minute of sound. Since the density  $d$  is often in the range of 1000 to 5000, it is clear that for the purposes of compositional control, a higher-level unit of organization for the grains is needed.

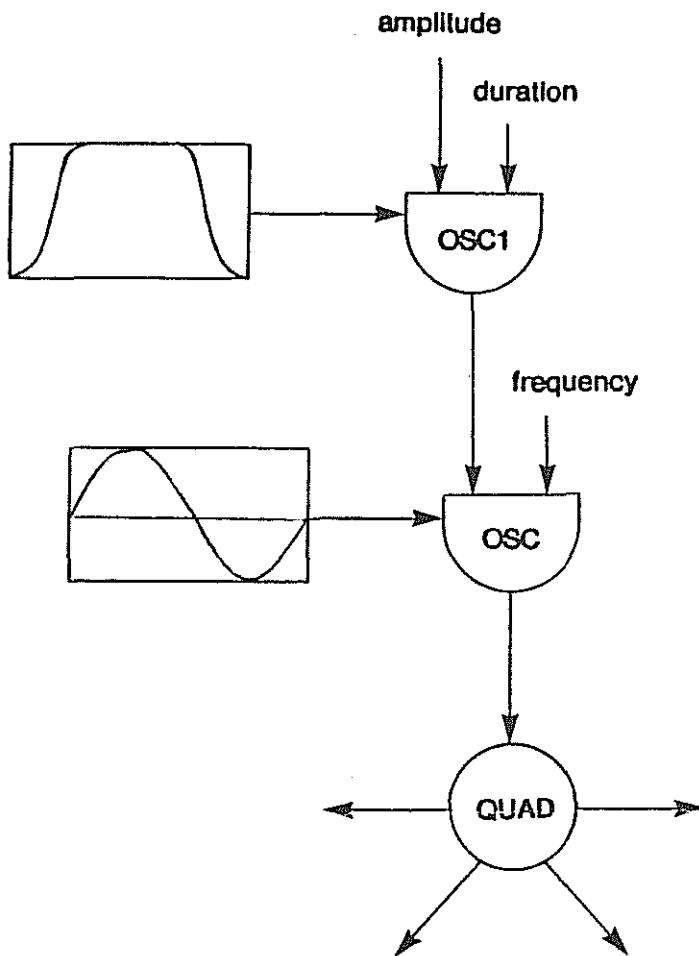


Figure 2 - Simple granular synthesis instrument.

*Frames.* One way to organize the grains is to assemble them into a regular sequence of *frames*, like the control frames of linear predictive coding synthesis. Each frame can contain hundreds of grains.

Figure 3 shows a sequence of frames, artificially flattened for the purpose of illustration. At each frame interval, the grain parameters are updated.

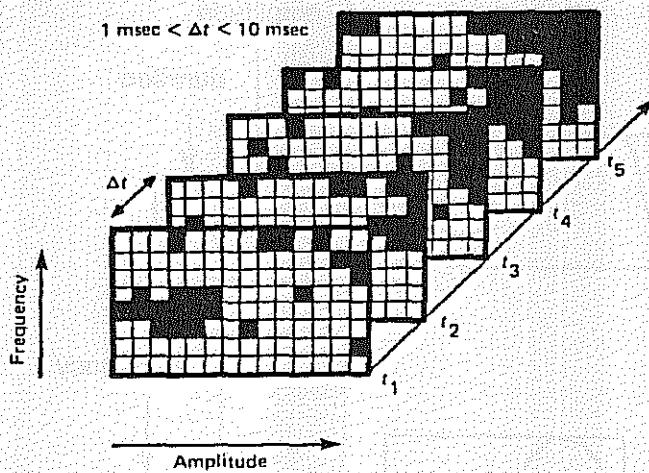


Figure 3 - Series of Frames.

Figure 4 shows a closeup view of one frame interval with three midrange bands or formants at equal amplitude.

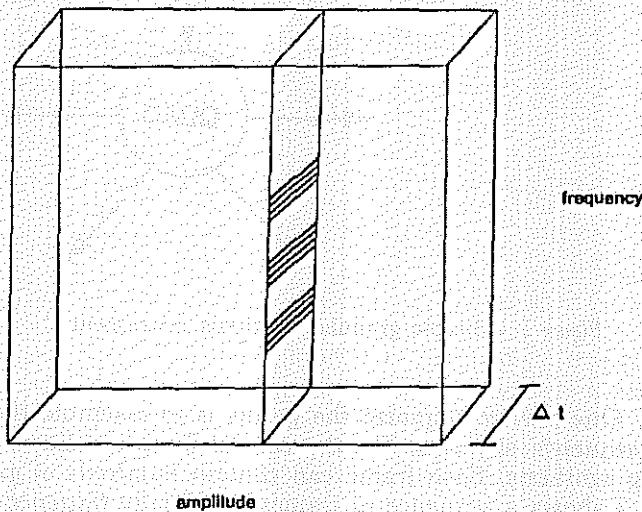


Figure 4 - Closeup of one frame.

A frame-based approach to granular synthesis was suggested by Xenakis many years ago (Xenakis 1971). It has never been implemented. Although there are several technical problems to be resolved, it appears to be an interesting and possibly fruitful avenue of research.

Figure 5 lists several tasks to be investigated in researching a frame-based approach to granular synthesis.

---

**PAST ACCOMPLISHMENTS:**

---

**Experiments with various grain durations**

**Tests of grain densities up to 3000/minute**

**Tests of different waveforms in the grain generator instrument**

**Experimental time granulation of percussive,  
Instrumental, and animal sounds**

**Synthesis of percussion rolls from a  
single percussion note**

**Compositional use in prototype, Objet. nscor, and Field**

---

**FUTURE PROSPECTS:**

---

**Implementation of frame-based granular synthesis**

**A frame editor**

**Development of an analysis system for granular synthesis**

**Extension of the concept of an event from a  
trapezoid to a continuous, enclosed area**

**Implementation of the grain generator instrument  
in digital microcode for real-time synthesis**

*Figure 5 - Research in frame-based granular synthesis.*

*Events.* My own research in granular synthesis has, to date, gone in a different direction. In particular, I have concentrated on an event-based approach. In this approach, individual grains are subsumed into larger categories called events – the units with which the composer works.

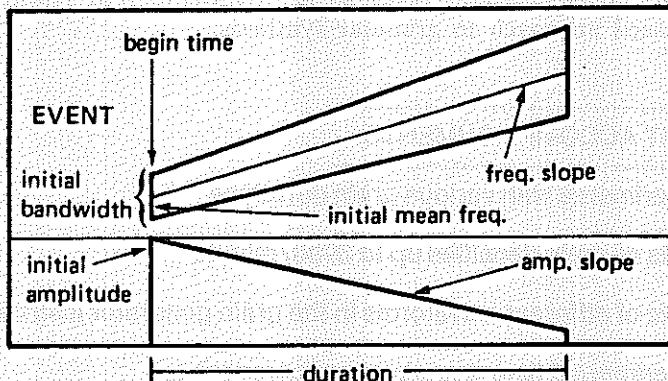


Figure 6 - Events.

As figure 6 shows, the composer specifies an event in terms of a duration, an initial frequency, a frequency slope, and initial amplitude, and amplitude slope, and an initial grain density and density slope over the duration of the event. The slopes determine the a change in the parameter settings (and hence, sonic content) of the grains over time. Within the boundaries of an event, grains are automatically scattered according to the tendencies specified by the event's parameters.

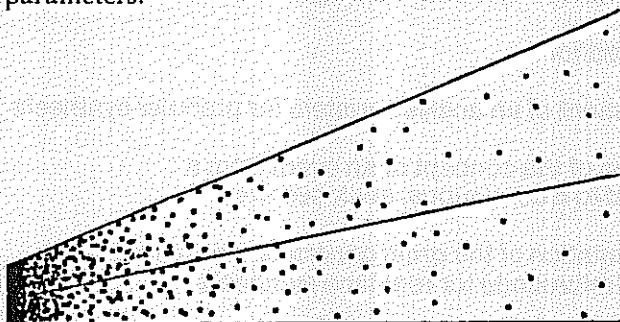
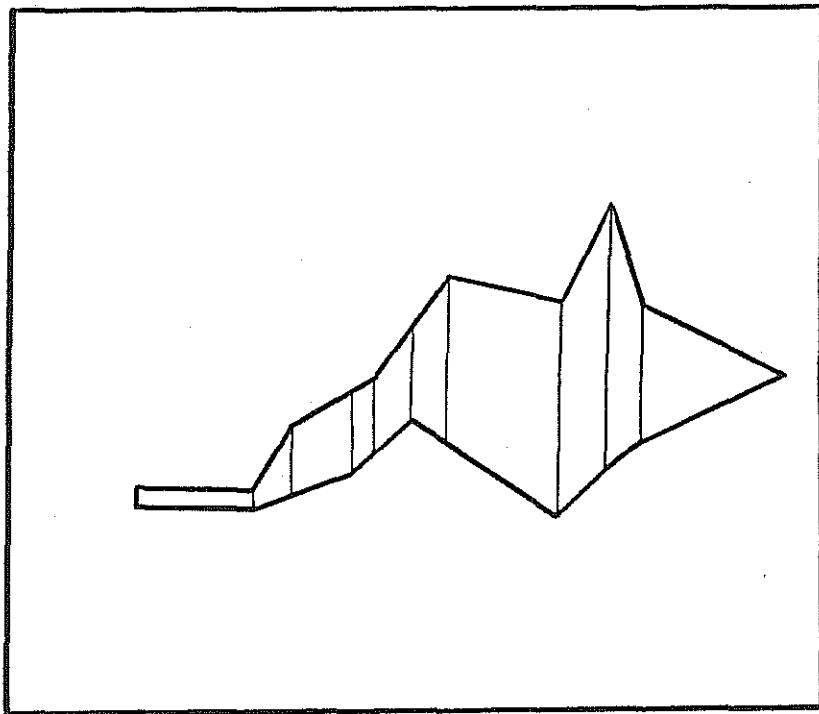


Figure 7 - Decreasing grain density.

As figure 7 shows, if the initial grain density is high, then many grains will be concentrated at the beginning of the event. If the grain density slope is negative, then fewer and fewer grains will be scattered toward the end of the event.

*Realization of Graphic Scores.* As figure 7 shows, events can be visualized as instances of trapezoids – four-sided figures with two parallel sides. In practice, we can use granular synthesis to fill in any polygon inscribed on the frequency/time plane.

Figure 8 shows how an arbitrary polygon can be subdivided into events.



*Figure 8 - Polygon subdivided into events.*

Figure 9 is an excerpt from the score to my composition *prototype*, realized entirely with granular synthesis.

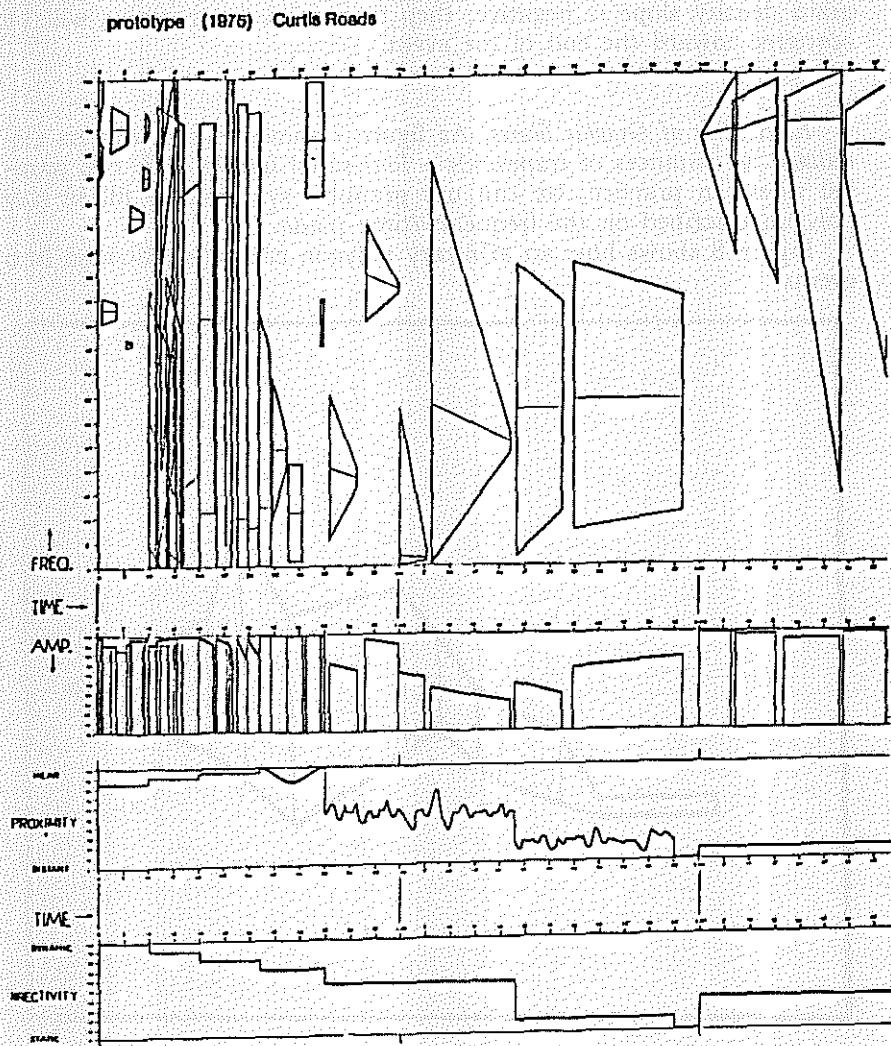


Figure 9 - Score excerpt from *prototype*.

*Signal Processing Aspects of Granular Synthesis.* The grain envelope shown in figure 1 has a predictable effect on the spectrum of the waveform fed into it. I briefly discuss what happens to the spectrum of a chain of grains at a fixed frequency as a guide to the envelope's effects on more complex signals.

Sound Example 1 is a reference sine wave at 1 KHz. Sound Example 2 is a chain of sinusoidal grains at 1 KHz. This chain is shown in figure 10.

In general, for each sinusoidal component in the carrier, the time envelope will contribute a series of sidebands to the final spectrum. As figure 11a shows, the acoustical effect is that of a formant surrounding the carrier frequency.

In practice, however, strictly sequential grains are a boundary case, since the appearance of a grain at a particular time point is determined by a call to a random function. As figure 11b shows, just a 2 ms random deviation from a strictly sequential chain attenuates most of the regular sidebands by 10 to 20 db. If the random deviation is increased, the sidebands become less and less regular.

*Time Granulation of Sounds.* Another potent possibility offered by granular techniques is the *time granulation* of recorded sounds.

Time granulation involves chopping a sound into grains and resynthesizing it with the grains in a new ordering and with a new microrhythm. For example, one can extract a single long grain from a snare drum and clone a sequence of hundreds of grains to create a snare drum roll. The same operation can be applied to other percussion instruments and even to pitched instruments. Time granulation can be used to create "clouds" of evolving sound by mixing grains from different source files over time.

I am currently working on a composition involving the New York saxophonist Earl Howard, in which sound files containing saxophone notes will be time-granulated and recombined into clouds of saxophone timbres.

*Psychoacoustics Research Questions.* Granular synthesis makes tremendous demands on a computing system. For this reason, it has not been possible to pursue research into granular synthesis as quickly as one would hope. With the imminent availability of more effective tools for prototyping user interfaces and more powerful signal processing hardware, the time has come to investigate several fundamental questions. Two questions are concerned with the inves-

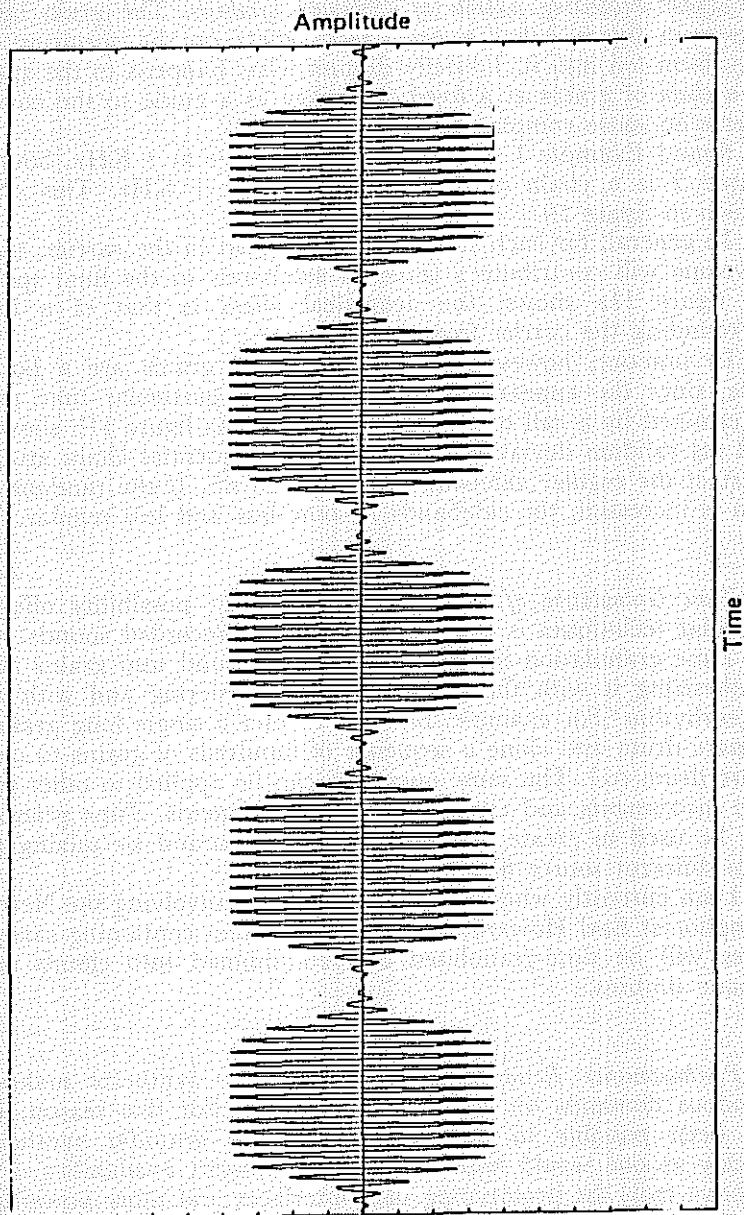


Figure 10 - Chain of sinusoidal grains.

tigating the constraints of the technique from a perceptual and signal processing standpoint.

First, what is the minimal effective duration for individual grains? Past research (Roads 1985) has pointed focussed on durations as short as 10 ms, but grains shorter than this have not yet been tested. Green (1971) has suggested that temporal auditory acuity extends to events as short as 1 ms. Hence, grains shorter than 10 ms may also prove useful. Second, within what boundaries of grain density is the technique effective? Previous tests have packed as many as 1600 grains into one second of sound, but system limitations restricted us from trying higher densities.

Another entire category of questions revolve around psychoacoustic issues. These questions are also motivated by an extension of granular synthesis to include *time-granulation* of any natural sound (Roads 1985). For example, can we manipulate grain densities in time to achieve a *coalescence* effect or its opposite – the *evaporation* of any existing sound? At what stage of coalescence does the ear recognize the source of the original sound? At what stage of evaporation does the ear detect degradation in the signal? Perceptually, what happens when sounds derived from different sources coalesce? Can we expect the sounds to *fuse* into a hybrid sound (McAdams and Bregman 1979)? Under what conditions can we count on the ear's ability to sort out grains derived from disparate sources? Can the ear resolve different pitches and instrumental timbres when they are granulated and mixed together?

*Problems with Past Implementations.* Past implementations of granular synthesis have been stymied by hardware and software restrictions. At MIT, we have been limited to synthesis using the Music 11 language, which is inadequate for any but the most elementary tests of the technique. It is possible to generate the grains within an instrument defined in the Music 11 signal processing language, but the control structures of Music 11 prove fatal. In particular, Music 11 instruments cannot handle the case of random dispersion of events within a given duration. Inside a Music 11 instrument, time at the sample level goes forward only, and the instrument cannot return to an earlier point in time to write another grain. We have generated sequential chains of grains with Music 11, but even this simple case required us to use unconventional control structures (timeout, reinit, rest, rireturn) and convoluted logic within the instrument in order to achieve the desired goal.

Experience with such limitations has convinced us that the key to

generalized granular synthesis is the use of relatively simple synthesis instruments driven by more complicated programs written in high-level languages such as Lisp. In this case, granular synthesis can be realized with a simple synthesis instrument that is driven by massive amounts of data. This data is created by a front-end program that interacts with a user. We implemented such a front-end program in 1983. Unfortunately, even this approach could not be supported in Music 11. The anachronistic 64 Kbyte address space limitation inherent in Music 11 proved fatal: No more than 32 events can be playing simultaneously or the program crashes. Generalized granular synthesis can often require the synthesis of 100 or more simultaneous events in a dense texture.

By now, the computer music field has much experience with real-time synthesizers, in which the demand for hardware resources such as oscillators and envelopes can easily exceed their supply. Research has demonstrated a number of techniques for gracefully degrading system performance without simply aborting the music synthesis (Moorer 1981; Kaplan 1981). The most common technique is to delete old notes in the inner voices of a texture, but other criteria for deletion are also possible.

*An Environment for Granular Synthesis.* In order to unleash the potential of granular synthesis in the nearterm and apply it to scientific research, we need to undertake a practical program aimed at the development of an integrated working environment for generalized granular synthesis. This environment incorporates three components:

- A graphical user interface allows the user to specify thousands of granular events by supplying just a few parameter values
- A relatively simple instrument definition written in an extensible signal processing language
- A powerful digital signal processor (such as the 4X) that can synthesize or sample at least 100 grains simultaneously; software should ensure that performance deteriorates "gracefully" by deleting grains when the demand for oscillators exceeds the hardware supply

The graphical interface speeds up the research and allows rapid testing of ideas within the specialized domain of granular synthesis. The instrument definition can be constructed rapidly and extended without headaches. The synthesis hardware ensures that tests are heard immediately, eliminating the obstacle of non-real-time processing that has plagued past research.

*Sound Examples.* Now let us hear some preliminary applications of the granular synthesis technique. Sound Example 3 is a midrange cluster followed by a cloud of high frequency grains. In Sound Example 4, a cloud of crackling grains are saturated by higher frequency grains (echo has been added). Sound Examples 5 and 6 demonstrate how granular synthesis can be used to create effective, almost arpeggiated glissandi.

If we have learned anything musical in 30 years of digital sound synthesis, it is that over-reliance on any single synthesis technique can produce dangerously monotonous results. Here granular synthesis can act as a foil — a polar opposite to smooth textures created with conventional synthesis methods such as additive, subtractive, FM, and waveshaping. Sound Example 7 is an excerpt from my piece *Field*, recently recorded on a Compact Disc produced at M.I.T. Here granular synthesis is used for one brief moment within the context of a wide spectrum of sound timbres.

*Conclusion.* past work in granular synthesis has indicated the musical potential of the technique. Much work remains to develop it to its full potential (Fig. 12).

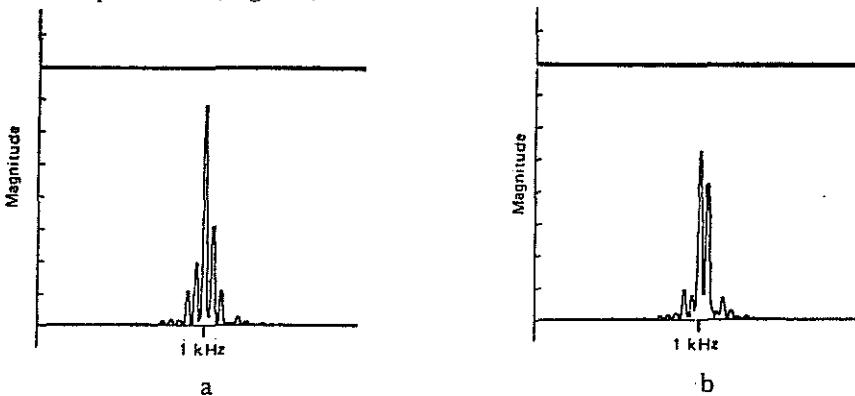


Figure 11 - FFTs of chains of grains.

Granular synthesis is potentially a general synthesis method, capable of synthesizing nearly any sound. At this stage of development, however, we are satisfied just to be able to add to the computer musician's palette of available sound colors.

*References*

- M. BASTIAANS, 1980, *Gabor's expansion of a signal into Gaussian elementary signals*, «Proceedings of the IEEE 68», pp. 558-559.
- D. GABOR, 1946, *Theory of Communication*, «Journal of the Institute of Electrical Engineers», Part III, 93, 429.
- D. GABOR, 1947, *Acoustical quanta and the theory of hearing*, «Nature» 159(1044), 591-594.
- D. GREEN, 1971, *Temporal Auditory Acuity*, «Psychological Review», 78(6): 540-551.
- S.J. KAPLAN, 1981, *Developing a Commercial Digital Sound Synthesizer*, «Computer Music Journal», 5(3): 62-73.
- J.A. MOORE, 1981, *Synthesizers I Have Known and Loved*, «Computer Music Journal», 5(1): 4-12.
- J.C. RISSET - D. WESSEL, 1982, *Exploration of timbre by analysis and synthesis*, in D. Deutsch, ed. 1982, «Psychology of Music», New York, Academic.
- C. ROADS, 1985, *Granular Synthesis of Sound*, in C. Roads and J. Strawn, ed. 1985, «Foundations of Computer Music», Cambridge, Massachusetts, MIT Press.
- I. XENAKIS, 1971, *Formalized Music*, Bloomington, Indiana University Press.

## **Il sistema MAP per il controllo del CMI Fairlight**

A. Camurri, R. Zaccaria

DIST, Università di Genova

G. Haus, G. Jacomini

Istituto di Cibernetica, Università di Milano

1. *Introduzione.* In questo lavoro viene descritto per sommi capi il sistema MAP<sup>1</sup>; il MAP è un sistema *software* scritto in linguaggio C che permette di descrivere processi musicali mediante reti di Petri strutturate a più livelli di astrazione<sup>2,3</sup>.

In particolare, viene descritta la versione del MAP che controlla oggetti musicali scritti in linguaggio MCL (uno dei *composer* del CMI Fairlight); questa versione produce partiture eseguibili mediante il CMI Fairlight ed orchestrate in modo coerente con le caratteristiche fisiche dello strumento.

La prima versione del MAP controlla oggetti musicali scritti in linguaggio CMUSIC<sup>4,5</sup>. Mentre nel caso del MAP-CMUSIC gli oggetti musicali sono *files* di campioni sonori o partiture CMUSIC, nel caso del MAP-MCL gli oggetti musicali sono porzioni di partitura che vengono sincronizzate automaticamente sulla base della particolare esecuzione della rete di Petri più astratta derivata da una particolare marcatura iniziale.

Il sistema MAP consiste di un insieme di tre programmi a livello utente: MFORM, REMARK, PERFORM. Il primo definisce un linguaggio per descrivere PN *scores*; il secondo fornisce all'utente uno strumento di *editing* sulla partitura precedentemente tradotta in codice interno dal primo, mentre l'ultimo è il vero e proprio esecutore di PN *scores* processate dai precedenti. Per esecuzione, nella implementazione MAP-MCL, s'intende la generazione della pagina 3 del CMI Fairlight

<sup>1</sup> A. CAMURRI, *Un linguaggio per la descrizione e l'esecuzione di processi musicali basato sulle reti di Petri*, Tesi di Laurea in Ingegneria, Dist, Università di Genova, 1984.

<sup>2</sup> G. DEGLI ANTONI - G. HAUS, *Music and Causality*, proc. '82 ICMC, CMA ed., San Francisco, 1983.

<sup>3</sup> G. HAUS, *Elementi di informatica musicale*, Gruppo Editoriale Jackson, Milano, 1984.

<sup>4</sup> A. CAMURRI - G. HAUS - R. ZACCARIA, *Describing and performing musical processes by means of Petri nets*, Interface, vol. 14 n. 3, Swets & Zeitlinger, Amsterdam, 1985.

<sup>5</sup> F.R. MOORE, *Introduction to music synthesis using CMUSIC*, «CARL» - University of California, San Diego, 1984.

e dei canali di uscita (i PART.Pt *files* ed il PIECE.Pc *file* per il linguaggio MCL).

Il MAP-MCL verifica la compatibilità della partitura prodotta da una particolare esecuzione di una PN *score* con i limiti fisici e logici del CMI Fairlight; in particolare verifica che la polifonia complessiva sia in un certo istante non superiore ai canali audio del CMI (8 per la serie IIX utilizzata per questo lavoro), verifica che complessivamente non siano richiesti più registri di quanti il CMI disponga e infine prepara il *file* di tipo .IN (cioè l'orchestrazione) corrispondente alla partitura generata.

Il MAP è stato sviluppato in ambiente UNIX utilizzando strumenti quali ad esempio lo YACC per l'implementazione di compilatori ed il MAKE per mantenere le diverse versioni del sistema.

Il MAP-MCL, in sintesi, consente di dare una metadescritzione per una classe di testi musicali che viene attualizzata in una particolare partitura mediante una esecuzione, a partire da una marcatura iniziale della rete che caratterizza una classe di testi. Come già illustrato nei precedenti lavori citati, mediante le reti di Petri è possibile descrivere formalmente concetti quali la gerarchia, la concorrenza, il non determinismo e la causalità basati sulle metafore di oggetto musicale e di processo musicale.

2. *La versione MAP-CMUSIC.* Un oggetto musicale del MAP-CMUSIC può essere sia una partitura CMUSIC, sia *files* sonori di campioni floating point, sia una rete di Petri a livello di astrazione superiore.

CMUSIC è il programma general purpose per la sintesi del suono usato al CARL (Computer Audio Research Laboratory, University of San Diego, California), la cui struttura è basata sul modello del Music V. L'uscita prodotta dal CMUSIC è un segnale numerico che può essere ascoltato mediante uno o più DAC. Il CMUSIC è scritto in linguaggio C.

3. *Il sistema VAX-CMI.* Il presente lavoro è stato realizzato presso il Laboratorio di Musica Elettronica dell'EMIT (Ente Morale per l'incremento dell'Istruzione Tecnica) di Milano. La dotazione strumentale utilizzata consiste di un elaboratore DEC VAX 11/750 connesso mediante linea seriale Rs-232C ad un elaboratore musicale CMI Fairlight (Fig. 1).

Questa configurazione ha determinato le caratteristiche e i limiti fisici della ricerca. La programmazione del VAX consente di elaborare sia suoni che partiture localmente in ambiente UNIX e, in tempo

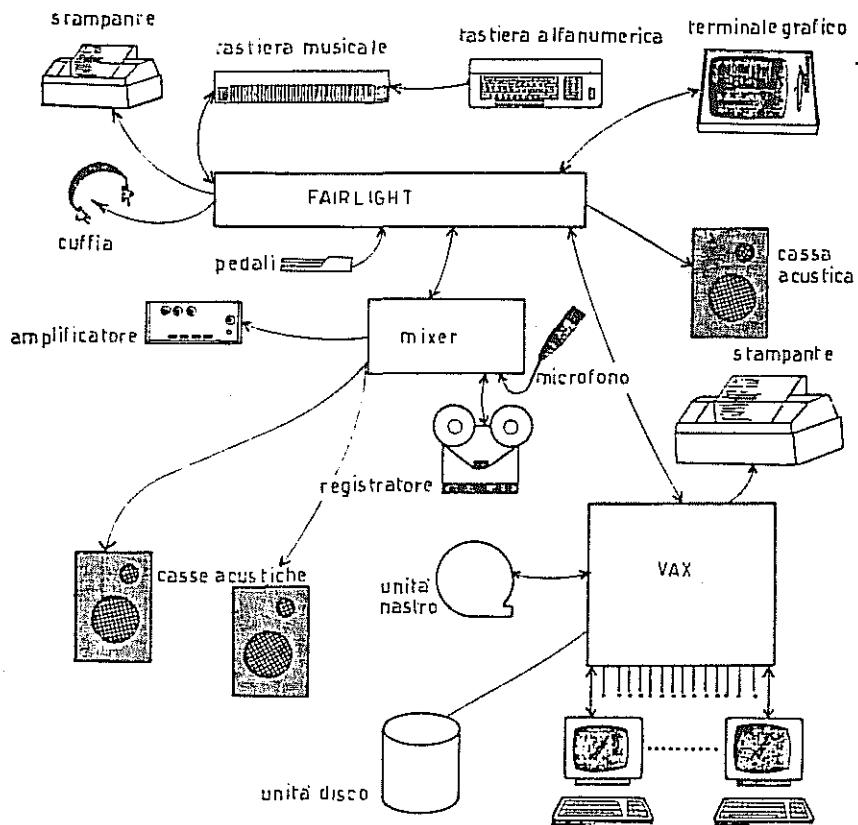


Figura 1 - Schema architetturale del sistema VAX/CMI.

differito, di trasferire sia suoni che partiture (purché nei formati opportuni) per l'esecuzione musicale (o per l'analisi, per i soli suoni) sul CMI. In questo modo si può controllare completamente il CMI dalle 16 *workstations* del VAX e si può svincolare il CMI dalle rigidità del *software* ivi residente; ad esempio, è possibile elaborare suoni numericamente sul VAX con una qualsivoglia tecnica di sintesi e quindi registrarlo ed eseguirlo con il CMI.

Il sistema MAP-MCI è appunto un sistema per la composizione musicale che produce partiture eseguibili sul CMI pur svincolando il musicista dall'uso dei *composer* residenti sul CMI.

I vincoli del CMI sono essenzialmente i seguenti: è uno strumento politimbrico (8 timbri "completi" o quantità anche molto superiori di timbri "parziali") e polifonico (8 canali audio monofonici separati in uscita), campiona ad una frequenza massima di 30,2 KHz utilizzando 8 bit per ogni campione; inoltre, non permette di cambiare l'orchestrazione durante l'esecuzione di una partitura.

#### 4. La versione MAP-MCL

4.1. *MFORM: un compilatore di reti di Petri musicali.* Il linguaggio MFORM permette una descrizione linguistica monodimensionale di una rete, in termini di una sequenza di *statements*. Uno *statement* può definire un posto, una transizione, una particolare marcatura, i posti iniziale e finale della esecuzione di una rete. L'utente può definire nomi simbolici per designare gli elementi della rete seguendo semplici regole. Ad esempio, lo *statement*

```
trans.t(input1.ss input2.ss, output.net);
```

introduce una transizione con nome simbolico "trans" avente due ingressi ed una uscita: gli ingressi sono connessi ad "input1" ed "input2", mentre l'uscita è connessa ad "output". I suffissi "ss" e "net" indicano che i posti relativi si riferiscono ad oggetti musicali di tipo MCI, *Sequence Files* e sottorete rispettivamente. Il suffisso "t" indica una transizione. Una descrizione linguistica di una rete mediante questo formalismo richiede almeno due insiemi di *statements*: uno per definire la topologia della rete, formato da *statements* del tipo appena visto, ed uno ulteriore per definire i posti iniziale e finale e la marcatura iniziale, cioè lo stato iniziale della rete. Un esempio di quest'ultimo tipo di *statement* è il seguente:

```
init startplace.ss, cnt one=3,cnt two=8,sgn one=1;
```

In questo caso "startplace" è definito come posto iniziale della rete in questione, mentre ai posti di controllo "cnt one", "cnt two" e "sgn one" viene assegnata una marcatura iniziale rispettivamente di 3, 8 e 1 marche.

Come si può notare dai precedenti esempi, ai simboli (nomi dei posti e transizioni) è associata una opportuna sintassi per designare il tipo di oggetto, senza richiedere quindi un ulteriore tipo di *statement*:

prefisso	cnt o CNT	significa	Counter Place
	sgn o SGN	significa	Signal Place
suffisso	ss	significa	MCL Sequence File
	net	significa	Net Description File
	t	significa	Transition

Il tipo di transizione (o "primitiva musicale", come descritto in<sup>6</sup> è implicitamente definito dal numero di ingressi ed uscite della transizione, dato che essa può essere identificata in modo non ambiguo.

Esistono altri due tipi di *statement* per descrivere linguisticamente una rete di Petri musicale: uno per riassegnare ad uno o più posti partitura uno stesso oggetto musicale, dato che i nomi dei posti in una rete devono essere distinti. Infine, esiste un tipo di *statement* per descrivere strutture dette "Macro Fusion Blocks", descritte più avanti.

Ad esempio, lo *statement*

chorus.ss=Splace1=Splace2=Splace3;

assegna ai posti "place1", "place2" e "place3" l'oggetto musicale "chorus.ss". Occorre notare che tutti gli *statements* di questo tipo devono essere posti alla fine della PN *score*, cioè dopo che tutta la rete è stata definita. Questo è l'unico obbligo sulla sequenzialità degli *statements* in una PN *score*: gli altri tipi di *statement* non hanno altra limitazione oltre a quella suddetta di precedere tutti quelli riguardanti la riassegnazione di posti.

<sup>6</sup> G. JACOMINI, *Generazione automatica di partiture musicali descritte mediante reti di Petri ed eseguibili su CMI Fairlight*, Tesi di Laurea in Scienze dell'Informazione, Università di Milano, 1985.

Infine, lo *statement*

```
MF3: trans.t(inpl.ss sgn3,out1);
```

assegna al "Macro Fusion Block 3" la transizione "trans.t" ed i posti "inpl.ss" e "sgn3" in ingresso e il posto "out1" in uscita.

Come esempio di traduzione in linguaggio MFORM di una rete elementare, si confronti la figura 2 con la seguente descrizione MFORM di un *loop*:

```
init SGN start,CNT loop=4;
start.t(SGN start, P loop.ss);
loop.t(CNT loop P loop.ss, P loop.ss);
```

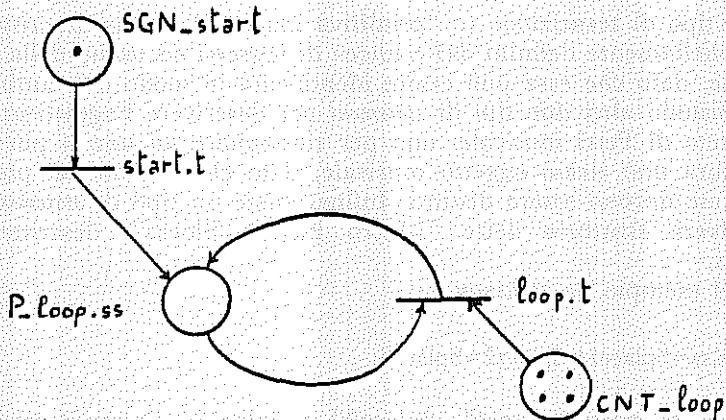


Figura 2 - Rete loop elementare.

Dal punto di vista della implementazione, MFORM accetta in ingresso un *file* contenente la descrizione linguistica di una rete di Petri musicale e produce in uscita una sorta di codice interno successivamente utilizzabile da REMARK e PERFORM. Tale codice interno è una rappresentazione a lista statica della rete data, in cui i singoli elementi sono i posti e le transizioni della rete.

L'ultima fase della sessione con MFORM è dedicata alla definizione interattiva dei "suoni" associati ad ogni singola istanza di ogni singolo oggetto musicale di tipo *Sequence File*. Le informazioni intro-

dotte in questa fase serviranno poi al **PERFORM** per la generazione dell'orchestrazione e potranno essere comunque modificate con **REMARK**.

Il linguaggio accettato da **MFORM** è facilmente modificabile essendo stato implementato mediante **YACC**, che permette immediato accesso alla grammatica del compilatore.

**4.2. REMARK: un editor per forme interne di PN scores.** Il programma **REMARK** permette di eseguire modifiche in modo interattivo su di una forma interna precedentemente creata mediante il programma **MFORM**. Nella versione **MAP-MCL** è stata aggiunta una fase dedicata alla (ri)assegnazione delle voci (dei "suoni") ai posti che sono oggetti musicali **MCL**.

Oltre ad eseguire il *voicing* della rete, lo scopo di **REMARK** è di fornire *facilities* in fase compositiva; infatti, esso interviene su **PN scores** tradotte in forma interna al fine di modificarne lo stato iniziale. In tal modo, tramite **REMARK** è possibile evitare di processare molte volte attraverso **MFORM** una intera **PN score**, nei casi in cui si desiderino apportare solamente questi tipi di variazioni elementari.

**REMARK** permette quindi di operare su una classe di **PN scores** (a livello di forma interna) che si differenziano per la marcatura iniziale e/o il *voicing* dei posti *Sequence Files*, ma tutte caratterizzate dalla medesima topologia di rete.

**4.3. PERFORM: un esecutore di PN scores.** Il programma **PERFORM** realizza la fase di esecuzione di partiture descritte mediante reti di Petri musicali.

**PERFORM** richiede come *input* un *file* contenente la forma interna, generata tramite **MFORM** ed eventualmente editata mediante **REMARK**, di una **PN score** e ne produce la relativa esecuzione, corrispondente alla creazione dei *Part Files* e del *Piece File* in linguaggio **MCL** nonché la pagina 3 (l'orchestrazione) relativi alla **PN score** data.

In altre parole, **PERFORM** è un processore virtuale che simula il comportamento e la esecuzione concorrenti del modello della rete.

La natura peculiare del modello ha permesso la scelta di un algoritmo molto efficiente per la esecuzione. Infatti, i processi sono concorrenti ma disgiunti, ad eccezione della condivisione dell'uscita; è possibile comunque separare i due problemi usando da una parte uno *scheduler* *non-preemptive* per sequenzializzare le esecuzioni dei processi senza richiedere *time slicing* e interruzioni, dall'altra introducendo un *collector* di tutte le uscite, dove i processi producono le loro uscite separatamente, senza richiedere condivisione di risorse per i canali di uscita (**MCL Part Files**).

In definitiva, una rete è eseguita esplorando ricorsivamente tutti i suoi "rami" in profondità finché è possibile, annotandosi lo scorrere temporale avvenuto; quando viene incontrato un punto morto durante l'esecuzione di un ramo, si ritorna ad un altro e così via. Le uscite vengono memorizzate separatamente in differenti canali di uscita tenendo conto delle loro temporizzazioni. Tipici punti in cui l'algoritmo termina l'esplorazione in profondità di un ramo sono: "Fusioni" (ovvero transizioni con più posti in ingresso, dei quali almeno uno non ancora processato dall'algoritmo) e "Macro Fusion Blocks".

In figura 3 è rappresentata la più semplice struttura MFB: si tratta di una cella "fusione-alternativa-fusione" in cui è possibile avere, a seconda della marcatura e del tempo di arrivo delle marche, un comportamento non-deterministico oppure deterministico.

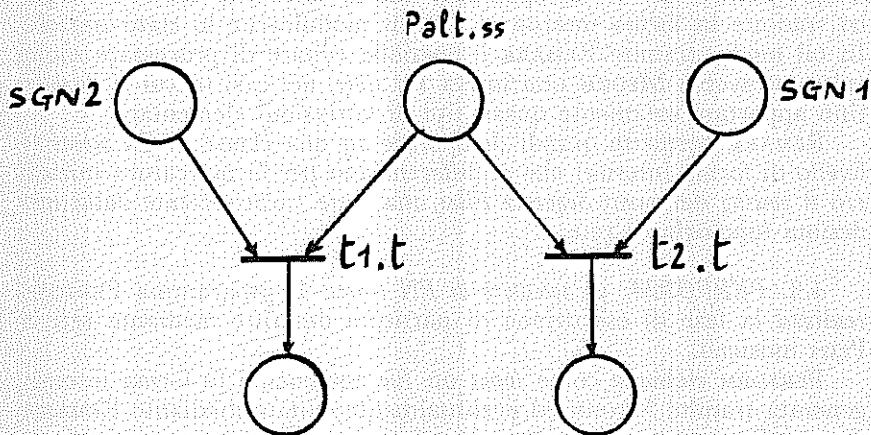


Figura 3 - Macro Fusion Block elementare.

Una descrizione dell'algoritmo mediante un formalismo Pascal-like è la seguente:

```

PROCEDURE PERFORMER (start_place, time_init),
begin
repeat
begin
if (start_place = il posto finale della Pn score)
then begin
        execute (start_place); return
end;

```

```

if (start_place è un posto di ingresso in alternativa)
    then begin
        <gestione dell'alternativa>;
    end;
(* si considera ora la transizione successiva a start_place che è univocamente determinata dalla gestione della alternativa, nel caso una alternativa esista *)
    if (c'è una fusione nella transizione)
        then begin
            <gestione della fusione>;
            end;
        else begin
            execute (start_place);
            end;
    if (c'è uno splitting nella transizione)
        then begin
            < chiamata ricorsiva al performer per ogni ramo dello splitting in uscita alla transizione (the first, next-place, excepted)>;
            end;
        start_place:=next_place;
    end;
until (partitura eseguita);
<gestione delle alternative seguenti>;
end. (* performer *)

```

Questo algoritmo ricorsivo, che percorre una PN score iniziando dal posto di *start*, esegue i posti *Sequence Files* e li sincronizza ponendoli nei canali di uscita.

Si è visto come un posto in una rete di Petri possa essere un *Sequence File MCL*, un *counter* o un *signal* o possa corrispondere a sua volta ad una rete di Petri ad un inferiore livello di astrazione. In quest'ultimo caso *PERFORM* esegue ricorsivamente la sottorete di più basso livello.

Nel caso di posti *Sequence Files*, l'algoritmo inserisce in un opportuno (dal punto di vista della temporizzazione) canale di uscita il *file MCL*, controllando che la polifonia globale delle voci richieste nei canali non superi i limiti fisici del CMI; quindi procede nella costruzione della pagina 3 (*voicing*) del CMI. I canali di uscita, generati concatenando i posti *Sequence Files* della PN score data, opportunamente sincronizzati e con le voci assegnate, corrispondono ai *Part Files MCL*.

Alla fine dell'esecuzione, l'algoritmo genera il *Piece File MCL* che invoca tutti i *Part Files* generati, da eseguire in parallelo sul CMI.

Un secondo algoritmo provvede poi alla generazione dell'orchestrazione come segue:

```

parallel_exec(tkn, t_attach, t_end, set_ch);
begin
nphony = set_ch + <la somma delle polifonie delle sequenze
esistenti al tempo t_attach>;
if (nphony > MAXCHAN) then
    <l'esecuzione viene abortita>;
else
begin
while (non ho esaminato tutti PART files esistenti
        e liberi al t_attach)
begin
if (nell'intervallo [t_attach, t_end] esistono
        altre sequenze) then
begin
    <calcola la polifonia globale
            al loro tempo di attacco>;
    if (tale polifonia globale > MAXCHAN) then
        <l'esecuzione viene abortita>;
    end;
end;
<il posto-sequenza può essere allocato>;
end.

```

Nel paragrafo seguente, un esempio musicale chiarirà ulteriormente il procedimento ora descritto sulla generazione dei canali di uscita e quindi sull'interfaccia tra il sistema MAP ed il *software* residente sul CMI (MCL e pagina 3).

5. *Un esempio completo.* Conclude questo lavoro un paragrafo dedicato ad un esempio dimostrativo dell'uso del sistema MAP-MCL, che evidenzi il punto di vista dell'utente.

È opportuno, ma non necessario, che la composizione dimostrativa sia deterministica, per far sì che il risultato prodotto coincida con le aspettative progettuali di partenza.

In primo luogo perché questo è l'approccio seguito normalmente dai compositori; secondo, anche se in principio non si conosce bene il risultato finale della composizione musicale, di solito tutto ciò che verrà prodotto, prima di essere estrinsecato dalla mente ideatrice,

viene provato e riprovato (ad esempio su un pianoforte), e solo in ultima analisi scritto su spartito.

Perciò è stato scelto un brano che evidenzia le caratteristiche del sistema (facendo vedere tutte le *chances* offerte al compositore), che consente l'impiego di tecniche di programmazione anche complesse, che sia un canone (per mostrare il gioco delle diverse voci che intervengono nell'esecuzione) e abbastanza conosciuto da tutti per un giudizio sull'effetto finale. Si tratta di un semplicissimo brano noto in Italia con il titolo *Fra' Martino Campanaro*.

Nei paragrafi seguenti si descrivono i passi necessari per comporre tale pezzo con il MAP-MCL.

Il primo stadio progettuale consiste nell'elaborazione della rete di Petri. Diversi modi per ottenere il risultato desiderato: passando da un criterio all'altro si può guadagnare in chiarezza descrittiva, o magari perdere in efficienza (tempo di esecuzione e memoria occupata), ma il risultato finale (ovvero la partitura) è lo stesso. Questa precisione serve a chiarire il fatto che la tecnica qui usata è soltanto una delle tante possibili.

Ad esempio non si è tenuto minimamente conto di possibili ottimizzazioni della rete-partitura, al fine di fornire una maggiore chiarezza descrittiva.

In particolare il punto di vista del progettista può essere duplice: partire dal particolare e via via ottenere una descrizione sempre più astratta (approccio *bottom-up*) oppure iniziare dal livello di astrazione più elevato e progressivamente dettagliare scendendo sempre più nel particolare.

Per mostrare la potenzialità progettuale offerta dalle reti di Petri, in questa sede si è preferito adottare un approccio *bottom-up* con una descrizione, mediante "loop", con tre livelli di astrazione: è proprio quella che viene trattata per esteso qui di seguito. Perciò si analizza la partitura nel modo seguente.

Si osservi che le 8 battute sono a due a due uguali, perciò tale ridondanza linguistica viene tagliata via prendendo come oggetti musicali, nel senso discusso in precedenza, solo le battute di ordine dispari: la prima, la terza, la quinta e la settima, chiamandole rispettivamente seq1.ss, seq2.ss, seq3.ss e seq4.ss. Queste quattro sequenze per il sistema MAP-MCL sono *files*, scritti in linguaggio MCL, che individuano altrettanti oggetti musicali, ovvero posti nella rete che viene ora sviluppata. Nel primo livello strutturale si recupera l'informazione perduta tralasciando le battute pari, utilizzando un *loop* per ogni sequenza che la ripeta due volte. Nella figura 5 viene illustrato ciò solo per la prima sequenza, ma il discorso è analogo per le altre sequenze.

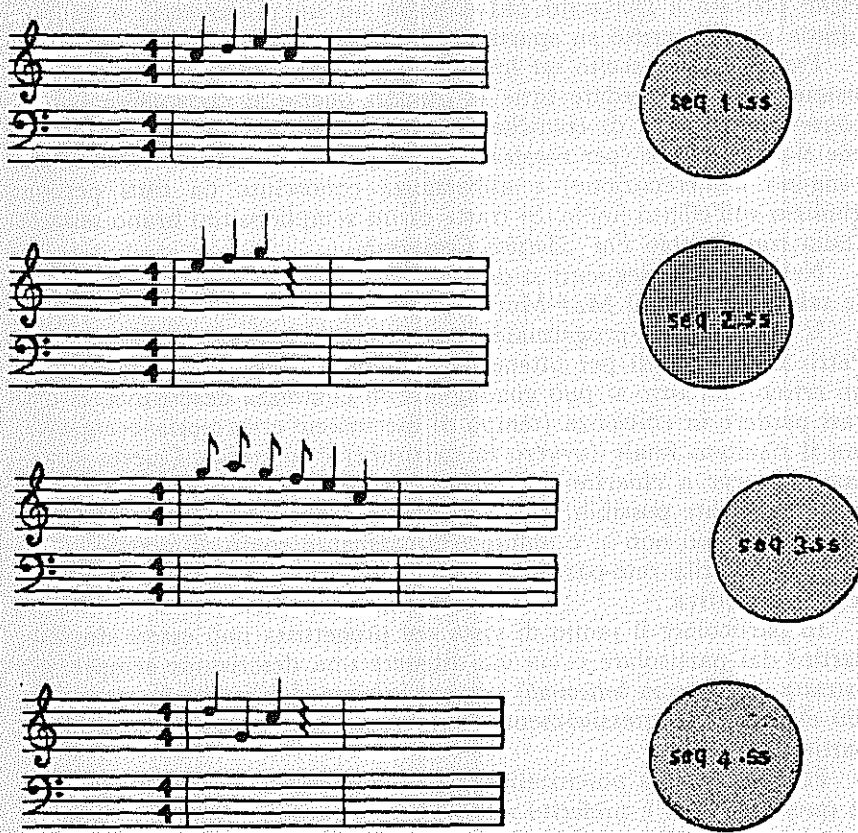


Figura 4 - Oggetti elementari (Sequence Files) di "Fra' Martino".

Si genera così il primo livello di astrazione e quattro sottoreti utilizzate per i successivi sviluppi.

Infatti, con questi 4 nuovi oggetti musicali (seq1.net, seq2.net, seq3.net e seq4.net) si realizza il secondo livello strutturale per introdurre il movimento canonico sulle due, ma in generale si possono impiegare fino a otto (Cmi Fairlight serie II), voci che eseguono la partitura.

Si tratta di altrettanti *loop* poiché ogni voce riesegue la stessa partitura ma con un timbro diverso.

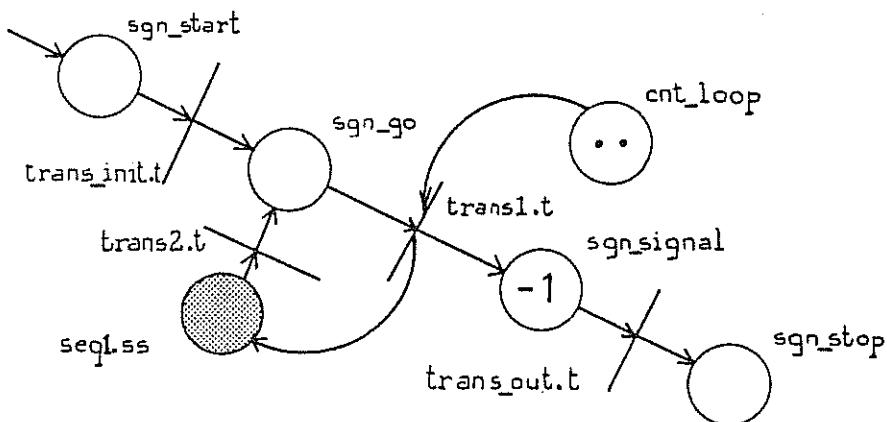


Figura 5 - Primo livello di descrizione della PN score.

Nella figura 6 questo è descritto solo per la prima sottorete relativa al primo oggetto musicale (seq1.ss), ma il discorso è analogo per le altre quattro sequenze.

Si ottengono ancora 4 oggetti musicali individuati dalle 4 nuove sottoreti così generate: Sequenza1.net, Sequenza2.net, Sequenza3.net e Sequenza4.net.

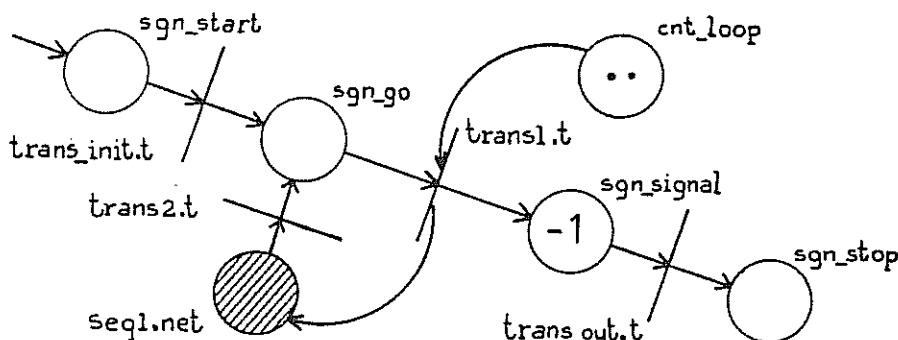


Figura 6 - Secondo livello di descrizione della PN score.

A questo punto si tratta di sequenzializzare i quattro oggetti, per ottenere che da ognuno di essi si generi il successivo e che l'ultimo termini la composizione. Si arriva perciò al terzo livello, il più astratto (Fig. 7).

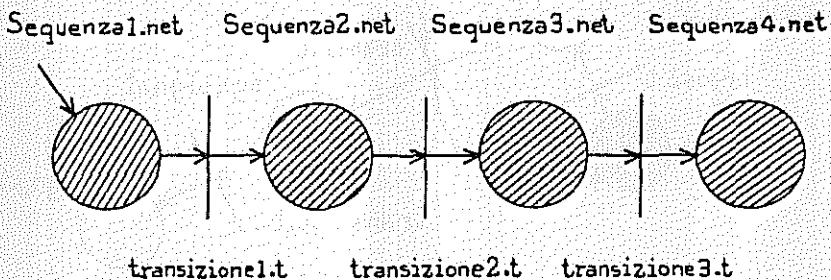


Figura 7 - Terzo livello di descrizione della PN score.

Si osservi che l'idea di procedere in senso inverso nella realizzazione (partire cioè dall'ultimo stadio precedente per arrivare alle quattro sequenze in linguaggio MCL (approccio *top-down*) è fortemente attraente, perché consentirebbe un'efficiente scomposizione del pezzo in "scatole" via via più semplici; ma questo presuppone una buona conoscenza analitica che consenta facilmente di individuare gli oggetti musicali di base.

Un'idea di come questo avvenga è deducibile dalla figura 8, in cui sono riportati tutti i livelli strutturali ora introdotti estesi a tutte le sequenze in gioco nel canone.

Inoltre, da questa figura è possibile analizzare come, al variare della marcatura iniziale, spaziando cioè nella classe di partiture individuata dalla rete, sia possibile ottenere risultati diversi sia in termini di partiture diverse (si provi a cambiare il numero di marche nei *loop* "Cnt1loop", "Cnt2loop", "Cnt3loop" e "Cnt4loop"), sia in termini di orchestrazione diversa (basta cambiare la marcatura nei *loop* esterni "Cnt1loop", "Cnt2loop", "Cnt3loop" e "Cnt4loop").

In sostanza cambieranno i *files output* dell'esecuzione del PERFORM che sono descritti nella figura 9.

Nelle figure sono riportate sia le reti descriventi gli oggetti musicali, sia la loro codifica interna in linguaggio MFORM. Questo semplicemente per avere una visione d'insieme delle diverse fasi che tuttavia sono distinte l'una dall'altra.

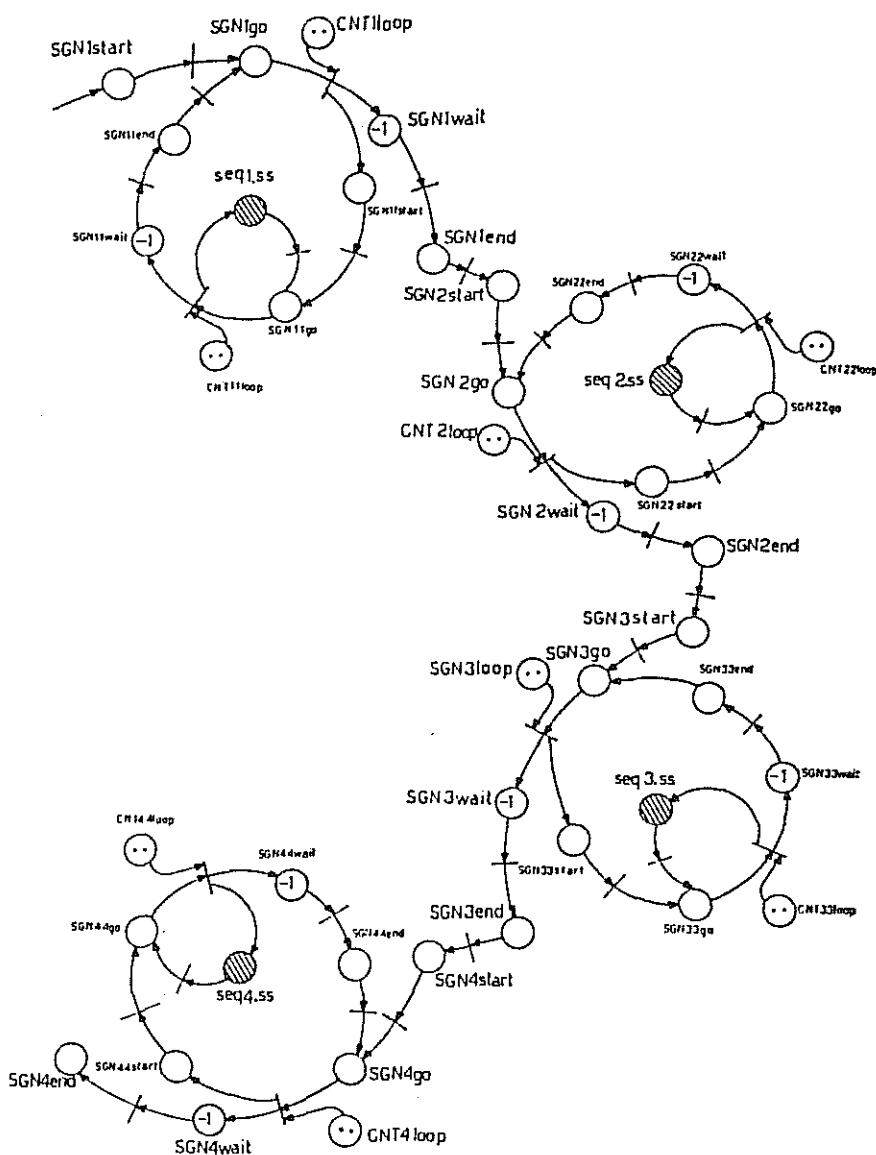


Figura 8 - PN score di "Fra' Martino" a un solo livello di descrizione (completa) a due voci.

```

PART1.PT          PART2.PT
*****          *****
*           *          *
*   ik=1    *          *   lk=2
*   seq1.ss  *          *   R,4
*   seq1.ss  *          *   seq1.ss
*   seq2.ss  *          *   seq1.ss
*   seq2.ss  *          *   seq2.ss
*   seq3.ss  *          *   seq2.ss
*   seq3.ss  *          *   seq3.ss
*   seq4.ss  *          *   seq3.ss
*   seq4.ss  *          *   seq4.ss
*           *          *   seq4.ss
*****          *****
PIECE.PC          PAGE 3
*****          *****
*           *          *
*   PART1.PT  *          *          *
*   PART2.PT  *          *A      ALTO      1
*           *          *B      CONTRALTO .2345678
*****          *****

```

*Figura 9 - Il “prodotto” del sistema MAP-MCL: il file Pc, i files Pt e la Page 3 (l’orchestrazione).*

Il fatto di aver usato gli stessi nomi per definire oggetti e transizioni delle diverse reti è solo per comodità avendo tutte la stessa struttura di base ed essendo tutte implementate in *files* diversi; così facendo è accelerato il procedimento di codifica delle reti.

Si noti che il prodotto della compilazione di ogni *file*-partitura è ridenominato con l’aggiunta del suffisso “.net” per rispettare le esigenze dell’esecutore **PERFORM**, il quale accetta appunto la forma interna prodotta da **MFORM** con il suffisso “.net”. Quindi saranno questi ‘*file.net*’ che costituiranno le sottoreti nei livelli di astrazione due e tre (vedi figg. 5 e 6).

Per il primo livello strutturale inoltre è riportata anche la codifica **MCL** dei quattro oggetti-sequenze di base.

A livello del primo programma **MFORM**, viene chiesto all’utente di definire le voci da associare ai posti-sequenza introdotti nella prima fase della realizzazione. Per l’esempio in esame si sono scelte le due voci di Alto e Contralto, ognuna delle quali entra a turno nel *loop* del secondo livello (*Sequenzal.net*), con una polifonia unitaria; in sostanza è sufficiente sia allocato almeno un canale per ognuna di esse, e non importa se ce ne sono di più.

Il **PERFORM** genera perciò due *files* di tipo **PART.PT** che chiama **PART1.PT** e **PART2.PT**, contenenti le quattro sequenze (.SS) di parten-

za, collocate secondo l'esecuzione della rete marcata nel modo visto in precedenza. Inoltre produce il **PIECE.PC** contenente i due **PART files** disposti come in figura 9 e l'**INSTRUMENT.IN file** che determina l'orchestrazione in "PAGE 3".

6. *Ringraziamenti.* Questo lavoro è stato reso possibile dalla disponibilità dell'EMIT di Milano sul cui sistema di elaborazione musicale è stato sviluppato il sistema MAP-MCL.

## **MSYS7: sistema di controllo MIDI**

Giorgio Nottoli

SIM Società per l'Informatica Musicale

Msys7 (Music System module num. 7) è un sistema di controllo per sintetizzatori provvisti di interfaccia MIDI (Musical Instrument Digital Interface).

Esso è un sottosistema di Msys (Music System) di cui la prima versione fu realizzata dall'autore presso l'Istituto di Acustica "O.M. Corbino" del CNR nel 1980.

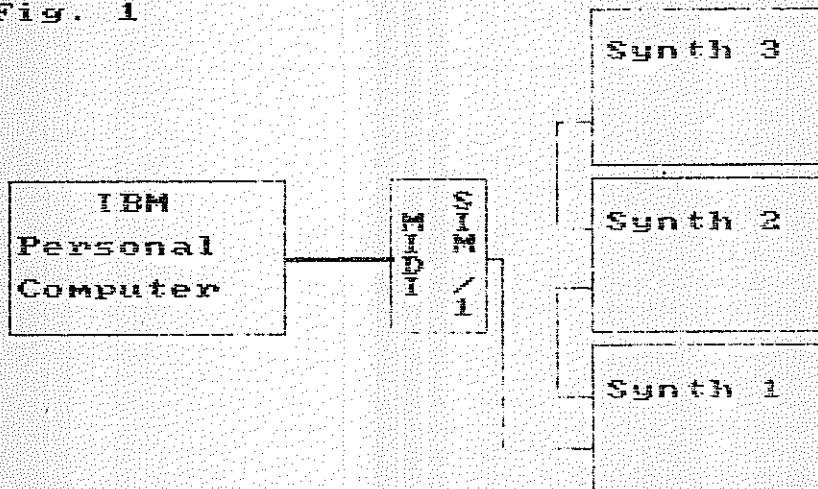
L'ultima versione del sistema è stata messa a punto presso la SIM nel 1985 dove è attualmente in funzione.

Msys è un "ambiente operativo" che può accogliere moduli di diversa funzione: i moduli di più alto livello sono dei sottosistemi in sé indipendenti, ma che possono far uso di risorse comuni.

Msys7 è un sottosistema rispetto ad Msys, ma può essere utilizzato anche in modo totalmente indipendente.

La configurazione *hardware* necessaria è composta da un qualsiasi *Personal Computer* Ms-Dos compatibile, da una interfaccia Midi-SIM/1 e da almeno un sintetizzatore provvisto di interfaccia Midi (Fig. 1).

**Fig. 1**



Il massimo numero di sintetizzatori controllabili è otto. La versione attuale è progettata per sfruttare appieno le caratteristiche del sintetizzatore YAMAHA Dx7, ma è utilizzabile con qualsiasi altro tipo di tastiera e/o *expander*.

L'interfaccia MIDI-SIM/1 è stata progettata presso la SIM da Massimo Del Duca nel 1985: essa consente la trasmissione/ricezione di dati secondo lo standard MIDI da parte di un *Personal Computer IBM* compatibile.

La struttura del *software* è costituita da un programma principale e da una serie di moduli ciascuno dei quali realizza una specifica funzione.

L'interfaccia verso l'utente è del tipo "menù driven" mediante *windows* che si contendono lo spazio di visualizzazione di un *display* grafico.

Ciascun modulo è composto da una sezione interattiva e da una sezione di esecuzione.

La sezione interattiva si presenta all'utente con una *window* dove appare il menù di comandi che realizzano la particolare funzione del modulo e la visualizzazione grafica di oggetti se ciò è necessario. La *window* prende una parte dello schermo e, se il modulo è attivo, compare "al di sopra" di tutte le altre eventualmente presenti.

La sezione di esecuzione è composta da un insieme di procedure atte a realizzare la funzione del modulo.

I moduli principali di Msys7 svolgono le funzioni di *editing* ed esecuzione di partiture.

L'editore di partiture consente un ingresso dati per via grafica mediante l'uso dei cursori della tastiera oppure di una "pointing device" come il Mouse.

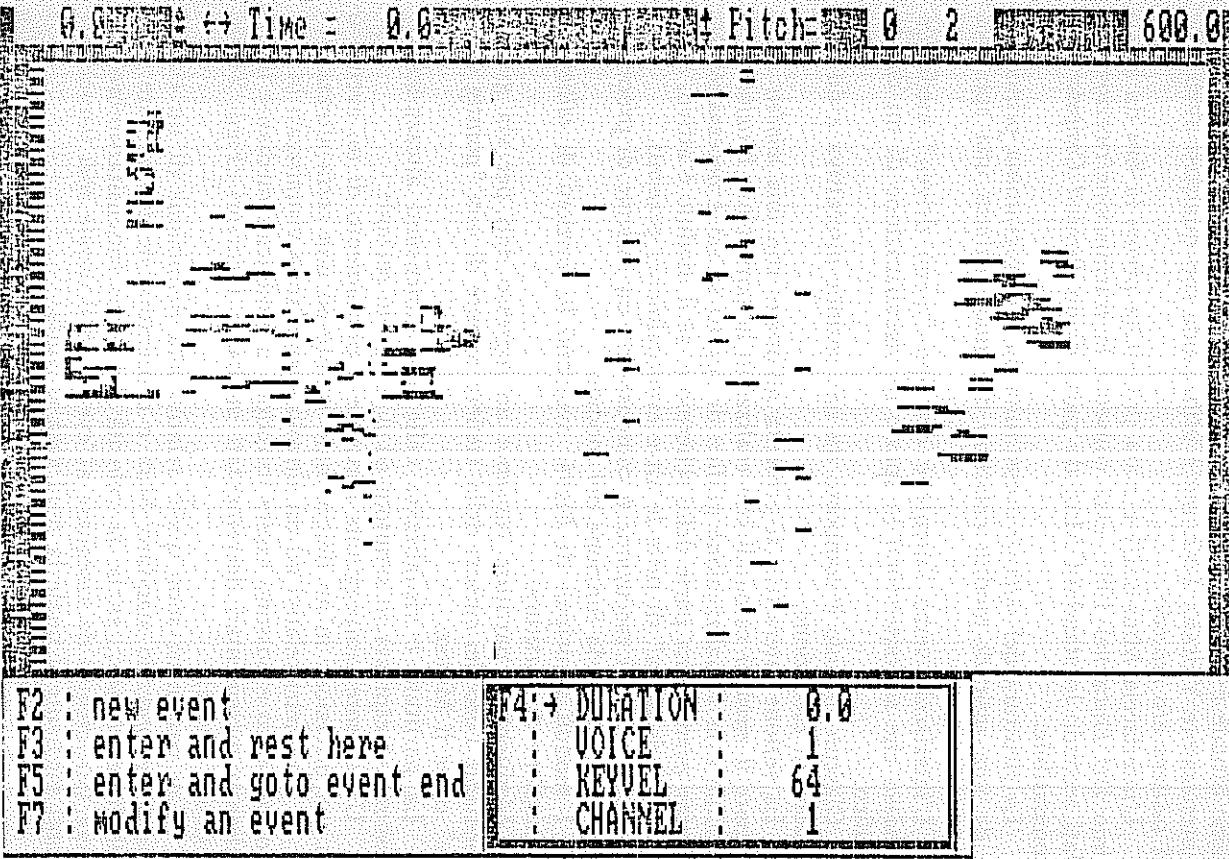
La partitura è visualizzata nelle due dimensioni altezza-tempo. L'altezza è espressa in semitonni ed il tempo in secondi.

Un cursore lampeggiante consente il puntamento di un evento o la sua inserzione in un determinato istante ad una certa altezza.

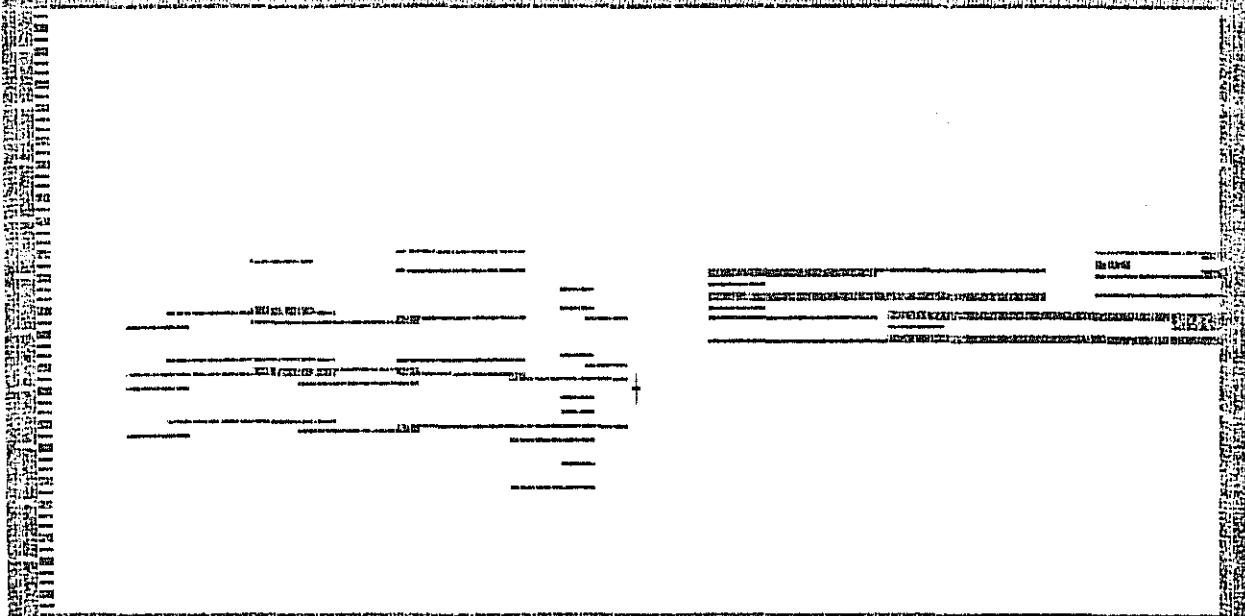
I parametri relativi ad un singolo evento sono visualizzati in modo numerico e possono essere introdotti o modificati mediante la tastiera o incrementati decrementati mediante i cursori (Figg. 2-3 in basso a destra).

Tali parametri sono quelli relativi alla definizione di un evento (nota) secondo lo standard MIDI e consentono di determinare oltre all'altezza (tasto), anche la velocità del tocco (intensità/timbro), la voce (strumento) da assegnare all'evento ed il canale midi (sintetizzatore) mediante il quale la nota sarà eseguita.

In figura 2 sono visualizzati i primi 10 minuti della partitura della composizione GRID, realizzata dall'autore alla fine del 1985.



149.00000 → Time = 170.00000000000004 Pitch= 9 2 285.0



F2	: new event	: DURATION :	0.0
F3	: enter and rest here	: VOICE :	1
F5	: enter and goto event end	: KEYVEL :	64
F7	: modify an event	: CHANNEL :	1

La grandezza della finestra di tempo è modificabile in modo da consentire lo *zoom* in avanti ed all'indietro: in figura 3 sono visibili 60 secondi della stessa partitura a partire dall'istante 140 sec. per finire all'istante 200 sec.

L'editore incorpora una serie di funzioni atte ad inserire o sovrapporre segmenti predefiniti residenti su disco: tali segmenti sono "partiture" di qualsiasi complessità create a loro volta tramite lo stesso editore.

Il segmento può essere trasportato in altezza di un qualsiasi numero di semitonni e può assumere una durata qualsiasi definita in secondi.

La gestione dei *files* è effettuabile mediante un modulo specializzato che consente il salvataggio e caricamento di partiture da disco e la concatenazione o sovrapposizione di partiture diverse: tali operazioni permettono di editare separatamente sezioni di una partitura che potrà essere composta più tardi nella sua versione definitiva.

L'esecuzione di una partitura o di una parte di questa è effettuabile mediante un modulo specializzato che consente la determinazione della finestra di tempo da "suonare" ed il metronomo da assegnare al momento dell'esecuzione.

Il metronomo può essere variato in tempo reale durante l'esecuzione tramite i cursori.

Le *windows* dei moduli editore, *files* ed esecuzione sono visibili in figura 4 insieme alla *window* relativa al menù principale che consente di chiamare sullo schermo una o più *windows*.

Attualmente sono state realizzate mediante Msys7, due composizioni:

ETRA	Nicola Sani	1985.
GRID	Giorgio Nottoli	1985.

Si prevede che ogni anno sarà disponibile una nuova versione di Msys7.

Le versioni successive a quella attuale saranno modificate in termini di creazione di nuovi moduli e miglioramento delle prestazioni di quelli ora esistenti.

0.000000 → Time = 0.0000000000 Pitch= 1 2- 600.0

F1 [H] HELP	F6 [C] CONTROLS		
F2 [F1] EVENTS	F7 [F1] FUNCTIONS		
F1 LOAD	in use		
F12 SAVE	GRID		
F3 MERGE	F9 [M] MANIPULATIONS		
F4 CATALOG F5 new name	F10[G] GENERATION		
F3 : new	F3 START	F2 from time	8.0
F3 : ente		F4 to time	1000.0
F3 : ente		F6 metronome	1.0
F7 : modify an event	F - CHANNEL -		

## **MUSIC 6: un preprocessore al linguaggio per la sintesi musicale MUSIC 5**

Gino Tocchetti

*Centro di Sonologia Computazionale, Università di Padova*

1. *Introduzione.* L'idea che ha ispirato questo lavoro è nata al termine di un periodo di esercitazioni all'uso del linguaggio per la sintesi musicale Music5, durante il quale è stato rilevato quanto questo linguaggio risulti dotato soprattutto sul piano della complessità formale e della amichevolezza nei riguardi dell'utente.

Questo linguaggio è stato ideato da Matthews nel 1969 e permette al musicista di definire lo strumento (eventualmente più di uno), le forme d'onda e le note. Lo strumento descrive l'algoritmo di calcolo dei campioni sonori, mediante la composizione di moduli elementari interconnessi che eseguono le azioni primitive per la sintesi del suono. I tipi di suono producibili dipendono dai parametri che vengono passati allo strumento all'atto della chiamata. Per ogni nota diversa ci sarà un'istruzione di chiamata diversa (Not) con parametri diversi.

Questo linguaggio però è stato ideato quando non erano stati compiuti sostanziali progressi nell'ambito della teoria dei linguaggi formali, e rappresenta infatti un tipico esempio di linguaggio orientato alla compilazione e quindi indirettamente alla macchina. Le istruzioni sono riconoscibili da un codice obbligatorio che va posto in testa ad esse, e non dalla loro struttura sintattica. Al codice di riconoscimento seguono delle costanti che devono essere tutte numeriche e che ricevono significato in modo rigido dalla posizione che esse occupano nella successione.

La compattazione di alcune strutture sintattiche è stata risolta con la composizione di più codici numerici in unico codice numerico: aumenta così la quantità di informazione impaccata nel codice ma anche la complessità della decodifica. È chiaro come tali soluzioni impediscano all'utente di avere una chiara visione di insieme della partitura. In particolare è stato utilizzato questo tipo di codice per indicare le conversioni alle quali il musicista vuole che i parametri delle sue istruzioni Not siano sottoposti prima che vengano realmente passati all'algoritmo strumento. Si tratta, questa, di una caratteristica peculiare del Music5, che rende il linguaggio stesso versatile e

quindi interessante. Infatti in questo modo è possibile svincolare il significato che i parametri della nota hanno realmente nell'algoritmo-strumento (e quindi anche l'unità di misura con cui vanno espressi), da quello che hanno sul piano sonico nel quale il musicista è più a suo agio. È anche così possibile cambiare la timbrica dello strumento ritoccando le conversioni e non la struttura stessa dello strumento. Quindi l'importanza di queste conversioni rendevano ancora più urgente un intervento che rendesse facile e funzionale il loro uso.

Inoltre il Music5 è un linguaggio che risente di un'impostazione superata anche dal punto di vista più strettamente musicale. In esso infatti, lo dicevamo prima, il fare musica è visto come la generazione di una successione di note ad opera di uno strumento opportunamente definito. Le note sono dunque gli elementi fondamentali della struttura musicale e il musicista deve ricondurre tutte le informazioni circa il suo brano musicale alla descrizione di questi eventi e dello strumento che li saprà convertire in suono. Le note sono però viste come eventi isolati, non legati tra loro, e quindi occorrerà che il musicista le descriva singolarmente trovandosi a volte a dover ripetere le stesse informazioni per più note e soprattutto a dover compiere un grosso lavoro di inserimento dati, considerato il grande numero di note contenute in partiture di una certa lunghezza. Va osservato che la crescita della potenza di calcolo e della velocità dei sistemi di elaborazione dati in questi ultimi anni ha offerto al musicista la possibilità di generare più note con lo stesso tempo di calcolo, ma evidentemente non con lo stesso sforzo da parte del musicista.

Il Music5 stesso offre la possibilità di superare questo problema con una particolare istruzione (PLF), che permette al musicista di richiamare una *subroutine* Fortran ad un certo punto della partitura e lasciando ad essa il compito di generare in quel punto una successione di note in base a parametri specificati all'atto della chiamata. Questo meccanismo risulta però poco funzionale a causa della complessità formale che abbiamo già visto essere propria del Music5, dal fatto che anche in questo caso si usano in modo poco esplicito variabili appositamente definite (che in Music5 sono dette variabili al passo 1), e infine dal fatto che le *subroutine* in Fortran, linguaggio anch'esso obsoleto sotto molti aspetti, richiedono una gestione scomoda di *flag* per l'attivazione e la disattivazione della *subroutine*.

Tenuto conto che il Music5 è un linguaggio per la sintesi musicale e quindi usato soprattutto da un'utenza poco esperta del mondo dell'informatica e dei suoi linguaggi, ci è sembrato ancor più interessante e utile provvedere ad una trasformazione di questo linguaggio in uno strumento più moderno e funzionale. Abbiamo cercato però di non definire un linguaggio del tutto diverso e innovativo rispetto

al precedente vista la notevole diffusione di quello e l'inesistenza, d'altra parte, di una convincente notazione musicale moderna sulle cui basi poggiare il nuovo linguaggio. È stato realizzato allora, seguendo anche i suggerimenti del prof. De Poli dell'Università di Padova e del Maestro Vidolin, responsabile del Laboratorio permanente per l'Informatica Musicale della Biennale di Venezia, un preprocessore al compilatore Music5 che sia capace di interpretare un programma scritto con una notazione ricca di accorgimenti volti al superamento degli inconvenienti ora visti. Questo preprocessore, chiamato Music6, svolge in definitiva un passo 0 in cui viene prodotto un programma Music5 che verrà processato esattamente come prima, e anzi ci si è preoccupati di permettere l'uso delle vecchie istruzioni insieme a quelle nuove proprio per lasciare salva la compatibilità tra i due linguaggi.

2. *Il Music6.* A un'analisi più approfondita del linguaggio Music5, è risultato che la sua complessità d'uso dipende essenzialmente dalle seguenti caratteristiche del linguaggio stesso:

- le conversioni sono espresse con codici numerici sulla base di una sintassi che rende poco immediate le informazioni contenute
- tutte le costanti numeriche usate dal compilatore Music5 durante il passo 1 vanno indicate esplicitamente, cioè mediante il valore stesso delle costanti
- la mancanza di una sezione del testo Music5 in cui sia obbligatoria e quindi chiara la definizione delle variabili
- la definizione degli strumenti è composta da più istruzioni che nel Music5 possono essere sparpagliate in tutto il testo
- l'obbligatorietà di nomi non molto significativi per le variabili dette P-campi, B-campi, F-campi, V-campi, negli enunciati dichiarativi che costituiscono la definizione dello strumento
- l'omonimia tra le variabili che vengono valorizzate dalle costanti contenute nelle istruzioni Not e quelle che ricevono il risultato delle conversioni operate su quelle stesse costanti
- l'uso di codici numerici per ogni parametro necessario ad una definizione completa delle funzioni da generare, dei controlli da effettuare, del tempo di metronomo da settare
- l'assenza di un *timer* che tenga conto del tempo di suono computato dall'inizio della partitura.

Abbiamo subito escluso di provvedere alla definizione esplicita delle variabili assegnando loro un nome più esteso che non Pn, Bn, Fn, Vn, tenuto conto che l'utente che sia capace di scriversi uno

strumento proprio è allora senz'altro sufficientemente pratico da poter usare le regole tradizionali.

Allo scopo di rendere anche più potente il nuovo linguaggio è stata anche introdotta la possibilità di usare variabili globali, cioè di costanti usate in più punti del programma, specie con lo scopo di legare più note a dati in comune e quindi togliendo la loro caratteristica di eventi isolati. È possibile definirle in tutto il programma Music6 e rivalorizzarle nel corso del programma stesso. Una di queste variabili globali ha significato di tempo di suono computato fino a quel momento e viene aggiornata automaticamente durante l'esecuzione del programma.

Si tratta di un'importante novità, il cui significato traspare meglio sul piano musicale. Volendo superare il concetto di "note equals event", infatti, e studiando un modo per generare sequenze di note con un'unica istruzione, è risultata chiara l'importanza di grandezze (parametri) tali da influenzare tutte le note in sequenza: sia rimanendo costanti e facendo così da elemento di congiunzione, sia variando in funzione di qualche indice e regolando quindi l'evoluzione della sequenza di note. Una sequenza di note potrebbe allora essere interamente definita da un insieme, non già di costanti numeriche come in una Not, ma di funzioni matematiche (costanti o no) legate ad un indice che varia scandendo la generazione delle note. Le variabili globali sono allora proprio la struttura dati su cui basare questi cicli di generazione di note.

Il problema delle conversioni è stato risolto dando la possibilità all'utente di indicarle in forma di espressioni matematiche nelle quali vengono esplicitamente indicate le variabili che riceveranno il risultato e le funzioni, le variabili e le costanti che concorreranno al calcolo del valore da fornire come risultato. Questo significa che oltre la maggiore chiarezza formale, al musicista viene offerta la possibilità di definire conversioni personali, senza doversi quindi limitare a quelle standard.

In generale è ora possibile assegnare anche espressioni matematiche, in ogni punto ove prima era permesso assegnare solo costanti numeriche. Queste espressioni, che usano come argomento le variabili al passo O (variabili globali) sono risolte dal preprocessore stesso.

Ispirandoci alle soluzioni adottate all'Ircam di Parigi per il potenziamento di quella versione del Music5, abbiamo deciso di introdurre una nuova nomenclatura da usare per riferirsi ai campi delle Not in fase di conversioni (Wn) e nelle istruzioni Not stesse (Ln), e di introdurre delle istruzioni di fine sezione e di fine partitura che assumeranno come istante di fine automaticamente quello di fine del suono computato fino a quel momento.

Il linguaggio Music6 ha dunque le seguenti caratteristiche fondamentali:

- una maggiore organizzazione del programma con raggruppamenti controllati di istruzioni
- le istruzioni hanno sempre il codice identificatore in testa ma poi sono basate su sintassi più estese ed esplicite
- istruzioni Fortran-compatibili per le conversioni (**PARM**)
- largo uso di identificatori letterali per definire le variabili e le parole chiave
- variabili globali al passo **O**, tra cui quella che funge da *timer* (**TIM**)
- espressioni sintetiche ma chiare per l'assegnazione di valori alle variabili (espressioni algebriche, **Ln** nelle **NOT**)
- parole chiave per ottenere informazioni opzionali sull'esecuzione del passo **O**.

Si vuole infine sottolineare che obiettivo implicito di questo lavoro è rendere disponibile uno strumento che permetta facili interventi in futuro determinati da nuove esigenze di potenziamento e miglioramento del linguaggio, e che possa essere di traccia nella progettazione di nuovi linguaggi per la sintesi musicale.

3. *Il linguaggio Music6.* Le istruzioni sono raggruppate in tre gruppi all'interno del programma Music6, nell'ordine prologo – strumenti – partitura. All'interno di questi gruppi le istruzioni devono inoltre seguire un ordine preciso.

<b>Prologo:</b>	istruzioni di controllo ( <b>CNT</b> e <b>CTL</b> ) istruzioni di assegnazione a variabili del passo <b>O</b> ( <b>VARO</b> , <b>VETO</b> ) istruzioni di assegnazione a variabili del passo 2 ( <b>VAR2</b> , <b>VET2</b> , <b>FUNZC</b> , <b>Sv2</b> )
<b>Strumenti:</b>	istruzione di inizio definizione ( <b>STRUM</b> ) istruzioni di conversione ( <b>PARM</b> ) istruzione di definizione strumento ( <b>Moduli</b> ) istruzione di fine definizione ( <b>END</b> )
<b>Partitura:</b>	istruzioni di definizione della partitura ( <b>NOT</b> , <b>FUNZ</b> , <b>FUNZC</b> , <b>GEN</b> , <b>Sv1</b> , <b>Sv2</b> , <b>Sv3</b> , <b>VARO</b> , <b>VAR2</b> , <b>SEC</b> , <b>MET</b> , <b>PLF</b> , <b>PLS</b> , <b>VETO</b> , <b>VET2</b> ) istruzione di termine partitura ( <b>TER</b> )

Il prologo è facoltativo e contiene istruzioni facoltative; la definizione degli strumenti può essere assente del tutto in un programma Music6, ma, qualora sia presente, deve avere almeno l'istruzione

**STRUM** e la **END**; la partitura deve essere sempre presente, al limite consistente nella sola istruzione **TER**.

Segue la tabella delle istruzioni e delle loro funzioni.

CNT	1 controllo dei parametri globali
STRUM	2 definisce uno strumento
FUNZ	3 genera una funzione tabulata
FUNZC	4 genera una funzione di conversione
GEN	5 genera una funzione tabulata
Sv1	6 assegna a variabili del passo 1
Sv2	7 assegna a variabili del passo 2
SV3	8 assegna a variabili del passo 3
VARO	9 assegna a variabili del passo 0
VAR2	10 assegna a variabili del passo 2
PARM	11 definisce una conversione
MODULI	12 definisce uno strumento
END	13 chiude la definizione di uno strumento
NOT	14 suona una nota
SEC	15 fine di una sezione
MET	16 valorizza il metronomo
TER	17 termine della partitura
COM	18 inserisce un commento
PLF	19 attiva un sottoprogramma nel passo 1
PLS	20 attiva un sottoprogramma nel passo 2
VET2	21 assegna a vettori del passo 2
CTL	22 controllo dei parametri Music5
VETO	23 assegna a vettori del passo 0

Esempio di programma Music6.

```
COM *****1, ESEMPIO *****;
Sv2 0 1900 0 60 1 50 0;
STRUM CYMBALO;
PARM P6=Hzsi(W6);
P5=DB(W5);
MODULI Osc P5 P6 B3 F1 P50;
    OUT B3 B1;
END CYMBALO;
GEN 0 2 1 4096 1 1;
NOT 0 CYMBALO 1 80 440;
TER;
```

Esempio di programma Music6.

```
COM *** esempio NL ***;
CNT LISTAVARO;
```

**STRUM NL;**  
**COM P5= Ampiezza di un ritardo;**  
**COM P6=Frequenza minima (Hz);**  
**COM P7=Deviazione Sweep (Hz);**  
**COM V1=255.5;**  
**COM V2= Ampiezza Seno;**  
**COM;**  
**COM Sweep Frequenza;**  
**PARM**  
 P6=Hzsi(W6);  
 P7=Hzsi(W7);  
 P8=DURSI;  
 P10=HMAX1\*P5;  
 P11=HMAX2\*P5;  
**MODULI**  
 OSC P7 P8 B2 F2 P50;  
 AD2 P6 B2 B2;  
 COM Oscillatore Audio;  
 OSC V1 B2 B2 F1 P49;  
 AD2 V2 B2 B2;  
 COM Sezione Ritardi;  
 VFM P10 B2 B3 F10;  
 DEL B2 B5 P48;  
 VFM P11 B5 B4 F11;  
 AD2 B3 B4 B3;  
 DEL B5 B2 P47;  
 VFM P11 B2 B4 F11;  
 AD2 B3 B4 B3;  
 DEL B2 B5 P46;  
 VFM P10 B5 B4 F10;  
 AD2 B3 B4 B3;  
 OUT B3 B1;  
**END NL;**  
**VARO MF10=4;**  
 MF11=6;  
**VAR2 HMAX1=MF10;**  
 HMAX2=MF11;  
**VET2 AAA = -10,3-50;**  
**GEN 0 2 1 4096 1 1;**  
**GEN 0 1 2 512 0 1 1 512;**  
**GEN 0 40 10 1024 0 1 0 2 0 1;**  
**GEN 0 40 11 1024 0 2 0 1 0 2;**  
**VARO CENTRO=255-5;**  
 LARG=255.5;  
**VARO FONDAMENTALE=100;**  
 MAX=32000;  
**Sv30 1 CENTRO LARG;**

```

NOT 0 NL 1.7 MAX/(2*(MF10+MF11) Fondamentale;
NOT 1 NL 1.5 L5 Fondamentale+10;
SEC, 5;
MET (0,60)(1,50);
NOT 0 NL 1.5 L5 0.5* (L6+30);
NOT 2 NL 1.5 L5 0.5* (L6+30);
NOT 3 NL 1.5 L5 0.5* (L6+30);
TER, 10;

```

Vediamo ora più in dettaglio le istruzioni su cui sono stati fatti gli interventi più rilevanti.

### 3.1. *Istruzioni VARO.*

Sintassi:      VARO      (nomevariabile)      =      (valore)      ;

Queste variabili sono al passo 0, cioè note solo al preprocessore Music6, e sono in numero limitato ad un massimo di 2000. Esse possono essere valorizzate più volte nel prologo e nella partitura contenuti in un testo Music6. Il preprocessore, interpretando il testo, effettuerà ad ogni ricorrenza di una di queste variabili una sostituzione tra il nome della variabile al passo 0 trovata e l'ultimo valore ad essa assegnato da un'istruzione VARO. Non si possono usare variabili al passo 0 che non siano state precedentemente valorizzate con un'istruzione VARO.

Queste variabili possono essere usate per rendere più esplicito il significato di certe costanti numeriche, dal momento che il nome della variabile può fornire informazioni sul significato della costante in essa contenuta.

Esempio:    VARO FONDAMENTALE = 100;
  
              Not 0 STR 1 60 FONDAMENTALE;

Nell'esempio precedente, nell'istruzione Not sono state inserite delle costanti numeriche di cui il significato si può solo ricostruire esaminando la struttura dello strumento, salvo che per l'ultima che, chiamandosi FONDAMENTALE, ha chiaramente il significato di frequenza di un'armonica.

Altro uso è quello di evitare di riportare la variazione di una costante inserita in più istruzioni, in ciascuna di queste istruzioni.

Esempio:    VARO AMP = 30+100/5;
  
              Not 0 STR 1 AMP 100;
  
              Not 0.2 STR 1.1 AMP 100;

In questo esempio, ancora più significativo se le note di ampiezza 50 dovessero essere molto numerose, il valore dell'ampiezza può essere variato per tutte le istruzioni NOT agendo solo sull'istruzione VARO. È da notare che in questa istruzione VARO, l'ampiezza viene ottenuta come risultato di un'espressione aritmetica.

Ancora le istruzioni VARO possono essere usate per definire variabili ausiliarie che permettono di evidenziare certi incrementi progressivi.

Esempio: VARO DUR =1;  
 Not 0 STR DUR 50 440;  
 Not 0 STR DUR/2 25 660;  
 Not 0 STR DUR/3 75 550;

In questo esempio i valori degli ultimi tre P-campi sono legati fra loro da una semplice regola aritmetica, ma solo tra i valori assegnati al quarto P-campo questo è evidente.

Il preprocessore legge all'inizio dell'elaborazione, in un *file* che contiene le tabelle di supporto, un gruppo di variabili al passo 0 che costituiranno così un vocabolario di base, sempre noto al preprocessore. Ciascuna variabile viene imparata dal preprocessore insieme ad un suo valore iniziale che può essere cambiato all'interno del programma Music6 con un'istruzione VARO. È obbligatorio che facciano parte di questo vocabolario di base le variabili TIM e L2, con valore iniziale nullo, che avranno rispettivamente il significato di tempo corrente di suono programmato e di *action-time* della nota precedente nel programma Music6. In questo vocabolario di base l'utente potrà inserire le costanti che più riterrà utili e ricorrenti nelle sue composizioni musicali. Per conoscere il vocabolario a disposizione basta usare l'opzione LISTAVARO.

Le variabili al passo 0 non devono essere necessariamente di tipo scalare ma possono essere anche di tipo vettoriale. In seguito si realizzerà la possibilità di definire strutture di dati ancora più complesse.

**3.2. Istruzioni PARM.** Le conversioni vengono utilizzate per passare dai parametri dell'istruzione NOT, che descrivono fisicamente il suono, ai parametri di funzionamento dello strumento stesso. Queste conversioni vengono date seguendo le sintassi Fortran salvo le seguenti eccezioni:

- non ci sono vincoli sulla colonna da cui cominciare
- va scritta un'istruzione per riga e va terminata col ";"
- per andare a capo riga non c'è bisogno di usare simboli particolari.

Le istruzioni così scritte sono sottomesse direttamente al compilatore Fortran, previa una trasformazione ad opera del preprocessore. In esse è dunque possibile fare uso delle *routine* Fortran, opportunamente ritoccate, già a disposizione degli utenti Music5, oppure di *routine* scritte dall'utente stesso. È possibile anche fare uso di strutture sintattiche proprie dei linguaggi strutturati (istruzioni di salto e istruzioni condizionali), oltre che di costanti, variabili e *label* Fortran.

Sintassi istruzioni di salto:

Goto <label>;

Sintassi istruzioni condizionali:

If (<var> <cod> <var>) istruzione;

Sintassi istruzioni di loop:

Do <label> <var> = <inf>, <sup>, <passo>;

Le variabili usate in queste istruzioni fanno riferimento ai parametri delle istruzioni Not in due modi:

a) Pn: n indica la posizione del parametro nell'istruzione Not; P indica che viene considerato il valore originario se questo non è mai stato elaborato, altrimenti il valore risultato dell'elaborazione.

b) Wn: n indica la posizione del parametro nell'istruzione Not; W indica che viene considerato in ogni caso il valore originario indicato nell'istruzione Not.

Le variabili usate in queste istruzioni possono essere definite in due modi non alternativi ma consigliati per due funzioni diverse. In base al tipo di definizione usata infatti le variabili avranno un significato diverso, pur rimanendo variabili dello stesso tipo (vedi le note conclusive).

a) costanti locali: sono locali perché è intenzione del compositore riferirsi ad esse solo all'interno dello strumento in cui sono definite, ed inoltre vengono usate più spesso per scopi non importanti (variabili ausiliarie, costanti, variabili di appoggio). È opportuno che non esistano altre costanti locali omonime negli strumenti.

Non hanno dichiarazione esplicita: essa è implicita nella prima assegnazione (istruzione Fortran) ad esse riferita. È obbligatorio inserire all'inizio del gruppo di istruzioni di conversioni per lo strumento, istruzioni di assegnazione a queste variabili.

Ad esse non è possibile riferirsi con istruzioni poste nella partitura. Le istruzioni che le riguardano sono quindi tra quelle inviate dal preprocessore al compilatore Fortran: non hanno pertanto alcun riferimento col vettore G, colle Sv2 o colle VAR2 del Music5.

b) Variabili scalari e vettoriali: sono variabili che il compositore

intende riferibili da ciascun strumento e comunque che rivestono una certa importanza tanto da essere dichiarate esplicitamente. L'istruzione di dichiarazione è quella VAR2, VET2 o FUNZC che il compositore avrà avuto cura di anteporre a questo gruppo di conversioni, nel prologo, e che ad esse fa riferimento.

Queste variabili verranno allocate nel vettore G del Music5 e quindi su queste è possibile fare assegnazioni vincolate al tempo (Sv2), con istruzioni poste nella partitura. L'istruzione di dichiarazione VAR2, VET2, o FUNZC provvede anche alla prima valorizzazione e allocazione nel vettore G. Inoltre il preprocessore produce in base alle informazioni in essa contenute, un'istruzione Fortran del tipo Equivalence in cui sono messe in relazione il nome scelto dall'utente e il nome G(n) della prima locazione in G interessata dall'assegnazione. In questo modo altre assegnazioni potranno essere riferite a questa variabile, sia intendendola come variabile scalare sia come componente del vettore G.

«Funzioni di conversione». Le funzioni di conversioni da usare con la conversione Music6 di codice FCONV (in Music5 aveva codice 4100) sono successioni di costanti numeriche. Esse possono essere assegnate nella forma di variabili vettoriali, cioè con istruzioni VET2. Per guidare questa assegnazione è stata predisposta una istruzione apposita di codice FUNZC.

Esiste anche una biblioteca di funzioni di conversione standard, in Fortran, che si possono richiamare con le istruzioni di conversioni. Queste funzioni già pronte e disponibili ad ogni utente, sono analoghe a quelle che in Music5 avevano codice numerico e il cui uso era reso difficile da una sintassi complicata e implicita. In Music6 queste funzioni sono usate come tali e quindi vengono richiamate specificando il loro nome seguito da una parentesi in cui sono specificati i parametri di scambio, separati da virgole.

Esempi: PARM P5 = Hzsi (W5);  
 P6 = Db (W6);  
 P6 = ALOCB (W7,2);

Le funzioni ora a disposizione dell'utente sono:

Hzsi	(X)	
		converte Hz in sampling increment
Db	(X)	
		converte dB in ampiezza lineare.

La scala 0:90 dB viene convertita nella scala lineare di ampiezza 0:32000

- ITP** (X1,X2)  
conversione per l'unità generatrice ITP. Nella istruzione PARM devono essere assegnati i parametri X1 (valore di partenza) e X2 (valore di arrivo). Questa conversione applicata al punto di arrivo lo sostituisce con l'incremento.
- SECSI** (X)  
converte da secondi in Si
- RAND** (VAL, DEV)  
la funzione calcola la somma tra VAL e l'addendo DEV preventivamente moltiplicato per un fattore random compreso tra -1 e +1.
- GAUSS** (VAL, DEV)  
la funzione calcola la somma tra VAL e l'addendo DEV preventivamente moltiplicati per un fattore casuale a distribuzione normale di media 0 e deviazione standard +1.
- ALOGB** (ARG, BASE)  
la funzione calcola il logaritmo in base BASE del valore ARG.

**3.3. Istruzioni NOT.** Lo strumento rappresenta il procedimento di calcolo seguito per produrre il suono. Esso viene attivato dall'istruzione Not che fissa l'istante di inizio e la durata della nota oltre ai valori dei parametri richiesti dallo strumento attivato, per produrre il suono valutato.

Sintassi:

Not TI <nomestrum> <durata> <parm> <parm> ...;

dove TI è il tempo di attacco; <nomestrum> è il nome dello strumento; <durata> è la durata fisica del suono; <parm> sono i parametri richiesti dallo strumento indicati con gli identificatori dei P-campi (P5, P6, ...).

Esempio: Not 1.5 TRE 0.64 66 440;

Questa istruzione attiva all'istante 1.5 lo strumento TRE che suonerà per 0.64 secondi una nota descritta dai parametri P5=66 e P6=440.

Uno strumento è in grado di produrre più note simultanee, quindi le istruzioni Not possono avere istanti di inizio coincidenti e durate sovrapposte in diverse maniere. Le pause fra due note successive si realizzano dando alla prima nota una durata fisica di valore inferiore alla differenza tra i due istanti di inizio.

Esempio: Not 0 10 0.9 54 261.6;  
 Not 0 10 0.9 54 329.6;  
 Not 0 10 0.9 54 391.9;  
 Com Pausa di un decimo di secondo;  
 Not 1 10 1 54 261.6;

Il massimo numero di note che si possono suonare contemporaneamente, comprendendo tutti gli strumenti attivati, è dato dal Music5 ed è 329, ampliabile fino a 1539.

Nelle istruzioni Not è possibile sfruttare alcuni accorgimenti volti ad evitare la ripetizione di valori uguali su più istruzioni in successione. Innanzi tutto vale la regola generale che permette di indicare il codice di riconoscimento (not) solo nell'istruzione alla testa di un gruppo di istruzioni con lo stesso codice: il preprocessore lo riterrà valido anche per le seguenti fino a che non incontrerà un'istruzione con un codice diverso. È possibile indicare al posto delle costanti numeriche il nome delle variabili al passo 0, riferendosi così al valore ultimo ad esse assegnato. È possibile riferirsi anche al valore assegnato al corrispondente parametro nell'istruzione Not precedente. Indicando Ln al posto del nuovo valore, il preprocessore lo interpreterà uguale al valore dell'n-esimo P-campo della istruzione Not precedente.

È inoltre possibile indicare al posto delle costanti numeriche, intere espressioni algebriche riferendosi al loro risultato. Il calcolo di queste espressioni è infatti effettuato dal preprocessore in maniera trasparente all'utente.

Combinando insieme queste possibilità l'indicazione del valore dei parametri nelle istruzioni Not diviene più semplice e funzionale, a volte anche di significato molto più evidente.

Esempio: Not0 Piano 1 15 21 330;  
 0.5 Piano 1 15 21 440;  
 VARO DUR = 1;  
 Not 0.5 Piano DUR 15 21 330;  
 VARO TIM = 0.5;  
 Not TIM L2 L3 15 21 330;  
 TIM+0.5 L2 L3 15 21 440;  
 TIM+0.7 L2 L3+0.2 15 21 660;

Esiste una variabile al passo 0, sempre nota al preprocessore, che contiene il valore del tempo di partitura, cioè di quanto tempo di suono è già stato programmato, anche se le ultime note terminano entro quel tempo. La variabile si chiama TIM ed è aggiornata ad

opera del preprocessore ad ogni istruzione Not. È possibile comunque rivalorizzarla con un'istruzione VARO opportuna, salvo farle perdere il suo significato originale.

Dunque per indicare il tempo di inizio di una nota è possibile:

- usare una costante numerica (note svincolate)
- riferirsi al tempo di inizio della nota precedente, usando la variabile L2 (note con tempo di inizio simultaneo o con tempi di inizio vincolati)
- riferirsi al tempo di fine della nota precedente, usando la variabile TIM (note consecutive o con tempi di inizio vincolati alle durate e viceversa).

L'inizio di una nuova sezione della partitura (SEC) provoca l'azzeramento della variabile TIM.

Esempio: Not	0	Uno	10	150;
	L2+0.5	Uno	15	150;
	TIM	Uno	10	150;

La prima nota inizierà all'istante 0 e terminerà dopo 10 secondi; la seconda nota sarà slittata di mezzo secondo rispetto l'attacco della prima; la terza inizierà appena la più tarda nota nel tempo sarà terminata (in questo caso la seconda nota).

*4. Conclusione.* Recentemente è stato molto studiato il problema del linguaggio nella comunicazione, essendo questa diventata un bene di grande consumo per necessità di progresso e per svago. La comunicazione, sia essa visiva o sonora, avviene sempre attraverso un linguaggio, cioè usando un "vocabolario" di segni e una "grammatica" per la loro composizione. Nel gioco entrano certamente la conoscenza e la psicologia dei soggetti comunicanti, da cui non si può certo prescindere nella spiegazione di come il messaggio viene deciso e recepito. Ultimamente linguisti, sociologi, psichiatri, filosofi hanno però molto rivalutato nel linguaggio e nella comunicazione proprio il segno, assegnandogli un'importanza che raramente aveva conosciuto in passato.

Il segno, ad esempio una parola, un'immagine, un oggetto, ha un'essenza strettamente connessa all'azione del riferimento. È chiaro che non esiste comunicazione senza riferimento dal momento che non possiamo certo trattare sempre e solo messaggi composti dagli oggetti stessi del messaggio. Esemplificando agli estremi, noi non possiamo parlare di elefanti avendo sempre un elefante davanti ed evitando quindi di usare la parola "elefante". Oltre tutto l'oggetto che

sfugge ad ogni referenza non esiste, in quanto di ogni cosa noi siamo in grado di pensare una categoria più ampia, proprietà estendibili, un gruppo di entità riferite da quella. A proposito del nostro elefante che pure abbiamo davanti in carne e ossa, noi possiamo pensare agli animali esotici, alla pesantezza, alla memoria, all'avorio, al modello di lavatrice nel cui spot pubblicitario è stato inserito questo animale.

Il segno come entità referente è presente già in Saussure: un'entità psichica dotata di "conceito" (significato) e "immagine acustica" (significante). Più recentemente però, con Hjelmslev ed Eco ci sono state delle correzioni su questa definizione che hanno cercato soprattutto di togliere l'aspetto di sudditanza al soggetto psicologico. Si è rotta di conseguenza l'associazione tra significato e significante, dal momento che il primo è determinato dal soggetto e dallo "stato" in cui percepisce il segno, mentre il secondo è proprio dell'entità esterna percepita. Il segno diventa quindi un "interpretante" che contiene dei messaggi; noi, attraverso "inferenze" che sono una sorta di implicazioni matematiche (Brioschi) con cui ci muoviamo di segno in segno, interpretiamo il messaggio. Naturalmente il segno che sfugge ad ogni interpretazione, così come l'oggetto che sfugge ad ogni riferimento, abbiamo già visto, non esiste e ne consegue che noi ci muoviamo in una semiosfera chiusa: da qui il concetto di Eco di "semiosi illimitata". È questa una situazione in cui non siamo noi a parlare il linguaggio visto che possiamo inventare nuovi segni o arricchire i vecchi di nuovi messaggi, ma non possiamo mai cancellarne o evitarne l'uso.

Affrontare dunque il problema della comunicazione trascurando il segno sarebbe un grave errore, e già nella pubblicità, in televisione e sui giornali, in politica, e in tutti quei campi in cui il linguaggio ha un ruolo fondamentale, alla semiotica è stato dato grandi spazi e responsabilità. Anche nel campo dell'informatica ultimamente è stato dato grande rilievo al linguaggio, avendo constatato che qui sta il nodo da sciogliere sia per una migliore impostazione di certi problemi, sia per un più rapido inserimento e ricezione di dati.

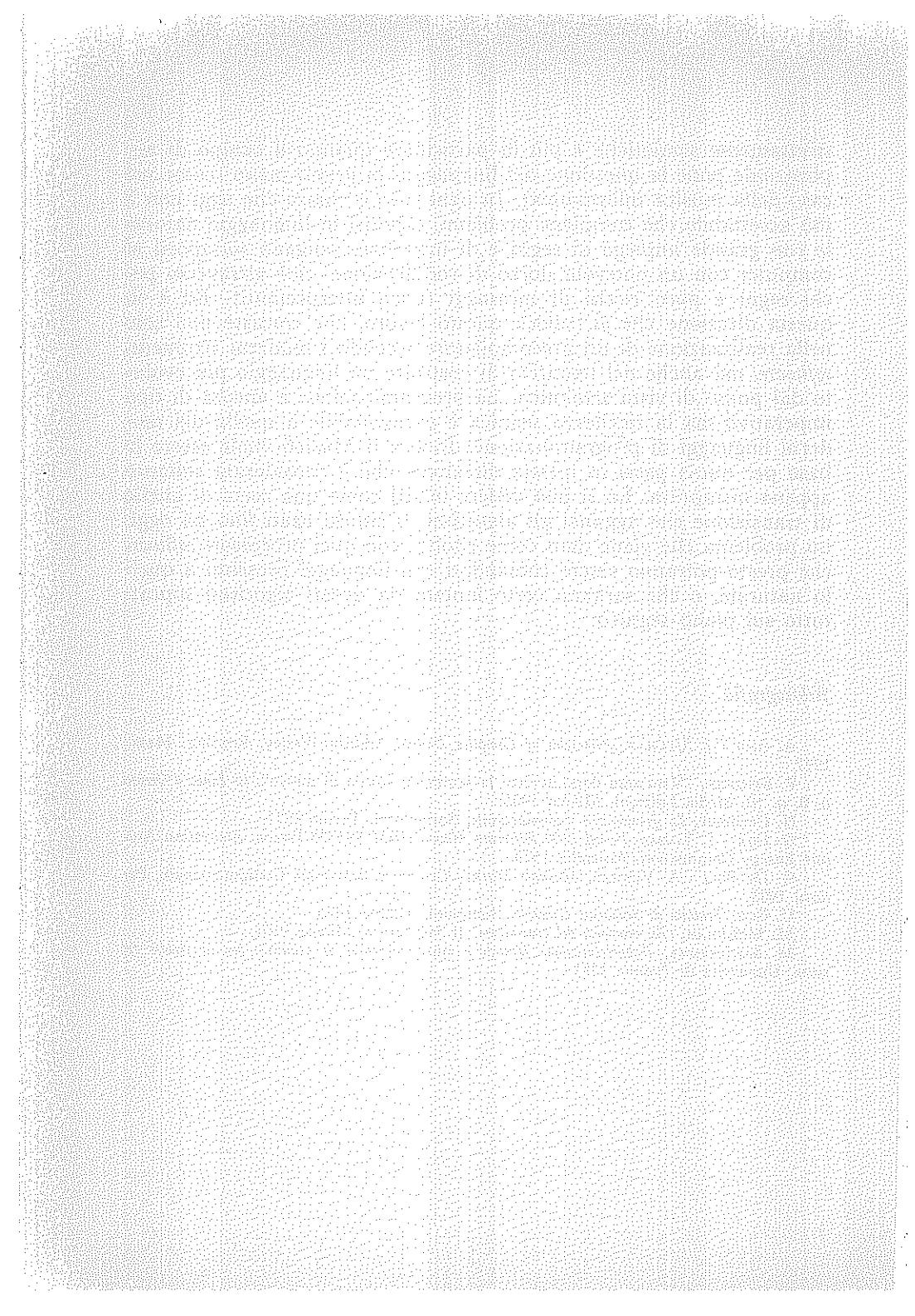
Gli aspetti infatti sono due: il linguaggio di programmazione con cui noi "parlamo" al *computer* circa cosa deve fare; il linguaggio da noi inventato con cui l'utente e la macchina si scambiano messaggi (*input* e *output* di dati). Per ora questi due aspetti sono abbastanza lontani ma già si intravedono soluzioni in cui essi finiscono per coincidere, come nella programmazione logica. In ogni caso le strutture di dati che si possono definire con un linguaggio di programmazione condizionano il modo con cui si possono dare e ricevere dati dal *computer*.

Solo recentemente si stanno affrontando questi problemi su basi

strettamente semiotiche e più in particolare quando il campo di applicazione pone la questione del linguaggio in primo piano (come nel caso della musica informatica). In ogni caso è chiaro che oggi non è più accettabile che complessi problemi, espressi in linguaggio naturale con grande impiego di segni e di inferenze, vengano sottoposti al computer con un notevole sforzo di codificazione, cioè attraverso pochi segni e poco ricchi di messaggi (poco interpretanti). Ed è in questa direzione che si colloca questo lavoro, che consiste non solo nella realizzazione di un precompilatore secondo i moderni strumenti *software*, ma anche nel tentativo di costruire un linguaggio più evoluto dal punto di vista semiotico. La programmazione è ancora di tipo imperativo ma la ricchezza segnica è paragonabile a quella dei moderni linguaggi di programmazione. Inoltre il Music6 vuole essere la base per nuovi passi in questa direzione, che è considerata soltanto appena intrapresa. Lo si può vedere infatti come una sorta di anello di transizione che agganci gli algoritmi di sintesi usati fino ad oggi, un problema che viene dato come risolto, con quei processori *software* che presto potranno essere comandati con linguaggi prossimi a quello naturale, e che saranno certo lontani da questi algoritmi soprattutto sul piano segnico.

### *Bibliografia*

- A. AHO - J. ULLMAN, *Principles of Compiler Design*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1977.
- F. BRIOSCHI, "Vent'anni dopo ovvero: la semiotica vestita di nuovo", in *Linea d'Ombra* n. 8, n. 10, Media Edizioni, Milano 1985.
- N. CHOMSKY, *La grammatica trasformazionale*, Boringhieri, Torino 1975.
- G. COX - J. TOBIAS, *Pascal 8000 Reference Manual IBM 360/370 Version*, Australian Atomic Energy Commission, Australia 1978.
- G. DE POLI - A. VIDOLIN, *Manuale Music5*, Centro di Sonologia Computazionale, Padova 1983.
- U. ECO, *Trattato di Semiotica Generale*, Bompiani, Milano 1975.
- M. MC LUHAN, *Gli strumenti del comunicare*, Il Saggiatore, Milano 1967.
- M. SANTOIEMMA, *Rappresentazione formale e implementazione di primitive per la sintesi del suono*, Università di Padova 1981.



# Sessione: SOFTWARE II

---

**Interazioni fra tempo e gesto.**

**Note tecniche sulla realizzazione informatica di *Prometeo***

Sylviane Sapir, Alvise Vidolin

LIMB, Venezia

1. *Introduzione.* Nella musica informatica si può eseguire un brano musicale senza dover effettuare alcuna azione nella fase di generazione del suono, ossia è possibile separare la fase di definizione del brano musicale da quella di esecuzione che avviene appunto in maniera automatica seguendo il flusso di comandi precedentemente fissati. In altre parole è la macchina che diventa l'esecutore di ciò che noi chiamiamo *partitura informatica*. La musica in questo caso non è direttamente legata al gesto – come nel passato – ma al formalismo razionale che la produce: qualora avesse “caratteristiche gestuali” ciò sarebbe frutto esclusivo di una codificazione dei processi tipici del gesto umano espressi in maniera esplicita nella partitura informatica stessa.

Questa separazione suono/gesto ha avuto notevoli ripercussioni non solo sulla pratica ma anche sul linguaggio musicale, soprattutto per quanto concerne la “dimensione” del tempo e quelle ad esso correlate. Molti lavori per *computer*, quindi, sono indipendenti dai limiti e/o dalle peculiarità del gesto umano per evolversi con una scansione totalmente autonoma del tempo. Anche quando la composizione prevede una esecuzione mista, generalmente per uno o più esecutori e nastro magnetico, si ha una completa libertà dei tempi oppure, nel caso di sincronicità, devono essere gli esecutori ad adattarsi al nastro piuttosto che il contrario. Si può quindi concludere che, in prima approssimazione, il *computer* utilizzato in tempo differito diventa un tiranno del tempo musicale. La programmazione di questo orologio, che risulta perfetto sul piano cronometrico, non si può realizzare avvalendosi esclusivamente delle regole che derivano dalla

pratica artigianale ed intuitiva del passato. La definizione dei tempi cronometrici deve tener conto delle soglie percettive e dei processi di organizzazione temporale del sistema uditivo: cose che l'esecutore tradizionale realizza automaticamente a livello inconscio.

Con l'avvento dei sistemi informatici in tempo reale è diventato possibile ri-mettere in diretta corrispondenza il gesto con il suono ricreando il *feed-back* azione-suono-ascolto-azione e, di conseguenza, far uscire gli elaboratori dai laboratori e concepire delle composizioni che prevedessero una esecuzione dal vivo sia autonoma sia integrata con altri strumenti tradizionali e non. Il *computer*, quindi, è diventato anche strumento musicale nel senso più comune del termine, le cui caratteristiche, però, sono paragonabili più a quelle di un insieme di strumenti che al singolo. In altri termini, a seconda delle caratteristiche del processore di elaborazione del suono in tempo reale, il *computer* può generare masse sonore così ricche da competere, sul piano della densità fonica, con le masse sonore ottenibili con *ensemble* orchestrale più o meno grossi.

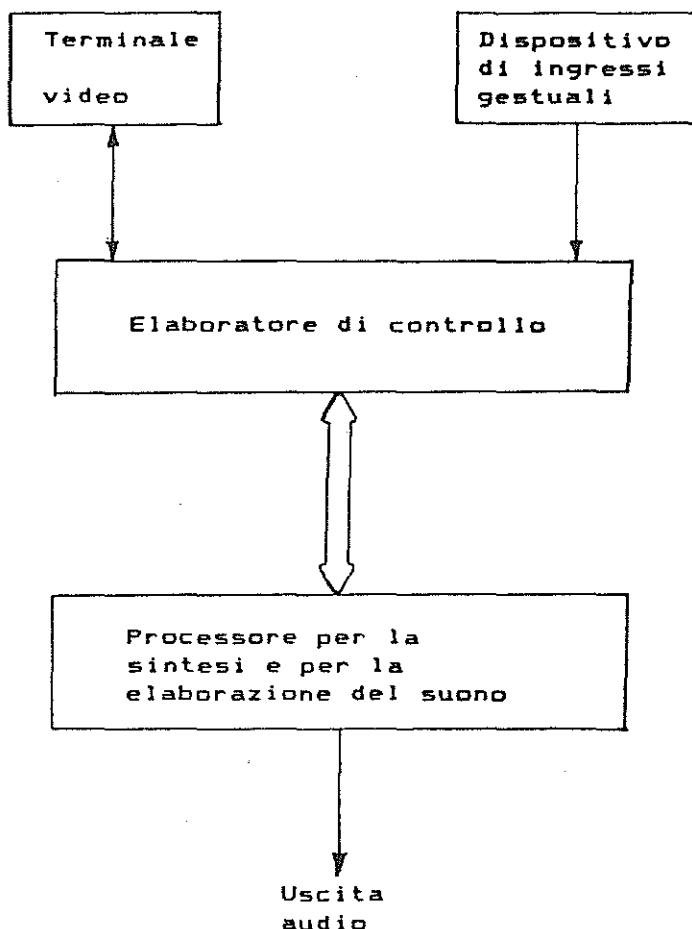
Questi sistemi in tempo reale consentono la generazione acustica separando il processo di sintesi del singolo suono da quello di organizzazione e controllo della produzione musicale complessiva. Normalmente sono composti da un elaboratore generale di controllo e da un processore dedicato alla sintesi (Fig. 1). Nonostante il termine tempo reale possa trarre in inganno, tali macchine interpongono sempre un breve ritardo fra l'azione e il risultato. Tale tempo è necessario per l'esecuzione di alcune istruzioni ed è comunque così breve da risultare impercettibile al nostro sistema uditivo.

Il processore dedicato alla sintesi normalmente svolge operazioni ripetitive e relativamente semplici ad una elevata velocità. Viceversa l'elaboratore di controllo può svolgere compiti anche molto diversi che dipendono dall'ambiente esecutivo, dal linguaggio musicale, dalle esigenze composite ed, in ogni caso, esso deve consentire il collegamento fra l'idea musicale e la sua realizzazione acustica. In questo contesto esistono due scale di tempi: quella micrometrica del processore e quella più libera dell'elaboratore di controllo. Questa libertà dipende dal fatto che è possibile graduare la istantanéità dell'azione di controllo rispetto la complessità del controllo stesso. Per cui a volte è preferibile rinunciare ad una risposta immediata a favore di una elaborazione più raffinata che richiede un maggior tempo di calcolo. Ovviamente questi problemi vengono ridotti se l'elaboratore di controllo è molto potente e veloce.

Come si è detto in precedenza, i sistemi in tempo reale consentono interventi gestuali che si possono considerare simili ai processi di esecuzione tradizionale ma che ne possono travalicare i limiti essen-

do anche essi programmabili. Normalmente un sistema in tempo reale prevede un dispositivo di ingressi gestuali che serve da interfaccia fra l'esecutore ed il *computer* come illustrato in figura 1.

Questo dispositivo si presenta tipicamente come una *console* di potenziometri, tasti sensibili o meno al tocco, pulsanti, ecc., il compito esecutivo di ciascuno dei quali, ed il relativo campo di variabilità, può essere programmato. In questo modo il compositore può scegliere-



*Figura 1 - Rappresentazione schematica di un sistema informatico per la composizione ed esecuzione in tempo reale.*

re quali parametri sottoporre al controllo dal vivo e l'esecutore definire il migliore ambiente esecutivo. Inoltre le azioni gestuali possono essere memorizzate dall'elaboratore di controllo in modo da poter "rieseguire" automaticamente il brano musicale apportandovi, se necessario, ulteriori modifiche o aggiunte.

Questo modo di concepire l'azione gestuale ed il processo di memorizzazione e modifica segnano un mutamento della prassi esecutiva musicale. Il gesto non è più automaticamente legato ad una azione codificata su partitura e si rende necessaria una forma di notazione adatta tramite la quale definire la cosiddetta *partitura visiva* che viene letta dall'esecutore. In secondo luogo il gesto può influire sull'esecuzione della partitura informatica che, come si è già detto, viene memorizzata nell'elaboratore di controllo che la scandisce in maniera automatica. In questo modo non esiste più un rapporto diretto fra azione e singolo suono bensì l'azione può determinare sia il singolo suono che un intero insieme di suoni che si articola nel tempo in frasi musicali.

Si deve prendere inoltre in considerazione il fatto che l'esecutore agisce su una *console* che fisicamente è sempre uguale ma che praticamente cambia di significato in funzione della programmazione. Ad esempio lo stesso potenziometro usato in due ambienti esecutivi diversi può variare la frequenza in un caso e l'ampiezza in un altro. Questa libertà nel definire l'ambiente esecutivo più adatto alla singola applicazione può talvolta trasformarsi in un ostacolo in quanto l'esecutore deve imparare ogni volta a "suonare" uno "strumento" diverso. Una ulteriore possibilità è data dalla interazione fra strumenti tradizionali ed elaboratore in tempo reale. È possibile, infatti, estrarre dall'esecuzione di uno strumento tradizionale appositi segnali di controllo anziché ottenerli con le azioni sulla *console*. Si riesce così a coniugare il "virtuosismo" tradizionale – che ovviamente si esprime in forme completamente diverse – con gli ambienti esecutivi tipici dei sistemi in tempo reale.

In conclusione, i sistemi in tempo reale consentono di poter definire il proprio *ambiente esecutivo* in base alle esigenze compositive ed ai vincoli imposti dai limiti esecutivi umani e della macchina. Poter inventare ogni volta un nuovo ambiente esecutivo modifica sostanzialmente i metodi compositivi ed esecutivi della musica allargandone in maniera ancora imprevedibile il campo di possibilità.

2. *Realizzazione informatica di Prometeo.* Nella realizzazione informatica del *Prometeo* abbiamo affrontato alcune delle problematiche sopra esposte e le soluzioni che sono state adottate dipendono da molti

fattori, alcuni dei quali sono elencati di seguito.

– Il lavoro di sperimentazione condotto con Luigi Nono al Centro di Sonologia Computazionale dell'Università di Padova nei mesi che hanno preceduto la messa in scena di *Prometeo* durante i quali si sono discussi gli interventi da realizzare, formulate diverse ipotesi ed effettuate continue verifiche sperimentalistiche, definiti alcuni prototipi di ambiente esecutivo.

– L'inserimento di un sistema informatico in tempo reale in una composizione con parti orchestrali, coro, solisti ed il trattamento *live electronics* dello Studio Sperimentale "H. Strobel Stiftung" des Südwestfunks di Friburgo.

– L'utilizzazione del Sistema 4i, composto dal processore 4i realizzato da Giuseppe di Giugno all'IRCAM, da un elaboratore Digital PDP11/34 su cui è stato sviluppato, dell'*équipe* di ricercatori del Csc dell'Università di Padova, un insieme coordinato di programmi.

– Le caratteristiche particolari del luogo di esecuzione, la chiesa di San Lorenzo a Venezia, e la struttura dello spazio scenico progettata da Renzo Piano.

– La particolare collocazione delle apparecchiature informatiche che, per ragioni di rumorosità, si sono dovute installare al di fuori dello spazio esecutivo richiedendo la seguente distribuzione degli esecutori informatici: Mauro Graziani sovrintendeva il funzionamento dell'elaboratore di controllo, Sylviane Sapir e Alvise Vidolin erano al tavolo di regia con Luigi Nono operando rispettivamente al terminale video ed alla *console* per gli interventi gestuali.

Tutti questi elementi hanno influito, in maniera più o meno determinante, nelle scelte progettuali e di realizzazione, nonché hanno condizionato, nella maggioranza dei casi con stimoli positivi, le varie tappe del lavoro. Nella fase di sperimentazione in laboratorio si sono messe a confronto le metodologie di lavoro di Luigi Nono, legate alla tecnica del *live electronics*, con quelle dell'informatica musicale e delle recenti esperienze del tempo reale. Ciò si è realizzato esplorando lo spazio acustico soprattutto nei lembi estremi del campo frequenziale e successivamente creando sonorità sintetiche che si potessero legare con alcune caratteristiche degli strumenti previsti nel *Prometeo*: risonanze di campane di vetro, soffi di strumenti a fiato, echi lontani, coralità velate, ecc. Inoltre Luigi Nono era particolarmente sensibile all'uso di microintervalli ed ha un controllo dinamico del timbro che consentisse un'articolazione sempre diversa dei materiali sonori. Questa fase si è rivelata utile anche per dare una concretezza acustica alle idee musicali astratte e, nello stesso tempo, creare un vocabolario comune che ci facilitasse la comunicazione verbale.

La maggiore difficoltà che abbiamo riscontrato all'inizio dipende-

va dal fatto che Luigi Nono conosceva il contesto musicale in cui il Sistema 4i si sarebbe inserito mentre noi potevamo semplicemente ipotizzarlo. In secondo luogo la nostra esperienza era legata al mondo della ricerca scientifica o alla realizzazione di prodotti musicali di "laboratorio", più che alla partecipazione ad opere di così ampie dimensioni in cui il significato degli interventi del *computer* dipende dal tutto. Questa nuova situazione di lavoro è stata un grosso stimolo per noi, e ci ha spinti ad esplorare nuove strade e trovare differenti soluzioni per i vari problemi che via via si sono incontrati. A tale proposito ci è stato di grande aiuto adottare una metodologia di programmazione basata sulle tecniche dell'ingegneria del *software*.

Prima di trasportare il Sistema 4i a Venezia, quindi erano stati sviluppati alcuni ambienti esecutivi lasciati volutamente aperti alla verifica finale da effettuarsi durante il mese di prove in San Lorenzo. Nei paragrafi successivi sono descritti i due ambienti esecutivi utilizzati durante le recite.

3. *Gli ambienti esecutivi.* In *Prometeo* si sono utilizzati due ambienti esecutivi diversi: uno denominato Peata e l'altro Inter2. Al di là delle loro peculiarità musicali, essi risolvono mediante due tecniche differenti il problema di sincronizzare il gesto dell'esecutore informatico con gli altri esecutori tradizionali. Per chiarire queste due differenti tecniche, bisogna rilevare che il processore di sintesi opera in maniera automatica calcolando direttamente il suono in base all'algoritmo di sintesi. I parametri della sintesi sono aggiornati dall'elaboratore di controllo tramite l'invio, in precisi istanti di tempo, di dati al processore. Tali dati possono essere derivati da una partitura informatica, generati tramite regole deterministiche e/o stocastiche oppure estratti da interventi gestuali dell'esecutore. A livello informatico vi possono essere due tecniche di programmazione completamente diverse per la sincronizzazione e la gestione di questi dati da inviare al processore.

La prima, denominata *polling*, opera scandendo ciclicamente una lista di variabili di stato che possono essere associate a dispositivi gestuali, a processi interni al programma oppure ad elementi del processore di sintesi. Se durante tale scansione il programma trova un mutamento di stato in una variabile della lista allora effettua l'azione pre-programmata; altrimenti continua la scansione. Nella seconda tecnica, detta ad *interrupt*, sono i cambiamenti di stato medesimi che richiedono immediatamente l'azione ad essi relativa. In questo modo la temporizzazione dipende direttamente dagli eventi esterni al programma mentre nel primo caso la temporizzazione è "inter-

na" al programma stesso. In Peata si è utilizzata la tecnica di *polling* mentre in Inter2 quella ad *interrupt*.

4. *Struttura generale del programma Peata.* In figura 2a è rappresentato il programma Peata secondo una simbologia grafica che deriva dalla teoria delle reti di Petri (Fig. 2c). In essa il flusso di informazione è espresso con la simbologia di figura 2b.

Per eseguire una azione è necessario che i posti in ingresso a tale azione siano marcati. Una volta eseguita l'azione, la marca si sposterà ai posti di uscita seguendo delle regole ben precise.

In Peata esistono due classi di variabili di stato. Una relativa ai dispositivi esterni all'elaboratore di controllo - dispositivi gestuali, temporizzatori del processore 4i, orologio - e l'altra, interna al programma stesso, che rappresenta lo stato delle singole voci. Questi stati vengono memorizzati nell'*array* *INS(NTIM)* e una voce può essere nello stato S1 di attesa per l'attivazione oppure nello stato S2 per l'estinzione. Per fase di attivazione si intende il processo di definizione dei parametri di sintesi e l'avviamento dell'inviluppo di ampiezza. Per fase di estinzione si intende l'avviamento del transitorio di decadimento di ampiezza che, una volta concluso, porta automaticamente la voce in stato di attesa di attivazione.

Nei dispositivi esterni le variabili di stato sono le seguenti. Il registro *Mcw* del processore 4i in cui viene segnalato il cambiamento di stato di almeno un temporizzatore; il registro *Csw* della scheda di *clock* in cui viene memorizzato il tempo orario corrente; il registro *Portw* della scheda di interfaccia fra elaboratore e *console* in cui viene indicato per ciascun dispositivo gestuale il relativo valore assunto e il registro *OBW* dell'interfaccia fra elaboratore e terminale in cui viene memorizzato il valore dell'ultimo tasto battuto sulla tastiera del terminale. Queste variabili di stato, sia interne che esterne, vengono scandite ciclicamente dal programma.

4.1. *Dispositivi gestuali.* I dispositivi gestuali sono costituiti da 6 potenziometri e 19 tasti. I tasti vengono suddivisi in 5 gruppi come mostrato in figura 3. Il primo dedicato alla selezione delle strutture armoniche, il secondo alla visualizzazione sullo schermo ed eventuale *hard-copy*, il terzo al controllo del cronometro, il quarto alla registrazione dei gesti e l'ultimo all'uscita del processo di scansione ed al ritorno alla fase di inizializzazione del programma.

I potenziometri controllano dei parametri con due diversi livelli di gerarchia. Al livello più alto troviamo l'ampiezza globale del suono in uscita mentre il numero totale di voci attivate ed i parametri

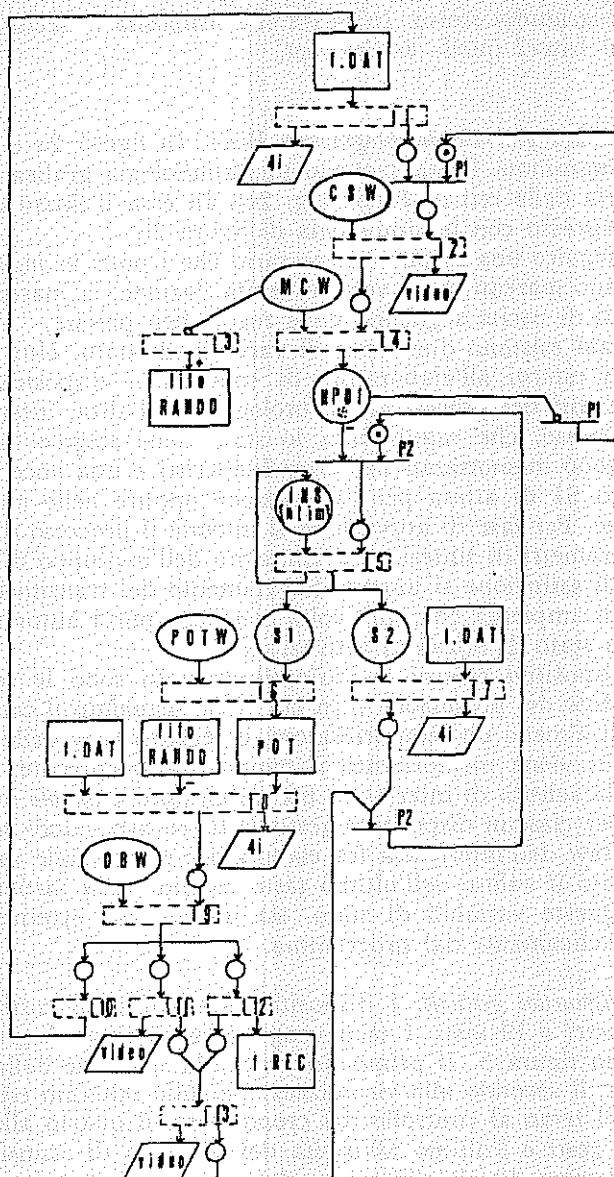


Figura 2a - Schema funzionale del programma Peata.

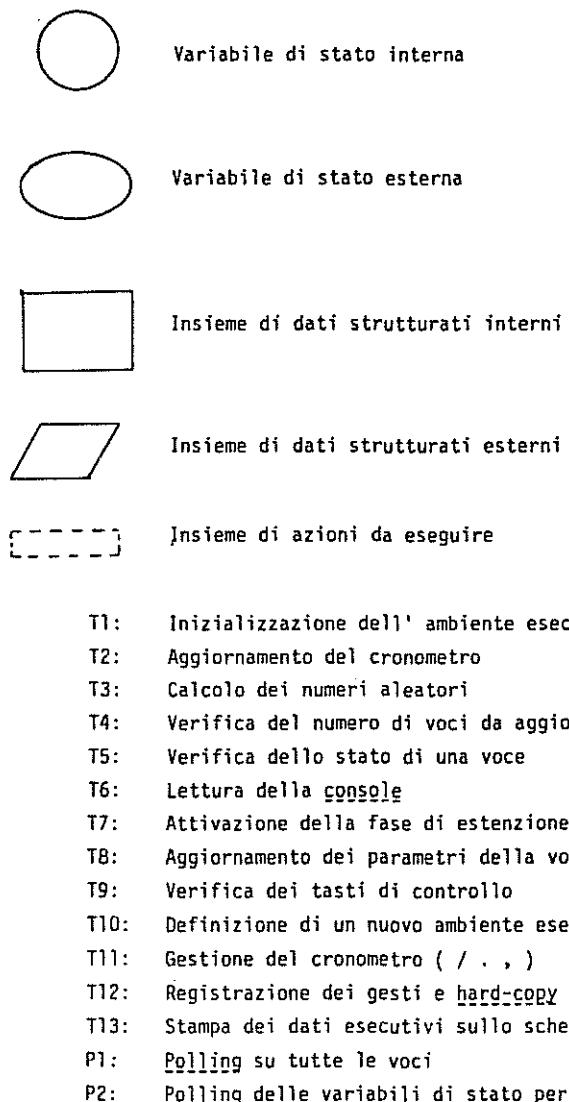


Figura 2b - Simbologia adottata.

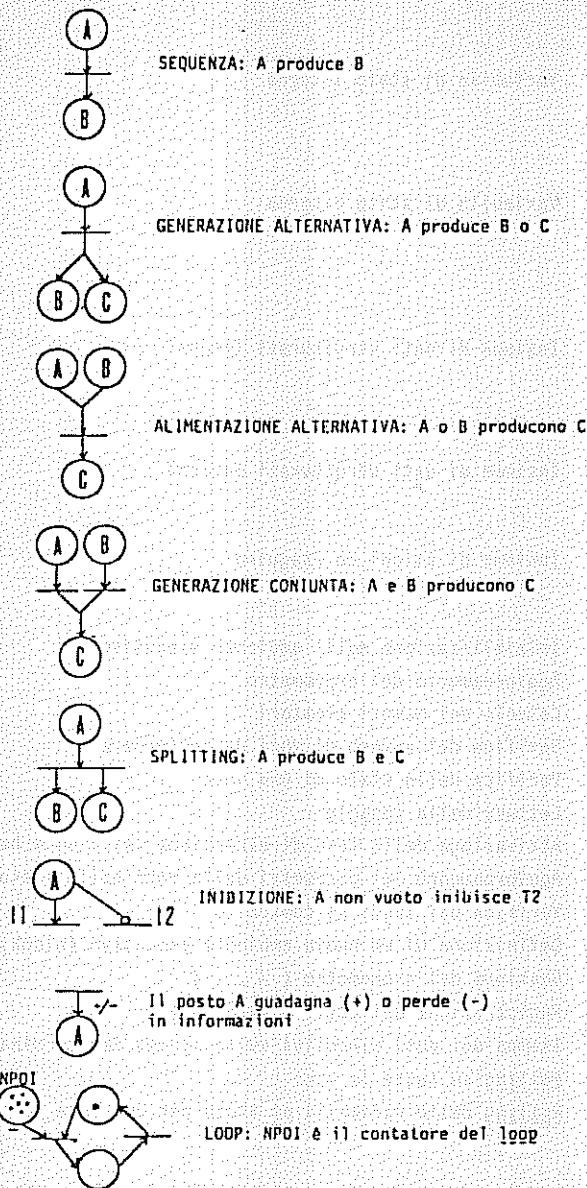


Figura 2c - Simbologia derivata dalla teoria delle reti di Petri.

TASTO	SIGNIFICATO
1,2,...,9,0	attivazione della struttura 1,2,...,9,0 rispettivamente
*	attiva la visualizzazione sullo schermo
-	inibisce la visualizzazione sullo schermo
\	attiva l'hard-copy
/	accera il cronometro
,	arresta il cronometro
[	attiva la memorizzazione degli interventi gestuali
]	arresta la memorizzazione degli interventi gestuali
spazio	uscita dal polling F1

Figura 3 - Suddivisione dei tasti nell'ambiente esecutivo Peata.

di sintesi sono al livello più basso. In figura 4 è elencato il ruolo di ciascun potenziometro.

POTENZIOMETRO	SIGNIFICATO
1	numero totale di voci attivate
2	ampiezza globale del suono in uscita
3	frequenza base per il calcolo delle portanti
4	rapporto portante/modulante
5	deviazione di frequenza
6	microintervalli

Figura 4 - Azione svolta da ciascun potenziometro nell'ambiente esecutivo Peata.

4.2. *Inizializzazione del programma.* Peata si basa su un ambiente esecutivo fissato all'inizio della sessione di lavoro che può essere ovviamente memorizzato su file e di conseguenza richiamato e/o modificato in modo interattivo sia durante la sessione stessa che in sessioni successive. In questa maniera si possono aver anche più ambienti esecutivi mediante lo stesso programma di controllo.

Questo ambiente esecutivo viene definito tramite due tipi di dati: quelli di definizione delle strutture frequentziali e quelli relativi allo "strumentario". Quest'ultimi consentono di definire il campo di variabilità dei dispositivi gestuali ed il valore di alcuni parametri di controllo per il processore 4i e per il programma generale. Le strutture frequentziali vengono definite indicando il numero identificatore, che corrisponde ai tasti numerici 1, 2, .., 9, 0 seguito da un fattore di ripetizione che indica quante voci avranno lo stesso coefficiente di frequenza (COEFF) e di ampiezza (COEFA) ed i valori di tali coeffi-

cienti. A titolo di esempio vengono riportati in figura 5a i dati dell'ambiente esecutivo del *Prologo* di *Prometeo*, nella corrispondente 5b i nomi delle variabili del programma mentre in figura 5c i dati delle strutture frequenziali.

Frequenza base	116 Hz	FBASE
Numero di ottoave	2	OTTAVE
Rapporto portante modulante minimo	.5	RAPMIN
Rapporto portante modulante massimo	2	RAPMAX
Deviazione minima	0 Hz	DEVMIN
Deviazione massima	500 Hz	DEVMAX
Fattore microintervalli	.08	FMIC
Fattore riduzione durata	.5	FDUR
Durata transitori	200 ms	DURATT
Durata tenuta massima	1000 ms	DURSUS
Tempo di raccordo ampiezza	200 ms	TRAC
Numeri di voci	24	VOCMAX
Numero di strutture	9	STUMAX

a

b

Figura 5 - Valore dei parametri di inizializzazione del *Prologo* per l'ambiente esecutivo Peata: a) dati; b) variabili; c) strutture frequenziali.

		STRUTTURA 1: TONICA
2.	1.	1.
		STRUTTURA 2: TONICA E SECONDA MINORE
4.	1.	1.
4.	1.06	1.
4.	1.	1.
4.	1.06	1.
4.	1.	1.
4.	1.06	1.
		STRUTTURA 3: TONICA E TRITONO
4.	1.	1.
4.	1.414	1.
4.	1.	1.
4.	1.414	1.
4.	1.	1.
4.	1.414	1.
		STRUTTURA 4: TONICA E QUINTA
4.	1.	1.
4.	1.5	1.
4.	1.	1.
4.	1.5	1.
4.	1.	1.
4.	1.5	1.
		STRUTTURA 5: TONICA E SECONDA MINORE DISCENDENTE
4.	1.	1.
4.	.94	1.
4.	1.	1.
4.	.94	1.
4.	1.	1.
4.	.94	1.
		STRUTTURA 6: TONICA E QUARTA DISCENDENTE
4.	1.	1.
4.	.75	1.
4.	1.	1.
4.	.75	1.
4.	1.	1.
4.	.75	1.
		STRUTTURA 7: TONICA E OTTAVA
4.	1.	1.
4.	2.	1.
4.	1.	1.1
4.	2.	.9
4.	1.	1.
4.	2.	.9
		STRUTTURA 8: TONICA, QUINTA E OTTAVA
4.	1.	1.
4.	1.5	1.
4.	2.	1.
4.	1.5	1.
4.	1.	.5
2.	2.	.33
4.	.5	1.
2.	4.	.17
5.	.25	1.33
2.	8.	.007
5.	.125	1.45

*4.3. Generazione dei parametri di controllo.* Una volta terminata la fase di inizializzazione inizia automaticamente il processo di scansione delle variabili di stato. Al verificarsi di particolari variazioni di stato vengono generati i parametri di controllo della sintesi seguendo le regole inserite direttamente nel programma. Per facilitare l'esecuzione gestuale, si è fatto in modo che un unico dispositivo di controllo potesse far variare contemporaneamente più parametri. Ciò si è realizzato leggendo il valore "grezzo" del potenziometro nella scala 0-255, riscalandolo nell'intervallo assegnato in fase di inizializzazione e rielaborando quest'ultimo valore per generare i singoli parametri di controllo. In alcuni casi il processo di rielaborazione si avvale di dati generati aleatoriamente nella scala 0-1. Questi dati vengono calcolati dal programma nei tempi morti durante la fase di scansione e memorizzati in una zona di memoria chiamata RANDO e strutturata a FIRO.

Il controllo di densità consente di stabilire il numero di voci che possono essere attivate e varia da zero al numero di voci massimo fissato in fase di inizializzazione e che comunque non può superare il numero di voci previsto dall'algoritmo di sintesi. Il controllo globale di ampiezza agisce dopo il miscelatore digitale di tutte le voci. Per evitare rapide variazioni di ampiezza causate da repentini movimenti del potenziometro, che inevitabilmente provocherebbero fastidiosi disturbi, si è predisposto un particolare controllo di ampiezza. Il passaggio fra due valori di ampiezza successivi viene effettuato interpolando con un segmento di retta tali valori in un tempo che viene fissato in fase di inizializzazione. Questo processo viene effettuato automaticamente dal processore 4i moltiplicando il segnale audio per il segmento di retta generato dall'unità logica LUNI.

Vediamo ora gli algoritmi utilizzati per la generazione dei singoli parametri di controllo della sintesi. I parametri per ciascuna voce sono la durata (DUR), l'ampiezza (AMP), la frequenza portante (FP), la frequenza modulante (FM) ed il picco di deviazione di frequenza – ampiezza della modulante – (DEV). Questi vengono calcolati in base alle seguenti regole:

$$\begin{aligned}
 DUR &= DURSUS - (DURSUS * RANDO * FDUR) + DURATT \\
 AMP &= AMPMAX * COEFA \\
 FP &= FBASE * (2^{POT3} * OTTAVE + MICROINT) * COEFF \\
 FM &= FP * POT4 \\
 DEV &= POT5
 \end{aligned}$$

## Dove

AMPMAX = ampiezza massima consentita per una voce  
 MICROINT = FMIC \* POT6 \* (2 \* RANDO - 1)  
 POTn = valore dell'n-esimo potenziometro

Il valore di POTn viene riscalato con la seguente formula:

$$\text{POTn} = \text{XMIN} + (\text{XMAX} - \text{XMIN}) * \text{Potn} / 255$$

e le altre variabili sono già state definite nella figura 5b.

Ogni singola voce ha un inviluppo di ampiezza che è composto da tre segmenti rettilinei e che costituiscono la fase di attacco, tenuta e decadimento del suono. Mentre il tempo di attacco e il decadimento rimangono costanti, il tempo di tenuta varia in maniera casuale in base al valore della durata globale (DUR) calcolata secondo la regola vista in precedenza.

**4.4. Supporti per l'esecutore.** Durante l'esecuzione si rivela necessario visualizzare sullo schermo del terminale gli effetti delle azioni gestuali. Tale schermo è stato diviso in più finestre in modo da mostrare, in maniera indipendente, i vari parametri. Una finestra visualizza i dati singoli ricavati dai sei potenziometri, la struttura di frequenza selezionata nonché il numero della voce in stato di attivazione. In figura 6a è riportata tale finestra. In figura 6b è mostrata la finestra che visualizza lo stato delle 24 voci specificando per ciascuna di esse il coefficiente moltiplicativo per il calcolo della frequenza portante (COEFF), il rispettivo coefficiente di ampiezza (COEFA), la durata (DUR), l'ampiezza (AMP), la frequenza portante (FP) e quella modulante (FM). Infine viene visualizzato il tempo corrente del cronometro (Fig. 6c).

Poiché tale processo di stampa sul terminale video rallenta il ciclo di scansione (*polling*) si è predisposto un controllo che inibisce temporaneamente la visualizzazione su schermo e che consente una maggiore rapidità nell'aggiornamento dei parametri.

**5. Descrizione dell'ambiente esecutivo Inter2.** Mentre il programma Peata gestisce in maniera globale un particolare ambiente esecutivo del Sistema 4i, avvalendosi della tecnica di *polling*, Inter2, come detto in precedenza, utilizza la tecnica ad *interrupt* ed è una applicazione di un sistema più generale chiamato RTI4I. Tale sistema è stato progettato per consentire un agile controllo del processore 4i senza

## PROMETEO - PROVA DEL 22/07/85 -

VOC	COEFFR	COEFAM	DURATA	AMPREL	PORTAN	MODULA	*
* 1	1.000	0.059	1.286	1463.019	169.668	167.672	*
* 2	1.000	0.059	1.381	1463.019	166.522	164.563	*
* 3	1.000	0.059	1.332	1463.019	169.066	167.077	*
* 4	1.000	0.059	1.164	1463.019	171.379	169.363	*
* 5	1.000	0.059	1.095	1463.019	172.327	170.299	*
* 6	1.000	0.059	1.197	1463.019	170.917	168.906	*
* 7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	*
* 8	1.000	0.059	1.367	1463.019	168.590	166.606	*
* 9	1.000	0.059	0.991	1463.019	173.801	171.756	*
a *10	1.000	0.059	1.246	1463.019	170.247	168.244	*
*11	1.000	0.059	1.160	1463.019	165.040	163.098	*
*12	1.000	0.059	1.341	1463.019	168.941	166.956	*
*13	1.000	0.059	1.210	1463.019	164.362	162.429	*
*14	1.000	0.059	1.289	1463.019	169.628	167.632	*
*15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	*
*16	1.000	0.059	1.178	1463.019	171.189	169.175	*
*17	1.000	0.059	1.149	1463.019	171.593	169.574	*
*18	1.000	0.059	1.390	1463.019	168.261	166.281	*
*19	1.000	0.059	1.105	1463.019	172.197	170.171	*
*20	1.000	0.059	1.215	1463.019	170.668	168.661	*
*21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	*
*22	1.000	0.059	1.338	1463.019	168.950	166.962	*
*23	1.000	0.059	1.120	1463.019	171.983	169.960	*
*24	1.000	0.059	1.284	1463.019	169.696	167.700	*

---

b	VOCI DURATA AMPIEZZA FREQUENZA INTERVALLO RAPPORUTO DEVIAZIONE MICRUINT. STRUTT.
	24 1.424832.000 171.5740 1.4791 0.9082 80.3922 2.2265 1

---

C	TIME 00:00:38
---	------------------

Figura 6 - Visualizzazione su terminale del valore corrente dei parametri nell'ambiente esecutivo Peata: a) stato delle 24 voci; b) finestra relativa ai valori dedotti dai potenziometri; c) tempo corrente.

dover utilizzare i tradizionali linguaggi di programmazione, bensì avvalendosi di semplici comandi già orientati all'applicazione musicale e che tengono conto delle più significative esperienze nel campo della musica informatica. In altre parole è un sistema operativo per processi concorrenti costituito dai seguenti elementi. Un nucleo che gestisce l'*interrupt* e la sincronizzazione dei processi seguendo un ordine gerarchico preciso; un *monitor* che si occupa del colloquio fra i dispositivi esterni e l'elaboratore di controllo; i processi applicativi che realizzano l'esecuzione vera e propria. Tali processi possono essere divisi in due gruppi: uno dedicato all'esecuzione automatica di una partitura informatica memorizzata nell'elaboratore ed un secondo che gestisce gli interventi gestuali dell'esecutore interagendo direttamente con la partitura informatica.

A titolo di esempio si possono considerare quattro modi di interazione partitura informatica-gesto finalizzati alla definizione delle coppie tempo-valore dei parametri di sintesi.

1. La coppia tempo-valore viene definita interamente nella partitura informatica ( $N_N$ ).
2. La coppia tempo-valore viene data gestualmente con la tecnica denominata ad accesso diretto ( $Ad$ ).
3. Il valore viene definito nella partitura mentre il gesto ne determina l'istante di assegnazione ( $S_Q$ ).
4. Il tempo è specificato nella partitura informatica mentre il gesto ne definisce il valore ( $S_H$ ).

Ciascuno di questi modi può corrispondere ad altrettante situazioni musicali come ad esempio:

1. L'esecuzione deve avvenire nei tempi e nei modi rigorosamente stabiliti nella partitura informatica. La riesecuzione della stessa partitura deve dare un risultato sonoro identico.
2. Caso opposto al precedente. L'esecutore dispone di tutte le libertà tradizionali per poter suonare seguendo una partitura tradizionale o meno; ovvero improvvisare.
3. L'esecutore determina i tempi di assegnazione dei valori dei parametri fissati precedentemente nella partitura informatica. Tale possibilità si rivela utile durante la fase di sperimentazione.
4. Caso opposto al precedente da utilizzarsi per la sincronizzazione con più sistemi informatici che suonano in tempo reale lasciando spazio all'intervento gestuale.

Questi quattro modi di interazione possono agire in maniera indipendente su ciascun parametro di sintesi e di conseguenza un evento sonoro può essere determinato tramite la definizione di più parametri secondo varie combinazioni di questi quattro modi.

Inter2 è, quindi, un ambiente esecutivo interamente definito dai comandi del sistema RTI4I in cui i parametri vengono determinati in accesso diretto ( $Ad$ ). La scelta di tale modo esecutivo deriva dal fatto che si doveva suonare assieme a delle campane di vetro in modo da creare delle risonanze che si legassero a tali percussioni. L'algoritmo di sintesi simula appunto quattro voci (risonanze) indipendenti e l'esecuzione avviene tramite otto potenziometri dedicati al controllo dei seguenti parametri: il primo agisce sull'ampiezza globale di uscita del miscelatore; i successivi quattro sull'ampiezza relativa di ciascuna risonanza; e gli ultimi tre, rispettivamente, determinano l'indice di distorsione, la deviazione di frequenza e la velocità di deviazione. Il significato di questi tre ultimi parametri verrà illustrato successivamente; per il momento si può dire che essi hanno una funzione globale sulle quattro voci e che agiscono in maniera differen-

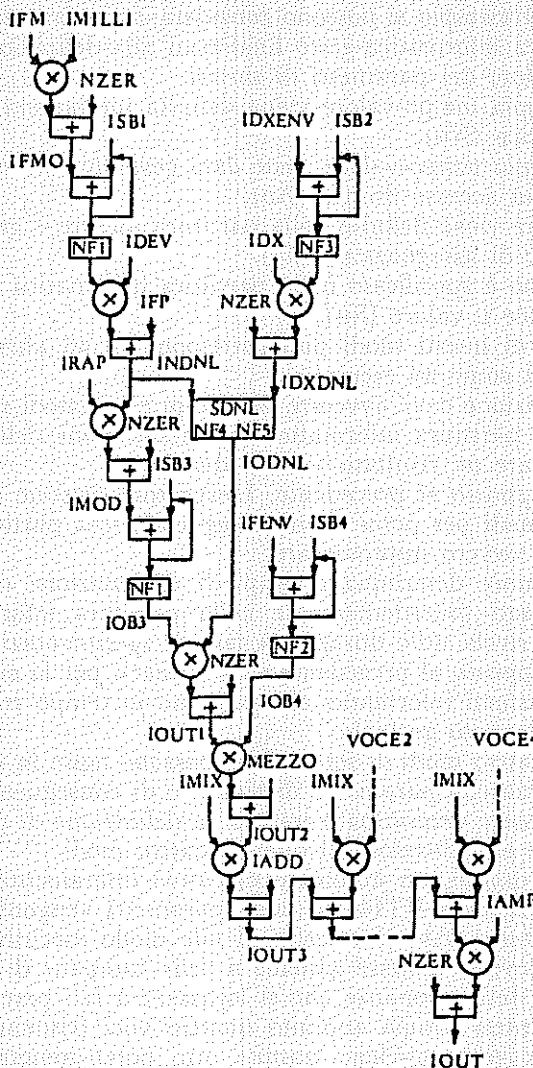


Figura 7 - Rappresentazione mediante schema a blocchi dell'algoritmo di sintesi utilizzato nell'ambiente esecutivo Inter2. La voce 1 è disegnata per esteso mentre le voci 2, 3, 4, identiche alle 1 per quanto concerne il calcolo, sono indicate nella sezione dedicata al messaggio.

ziata, ma correlata, sui singoli parametri. Questo è necessario per garantire lo stesso risultato percettivo con sonorità che operano in regioni di frequenza diverse in cui il nostro apparato uditivo non è lineare.

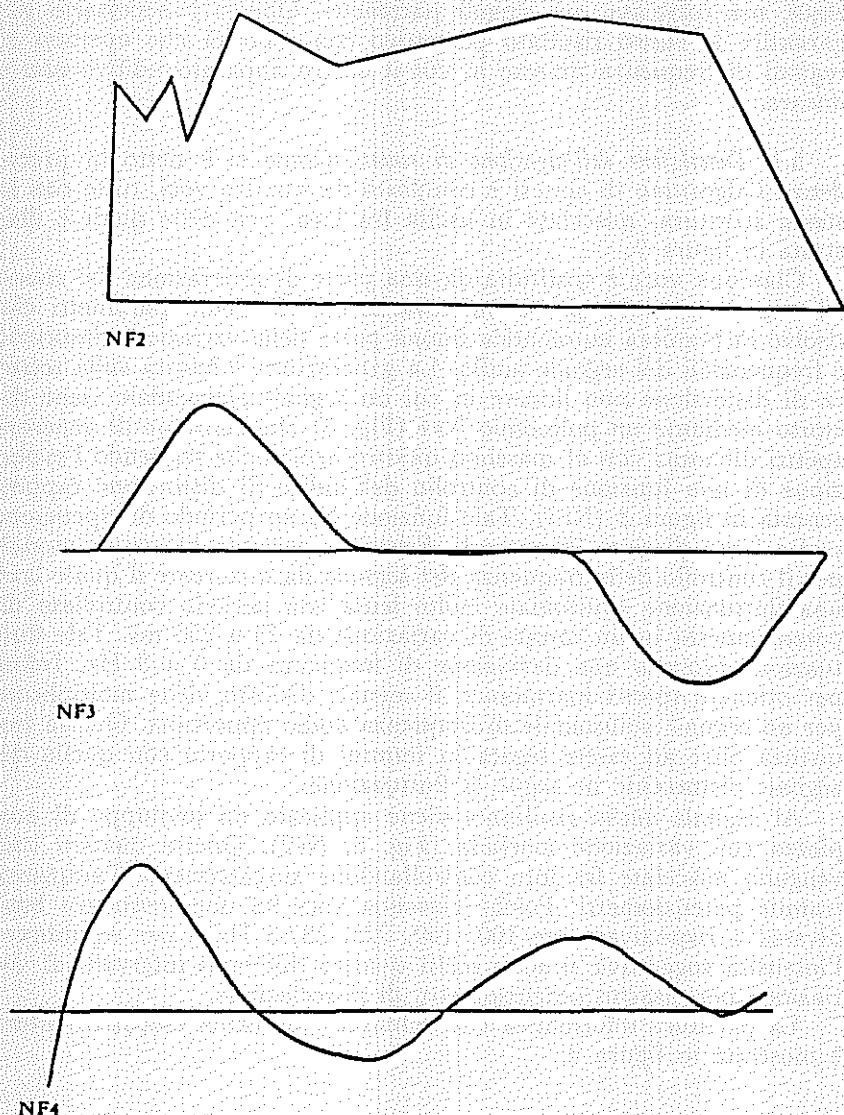
*5.1. Descrizione dell'algoritmo di sintesi.* Come si è detto in precedenza l'algoritmo di sintesi è composto da quattro voci, tutte con la stessa struttura, mescolate in uscita fra loro, una delle quali è illustrata in figura 7.

Ciascuna voce è costituita da una parte di generazione del suono ed una di controllo per le microvariazioni di alcuni parametri che risolve in maniera automatica buona parte delle variazioni timbriche e frequenziali del segnale audio. La generazione è basata sulla tecnica di distorsione non lineare in cui un segnale sinusoidale viene distorto mediante un polinomio Nf4 (Fig. 8) che consente di generare spettri dinamici con al massimo quattro armoniche seguendo l'evoluzione di una funzione di controllo dell'indice di distorsione rappresentata in figura 8 (Nf3). Tale funzione ha un periodo di ripetizione molto lento di circa 20 secondi. Esiste un secondo blocco di moduli per il controllo della frequenza del segnale da distorcere il quale crea una fluttuazione sinusoidale molto lenta con periodo controllato da potenziometro in un campo di variazione da 25 a 250 ms. Tale fluttuazione provoca una deviazione di frequenza da 0 a 3 Hz. Infine per ottenere spettri inarmonici, il segnale distorto viene moltiplicato per un segnale sinusoidale di frequenza audio opportuna. Questa frequenza oltre ad essere legata in termini di rapporto con quella del segnale distorcente ne segue la fluttuazione.

Al segnale audio risultante viene applicato un inviluppo di ampiezza con variazione morbida (Fig. 8, Nr2). Queste quattro voci vengono mescolate fra loro controllandone singolarmente l'ampiezza tramite potenziometri. Poiché ciascuna voce ha una frequenza base diversa – rispettivamente 100, 150, 225, 337.5 Hz – per equilibrare l'intensità soggettiva si sono scelti quattro differenti intervalli di variazione per ciascun potenziometro di miscelazione.

La partitura informatica che definisce l'ambiente esecutivo Inter2 è mostrata in figura 9.

*6. Esecuzione e memoria.* Come si è visto per Peata l'esecutore non "suona" una singola nota bensì controlla il procedimento di generazione di eventi sonori articolati nel tempo. L'esecutore quindi con un singolo gesto controlla direttamente più parametri e va ad agire a livello di frase musicale. In Peata c'è un'inerzia di risposta dovuta al



*Figura 8 - Forme d'onda tabulate utilizzate nell'algoritmo di sintesi dell'ambiente esecutivo Inter2. Nf1 funzione sinusoidale; Nf2 inviluppo di ampiezza; Nf3 inviluppo di distorsione; Nf4 funzione di distorsione; Nf5 funzione cosinusoidale.*

```

COM-----
COM          SYLVIANE 11/09/84      PROMETEO-INTERLUDIO 2;
COM-----
SEZ      4;
COM;
INS      1,5;
ENV      100,101,102      3,2,3;
SEG      0 10,400 20,1000 10,700 ;
COM      IAMF     IFM      IDEV     IDX      IMIX;
LOC      98       1        13       37       89;
CVT      VA       HZ       HZ       VA       VA;
RTI      P1       P8       P7       P6       P2;
CTL      AD       AD       AD       AD       AD;
RNG      0,1000   25,250   0,3      0,1000   0,500;
COM;
NOT      32,=,=  0 0      0       0       0;
FIN;
COM-----;
INS      2,4;
ENV      103,104,105      3,2,3;
SEG      0 10,400 20,1000 10,700 ;
COM      IFM      IDEV     IDX      IMIX;
LOC      2        14      38       90;
CVT      HZ       HZ       VA       VA;
RTI      P8       P7       P6       P3;
CTL      AD       AD       AD       AD;
RNG      12,200   0,4      0,650   0,350;
COM;
NOT      32,=,=  0,      0,      0,      0;
FIN;
COM-----;
INS      3,4;
ENV      106,107,108      3,2,3;
SEG      0 10,400 20,1000 10,700 ;
COM      IFM      IDEV     IDX      IMIX;
LOC      3        15      39       91;
CVT      HZ       HZ       VA       VA;
RTI      P8       P7       P6       P4;
CTL      AD       AD       AD       AD;
RNG      15,220   0,6      0,450   0,230;
COM;
NOT      32,=,=  0       0       0       0;
FIN;
COM-----;
INS      4,4;
ENV      109,110,111      3,2,3;
SEG      0 10,400 20,1000 10,700 ;
COM      IFM      IDEV     IDX      IMIX;
LOC      4        16      40       92;
CVT      HZ       HZ       VA       VA;
RTI      P8       P7       P6       P5;
CTL      AD       AD       AD       AD;
RNG      11,125   0,5      0,300   0,120;
COM;
NOT      32,=,=  0       0       0       0;
FIN;
EOS;

```

*Figura 9 - Partitura informatica dell'ambiente esecutivo Inter2 espressa nel linguaggio RTI4I.*

sistema di controllo il quale reagisce in base ai tempi di reazione dell'*hardware* e soprattutto a quelli del *software* specifico. Per poter essere sincroni e precisi con l'orchestra si sono predisposti dei parametri privilegiati a risposta rapida come ad esempio l'ampiezza globale e le strutture di frequenza. Inoltre, se la velocità di intervento deve essere notevolmente elevata si può inibire il processo di visualizzazione sullo schermo suonando "alla cieca" ma quadruplicando la velocità.

In *Prometeo* alcuni interventi richiedono una perfetta sincronicità con gli strumenti acustici e il *live electronics* mentre altri si evolvono in una dimensione più libera. Nell'Isola 2 e nell'Isola 5, ad esempio, gli attacchi e gli andamenti di frequenza devono seguire una partitura precisa assieme agli altri strumenti. In una situazione opposta si trova l'Interludio 2 in cui l'ambiente esecutivo Inter2 viene usato senza vincoli temporali seguendo in maniera fluida le risonanze delle campane di vetro. Nella fase di definizione dell'algoritmo di sintesi si sono fissati alcuni parametri in maniera definitiva mentre i rimanenti vengono determinati nella fase di esecuzione tramite gli interventi gestuali all'interno dell'ambiente esecutivo descritto mediante i comandi di Inter2. In questo modo ogni esecuzione è unica in quanto dipende dai vincoli di Inter2 e dall'abilità dell'esecutore. È comunque possibile fissare una data esecuzione memorizzando gli interventi gestuali in una *partitura gestuale*. La partitura gestuale viene generata automaticamente dall'elaboratore di controllo memorizzando, ad intervalli di tempo regolari (ogni 200 ms per Peata e ogni 10 ms per Inter2), i valori assunti dai dispositivi gestuali. In Peata questa partitura può costituire una documentazione dell'esecuzione ed un'utile traccia per perfezionare quelle future (Figg. 10a e 10b).

In Inter2 il processo di generazione della partitura gestuale è più raffinato, ed oltre a quanto detto è possibile riutilizzare tale partitura sottoponendola ad ulteriori modifiche ed aggiunte, anche in momenti successivi, fino al raggiungimento del risultato voluto. Grazie a queste possibilità offerte dal sistema RTI4I, si può avere sia la completa libertà esecutiva come la raffinata messa a punto di una partitura informatica che tiene conto di tutti i dettagli dati, appunto, dagli interventi gestuali. Indubbiamente la figura dell'esecutore di un sistema informatico in tempo reale ha poche connessioni con l'esecutore di strumenti tradizionali, in quanto l'esecuzione è solo un breve momento di tutto il processo di realizzazione del lavoro. Infatti, metaforicamente parlando, nelle realizzazioni della musica informatica si ripercorre in tempi molto ristretti ciò che nel caso tradizionale secoli di storia hanno codificato. Ovvero per ciascuna applicazione è necessario definire l'algoritmo di sintesi (strumento), il linguaggio di nota-

## PARTITURA OPERATIVA DELLA "PEATA"

TIME	POT1	POT2	POT3	POT4	POT5	POT6
00:00:43	255	0	72	83	41	65
00:00:43	255	0	72	83	41	65
00:00:43	255	0	72	83	41	65
00:00:44	255	0	72	83	41	65
00:00:44	255	0	72	83	41	65
00:00:44	244	0	72	83	41	65
00:00:45	127	0	72	83	41	65
00:00:45	127	145	72	83	40	65
00:00:45	126	85	72	83	41	65
00:00:45	126	85	72	83	41	65
00:00:45	127	85	72	83	41	65
00:00:45	127	85	72	83	41	65
00:00:46	127	85	72	83	41	65
00:00:46	127	85	72	83	41	65
00:00:46	127	85	72	83	41	65
00:00:46	127	85	72	83	41	65
00:00:46	127	85	72	83	41	65
00:00:46	127	85	177	45	41	65
00:00:46	127	85	177	45	41	65
00:00:47	127	85	177	16	41	65
00:00:47	127	85	177	102	41	65
00:00:47	127	85	177	121	41	65
00:00:48	126	85	177	121	41	65
00:00:48	126	85	177	121	41	65
00:00:48	126	85	177	121	41	65
00:00:48	126	85	177	121	41	65
00:00:48	126	85	177	121	41	65
00:00:48	126	85	177	121	41	65
00:00:48	126	85	177	121	41	65
00:00:48	126	85	177	121	41	65
00:00:48	126	85	177	121	41	65
00:00:48	126	85	177	121	41	65
00:00:49	127	85	177	121	0	64
00:00:49	127	85	177	121	0	64
00:00:49	127	85	177	121	0	64
00:00:49	127	85	177	121	0	129
00:00:49	127	85	177	121	0	129
00:00:50	127	85	177	121	0	196
00:00:50	126	85	177	121	0	166
00:00:50	126	85	177	121	0	126
00:00:50	126	85	177	121	0	90
00:00:50	127	85	177	121	0	41
00:00:50	126	85	177	121	0	41
00:00:50	126	85	177	121	0	41
00:00:51	126	85	177	121	0	40
00:00:51	126	85	177	121	0	40
00:00:51	127	85	177	121	0	40
00:00:51	126	85	177	121	0	39

a

Figura 10 - Esempio di partitura gestuale fornita dall'ambiente esecutivo Peata. Estratto di nove secondi: a) valori assunti da sei potenziometri; b) corrispondente valore assunto dai parametri.

PARTITURA ESECUTIVA DELLA "PEATA"

6

zione, la prassi esecutiva, l'ambiente di esecuzione, ecc. prima di poter fissare la partitura informatica o effettuare l'esecuzione vera e propria. Ovviamente tutto ciò si realizza grazie all'intervento coordinato di più persone che collaborano alla realizzazione del progetto. Le figure del liutaio, del teorico, del musicista, ecc., vengono oggi reinventate dal progettista *hardware*, dall'analista informatico, dal programmatore, dal tecnico del suono, ecc., che in collaborazione con il compositore "inventano" nuovi modi di fare musica. Tutto ciò è tipico del particolare momento che stiamo vivendo in cui la fase di realizzazione è fortemente condizionata dallo stato di sviluppo della scienza informatica e dai vincoli imposti dagli standard dell'industria. Anche a livello musicale, comunque, i legami culturali, le convenzioni, la necessità di un rapporto con il pubblico restringono il campo di ricerca. Di conseguenza la musica continua ad essere in evoluzione non solo per gli stimoli interni a se stessa, ma anche per le sollecitazioni che lo sviluppo tecnologico porta. *Prometeo* è l'opera d'oggi che vive in maniera emblematica questa situazione: è stata concepita da Luigi Nono non in termini definitivi ma aperta a continue mutazioni e non solo negli aspetti più tipicamente tecnologici del lavoro. Per quanto riguarda la realizzazione informatica, ciò che abbiamo descritto rappresenta solo la prima tappa di questo processo che identifica *Prometeo* più come un *work in progress* che come un'opera in senso tradizionale.

### *Bibliografia*

- D. ARFIB, "Digital Synthesis of Complex Spectra by Means of Multiplication of Non-linear Distorted Sine Waves", *J. Audio Eng. Soc.*, 1979, vol. 27, n. 10, Ottobre, pp. 757-768.
- F. AZZOLIN - S. SAPIR, "Il Sistema RTI4I per il controllo in tempo reale del Processore 4i", *Bollettino LIMB* 4, 1984, pp. 33-40.
- F. AZZOLIN - S. SAPIR, *Partition et/ou geste - un systeme de controle en temps reel pour le processeur 4i*, International Computer Music Conference, IRCAM, 1984.
- G. CAPUZZO, "Console per l'Ingresso Gestuale del Sistema 4i Tramite Otto Potenziometri a Cursore", *Bollettino LIMB*, 4, 1984, pp. 93-97.
- J.M. CHOWNING, "The Synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Frequency Modulation", *J. Audio Eng. Soc.*, 1973, vol. 21, n. 7, Settembre, pp. 526-534.
- G. DE POLI, "Tecniche numeriche di Sintesi della Musica", *Bollettino LIMB* 1, 1981, pp. 12-44.
- G. DE POLI - G. HAUS, *Ingegneria del Software in Informatica Musicale*, Atti Congresso annuale AICA, 1982, vol. 1, pp. 415-430.
- G. DI GIUGNO, "Il Processore 4i", *Bollettino LIMB* 4, 1984, pp. 25-28.
- M. GRAZIANI, "Riverbero e Spazializzazione nel Processore 4i", *Bollettino LIMB* 4, 1984, pp. 41-48.
- L. NONO, *Verso Prometeo*, a cura di M. Cacciari, Ed. La Biennale di Venezia - Ricordi, Milano 1984.

- C.A. PETRI, "General Net Theory", *Proc. of the Joint IBM Univ. of Newcastle upon Tyne Seminar*, 1976, pp. 131-169.
- S. SAPIR - G. DE POLI, "Verso Music5 in Tempo Reale: un Software per il Processore Numerico di Suoni 4i", *Atti del 5 Colloquia di Informatica Musicale*, Università di Ancona, 1983, pp. 24-35.
- S. SAPIR, "Il Sistema 4i", *Bollettino LIMA* 4, 1984, pp. 15-24.
- F. TISATO, *Progettazione di Sistemi Operativi*, CLUP, Milano 1977.
- A. VIDOLIN, "Interazione fra i Livelli di Rappresentazione della Informazione Musicale nella Composizione mediante Computer", *Automazione e Strumentazione*, 1980, vol. 28, n. 2, Febbraio, pp. 144-150.
- A. VIDOLIN, "Sistemi musicali in tempo reale e Sistema 4i", *Catalogo del Festival Internazionale di Musica Contemporanea della Biennale di Venezia*, 1983, pp. 24-33.

# Sessione: STUDIO REPORTS

---

## Informatica musicale e pedagogia

Carmelo Cappiello  
CEMAMU, Issy Les Moulineaux (Francia)

Il CEMAMU è un centro di ricerca finanziato dal ministero della cultura francese. Fin dalla sua creazione, una direzione privilegiata di ricerca è stata la realizzazione di sistemi dedicati alla composizione assistita dal calcolatore. Un'attenzione particolare è stata rivolta alla costruzione di un sistema di facile utilizzazione, anche per persone non iniziate all'informatica.

1. *L'UPIC*. Un risultato di questi studi è l'UPIC, la cui architettura è mostrata in figura 1.

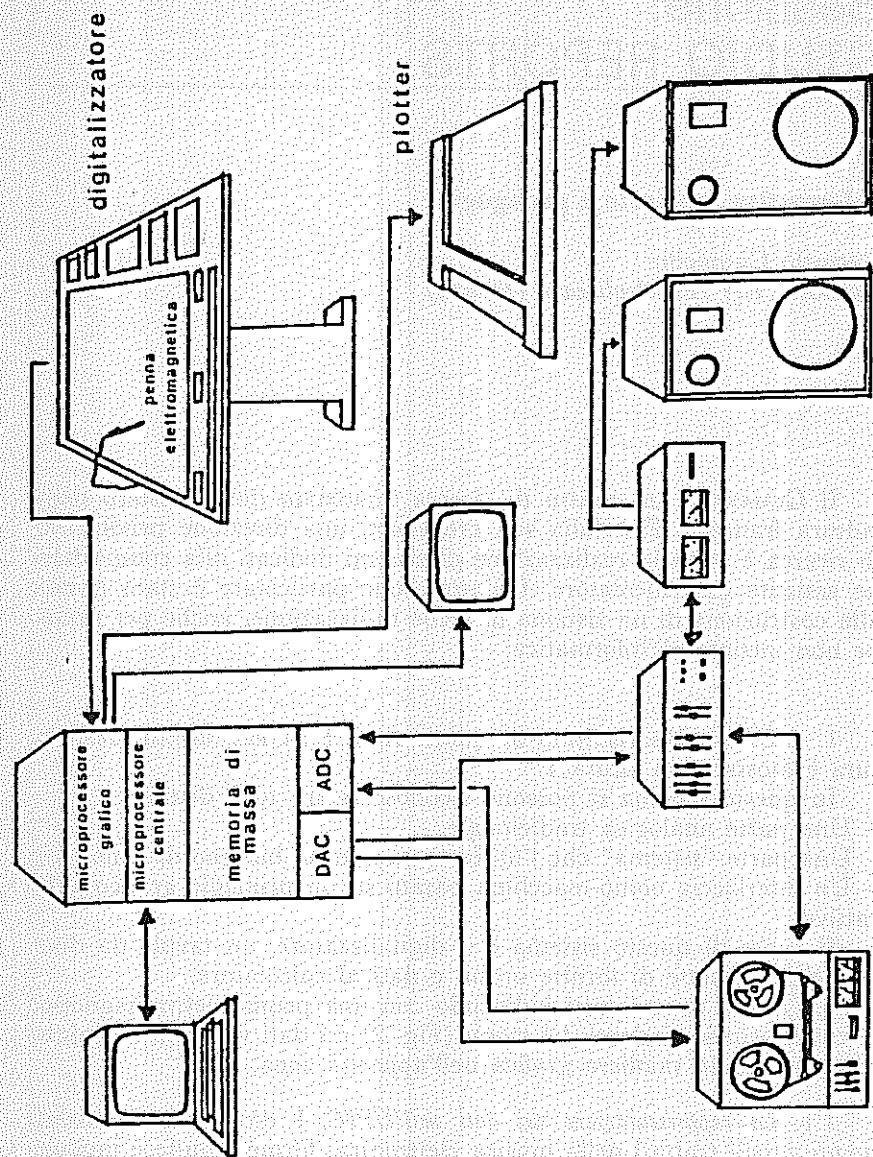
In questo schema si possono riconoscere tre zone distinte:

- Una parte analogica tradizionale
- Una parte "sistema" che l'utilizzatore non ha bisogno di conoscere
- Un interfaccia uomo-macchina basato su un principio grafico interattivo.

Il cuore di questo sistema è il digitalizzatore, un tavolo da disegno che permette di fornire ordini e dati al calcolatore.

Gli ordini sono forniti indicando con una penna elettronematica le caselle corrispondenti del menu (Fig. 2) e i dati vengono introdotti disegnandoli in maniera grafica nell'apposita zona.

1.1. *La rappresentazione dei dati nell'UPIC*. I dati sono essenzialmente quelli trattati nella musica elettronica: forme d'onda e involuppi definiscono il timbro dello strumento, pagine di musica che corrispondono agli spartiti, segnali campionati che corrispondono ai suoni registrati in forma digitale (segnali esterni o prodotti dall'UPIC) e



*Figura 1 - Schema generale dell'Upic.*

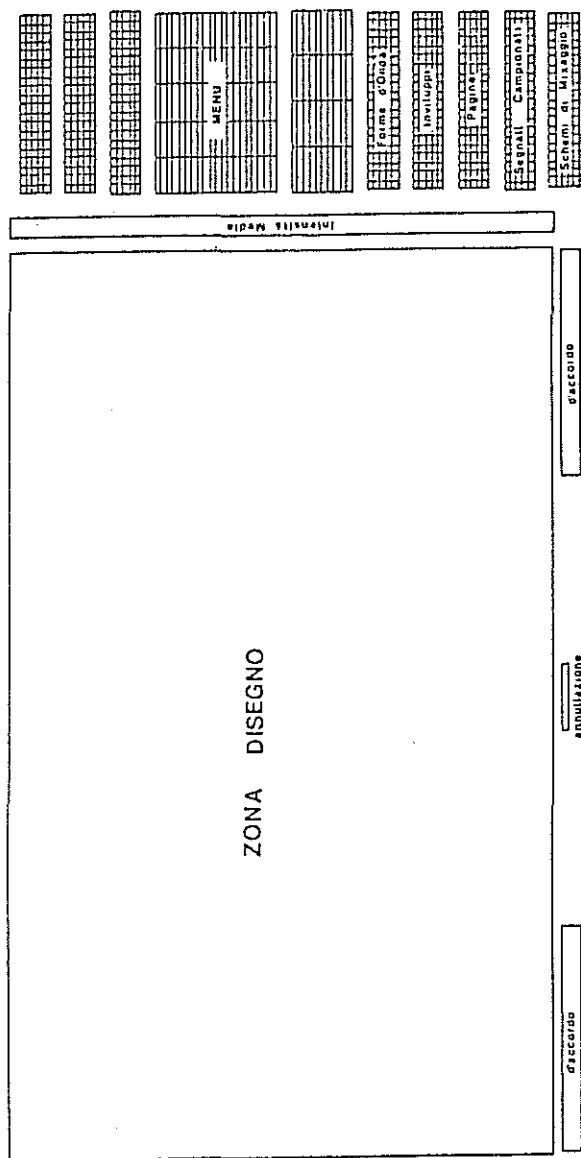


Figura 2 - Digitalizzatore dell'UPIC.

schemi di missaggio che permettono il trattamento ulteriore dei segnali campionati.

Per le forme d'onda e gli inviluppi, la rappresentazione è quella tradizionale di ampiezza in funzione del tempo, in unità di misura arbitrarie. Le unità di misura reali sono definite solo quando questi oggetti sono associati ad una pagina di musica.

Nelle pagine la rappresentazione è del tipo frequenza in funzione del tempo. Ogni curva tracciata in una pagina di musica descrive l'evoluzione in frequenza di un suono elementare, come uno strumento in un'orchestra. Ad ogni curva è associato inoltre un timbro, descritto dall'insieme di forma d'onda e inviluppo, e un'intensità media che determina il suo peso rispetto a tutte le altre curve.

Questo tipo di approccio grafico e interattivo ci ha permesso di fare esperienze molto interessanti nel campo della pedagogia musicale. Per esempio la figura 3 mostra lo spartito di un brano musicale composto ad Albi, in Francia, da un gruppo di bambini di età compresa tra 8 e 10 anni.

*2. Sviluppi della ricerca al CEMAMU.* Attualmente la ricerca al CEMAMU tende a potenziare il sistema esistente, ed è orientata in due direzioni distinte.

Una direzione è la costruzione di un processore specializzato nel trattamento del segnale per la produzione sonora in tempo reale; l'altra è la concezione di un sistema basato su un calcolatore più potente e capace quindi di gestire altri tipi di trattamento, come "Array Processor" e trattamento di immagine.

*2.1. Processore specializzato.* Il processore specializzato è un sistema modulare costituito da un controllore e da un numero variabile di unità di trattamento (Fig. 4). La sua architettura è stata concepita per permettere di trattare in tempo reale delle informazioni provenienti da un sistema come l'UPIC.

Tutte le unità possono comunicare con l'UPIC attraverso un interfaccia MULTIBUS, e sono collegate tra di loro tramite *bus* locali.

*2.1.1. Controllore.* Il controllore (Fig. 5) si occupa della gestione dei parametri che cambiano lentamente nel tempo, come la frequenza e l'intensità o l'inviluppo.

Le memorie permettono di conservare i parametri caratteristici di circa 300 oscillatori e la loro evoluzione nel tempo. Un *timer* locale, più un'unità di misura del tempo associato ad ogni oscillatore permettono di calcolare ad ogni istante i parametri di frequenza e di intensità da fornire ad ogni oscillatore.

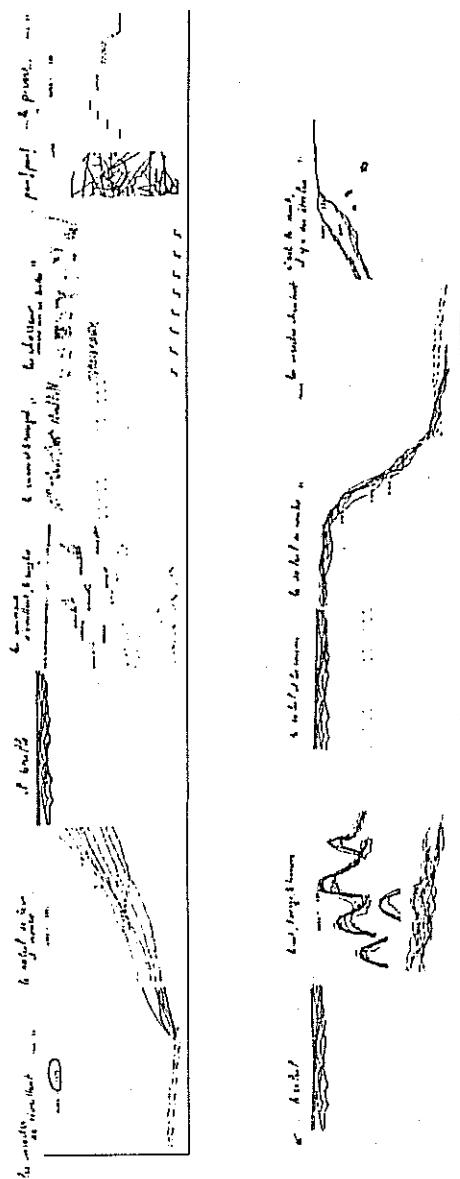


Figura 3 - Pagina di musica realizzata da bambini di età compresa tra 8 e 10 anni.

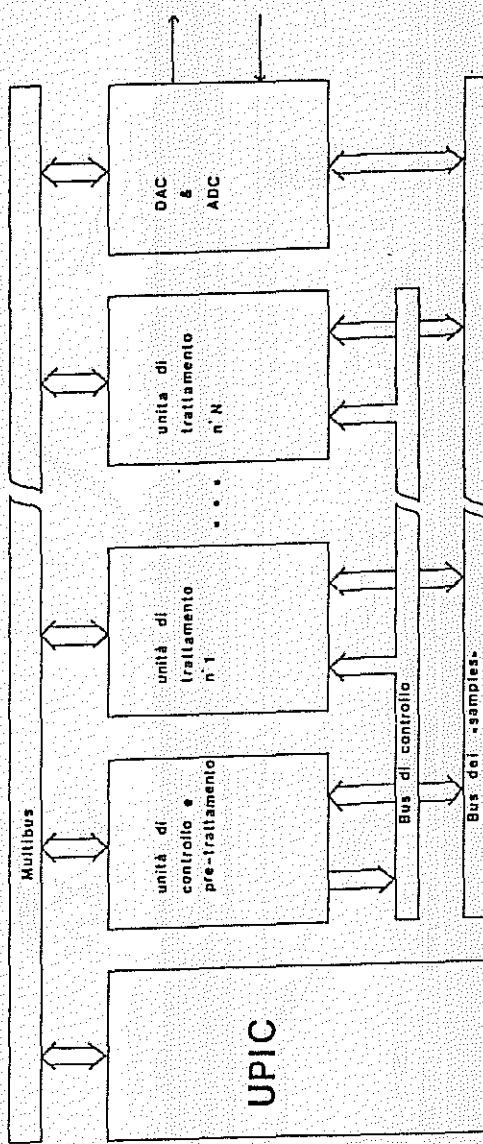


Figura 4 - Schema del Processore specializzato realizzato al CEMAMU.

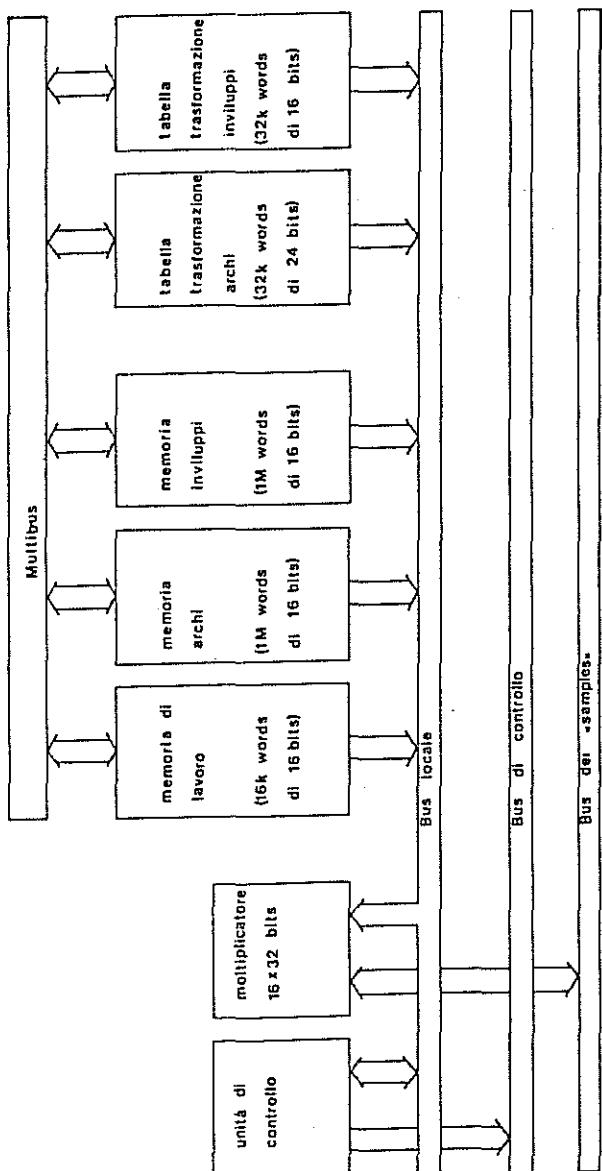


Figura 5 - Schema del Controllore.

Questi parametri vengono inviati, tramite il *bus* di controllo, alle unità di trattamento per il calcolo dei "samples".

I *samples*, accumulati per canale su 28 bits, ritornano nel controllore tramite l'apposito *bus*, per essere modulati in ampiezza ed essere inviati ai DAC. 16 Canali sono previsti nel sistema completo, ciascuno con un involucro indipendente.

2.1.2. *Unità di trattamento.* L'unità di trattamento (Fig. 6), ha la funzione di produrre i campioni secondo i parametri forniti attraverso il *bus* di controllo. Essa è costituita da un blocco generatore di fase, con possibilità di modulazione di frequenza, una memoria per le forme d'onda (256 kilo Words, divisibili fino a 256 forme d'onda da 1024 Words), un moltiplicatore per la modulazione di ampiezza e di un modulo per l'accumulazione su 28 bits.

L'accumulazione è fatta per canale, su uno dei 16 possibili, secondo i parametri propri all'oscillatore. Ogni unità di trattamento tiene conto del risultato proveniente dall'unità successiva.

Ogni unità di trattamento può trattare circa 70 oscillatori. Poiché un controllore è in grado di fornire parametri per circa 300 oscillatori, 5 unità di trattamento indipendenti possono essere collegate ad un unico controllore.

2.1.3. *Gestione dinamica dei dati.* Ovviamente l'unità di controllo può essere alimentata in dati per nuovi oscillatori mentre continua a fornire parametri alle unità di trattamento, e i parametri stessi possono essere modificati in maniera dinamica durante la produzione dei campioni; la flessibilità di questa gestione dinamica è limitata solamente dalla velocità del calcolatore di controllo.

2.2. *Nuova generazione dell'UPIC.* Per poter profittare il più possibile dei vantaggi offerti dal tempo reale e per poter introdurre nuove forme di trattamento nel sistema UPIC, il CEMAMU si interessa alla concezione di una macchina basata su un calcolatore più potente di quello utilizzato attualmente.

Questa nuova versione sarà basata su un mini computer HP 9000 fornito dalla società Hewlett-Packard, sulla base di un accordo di collaborazione concluso recentemente.

La configurazione prevista è mostrata in figura 7: oltre alle periferiche grafiche e al processore di segnale, esso potrà controllare un "array processor" e un sistema di trattamento di immagine.

La realizzazione di questa nuova configurazione procede in parallelo con la costruzione del processore di segnale, e dovrebbe essere terminata, per essere messa a disposizione dei musicisti, entro l'inizio del 1987.

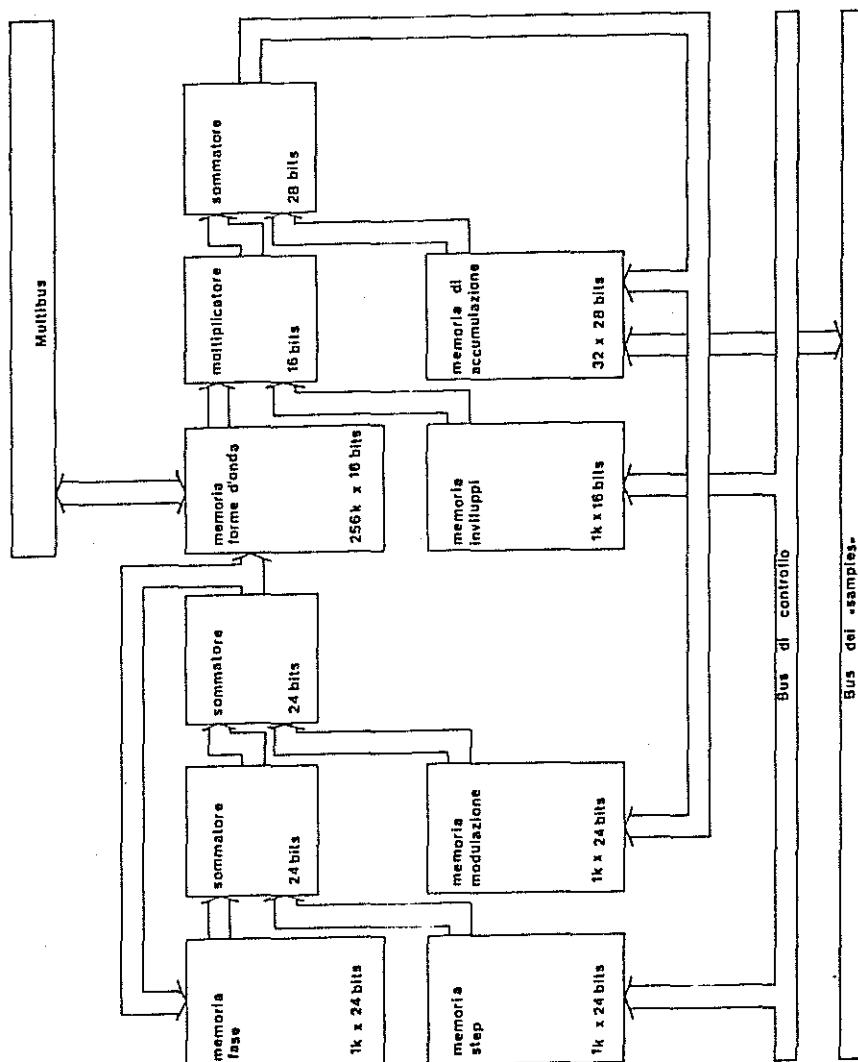


Figura 6 - Schema dell'Unità di elaborazione.

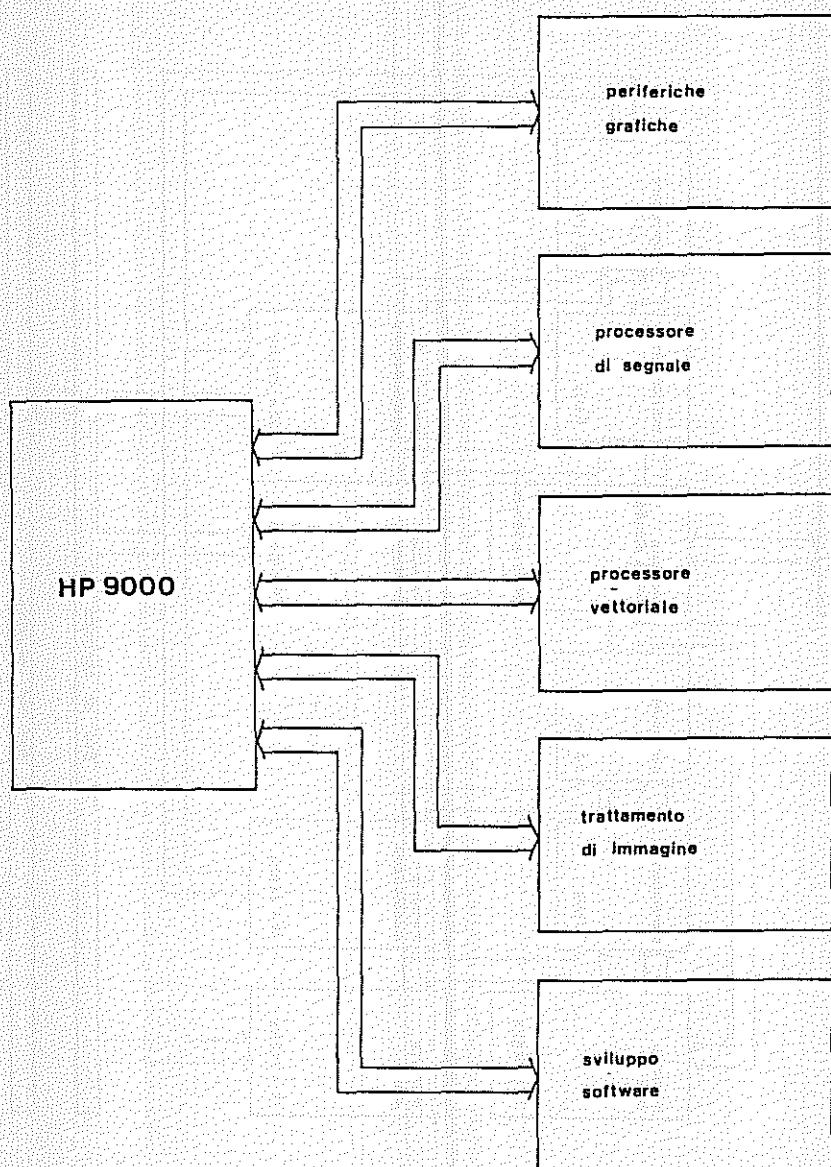


Figura 7 - Nuova generazione dell'UPIC.

## **L'attività in corso di sviluppo presso la Società di Informatica Musicale di Roma**

Nicola Sani

*Società Informatica Musicale - SIM srl, Roma*

La SIM Srl si è costituita nel Dicembre '83 ed è attualmente la prima struttura privata in Italia, dedicata alla ricerca e produzione di *computer music*, nonché alle applicazioni dell'elaborazione digitale dei segnali al campo audio.

Include lo Studio di Informatica Musicale, già operativo a Roma come laboratorio di ricerca e produzione di *computer music* (Galante 1982, Galante-Sani 1982). È formata da uno staff interno di 5 musicisti e ricercatori, cui si aggiungono altrettanti collaboratori esterni sui vari progetti della struttura.

I finanziamenti della Società provengono interamente da strutture private. Molti sono i rapporti di collaborazione con Enti pubblici e di ricerca.

Per quanto riguarda la musica, la SIM dispone di uno studio attrezzato in cui sono disponibili i sistemi appositamente progettati e realizzati dai ricercatori interni. Si tratta di sistemi per la sintesi digitale in tempo reale basati sull'impiego del DSP TMS 32010 della Texas Instruments.

Tali strumenti sono:

– *Soft Machine*: un potente sistema modulare multiprocessore interfacciato a *Personal Computer* Olivetti M24. Il sistema è configurabile, con possibilità di mettere in parallelo 8 boards SPU 02 basate su DSP TMS 32010. *Soft Machine* permette di realizzare sintesi, acquisizione ed elaborazione del suono in tempo reale. Il sistema è completamente gestibile via *software*, con le seguenti tipiche prestazioni: 240 oscillatori a frequenza di campionamento 16 KHz, singola precisione; 120 oscillatori a frq. di campionamento 32 KHz, singola precisione; possibilità di acquisizione con *buffer* di memoria veloce fino a 128 Kbyte. DAC e ADC a 16 bit per ogni singola board.

– *System FLY*: un sistema per la sintesi e l'esecuzione in tempo reale, basato su DSP TMS 32010, interfacciato con *Personal Computer Apple 2*. Controllabile via *Software*.

– *Msys 7*: un sistema basato sulla gestione di partiture sonore via *MIDI* per *Pc Olivetti M24* e *IBM* compatibili, completo di *hardware*.

re MIDI originale.

— Spu 03: un sintetizzatore su singola *board* collegato a *home computer* Commodore 64 e 128, basato su Dsp TMS 32010. Sistema di piccolissime dimensioni, permette di realizzare 16 oscillatori sinusoidali e 8 voci FM indipendenti a frq. di campionamento 16 KHz con possibilità di controllo totale via *software*. Convertitori DAC a 12 bit.

Nello Studio di produzione musicale sono disponibili le seguenti attrezature:

- Registratore OTARI 8 tracce;
- Registratore TEAC 3440 4 tracce con DBX;
- Registratore REVOX PR99 2 tracce;
- Registratore a cassette 2 deck AiWA;
- Unità di riverbero digitale Yamaha;
- Console di missaggio 20×8;
- Amplificatore finale PIONEER;
- Altoparlanti Ev-Sentry 500.

Relativamente all'attività musicale, la SIM realizza concerti, seminari e produzioni anche in collaborazione con altre strutture tra le quali: "Musica Verticale", l'Ami, lo IASM (Istituto per l'Assistenza allo Sviluppo del Mezzogiorno), l'ISMEZ, il Cndim, le facoltà di Fisica, Matematica e Ingegneria dell'Università di Roma, il Teatro Comunale di Modena, la fondazione Barattelli de L'Aquila, l'Oser (Orchestra Sinfonica dell'Emilia Romagna), la RAI, la SBP-CGE.

Lavori prodotti e realizzati dalla SIM sono stati eseguiti in Italia e all'estero.

Le attività di ricerca e produzione musicale della SIM sono state illustrate in numerose trasmissioni radiotelevisive della RAI, ed in particolare in:

- Radiouno - Audiobox, Speciale SIM;
- Rete 3 Tv - Serie Delta Informatica;
- Rete 3 Tv - Musica e Computer.

Altro aspetto della SIM è la ricerca nel settore dell'elaborazione digitale dei segnali. A tutt'oggi sono stati sviluppati sistemi relativi a:

- strumenti musicali digitali;
- sintesi, analisi, comunicazione del segnale vocale;
- applicazioni nel campo della telefonia (Dtmf, VOCODERS ecc.).

Dal 1985 la SIM ha concluso un accordo tecnico-commerciale con la Texas Instruments Italia Spa, in base al quale viene riconosciuta come centro avanzato di *know-how* sulle applicazioni di tecnologie avanzate quali: Dsp, microprocessori, progettazione e sviluppo di circuiti *semicustom*. Il settore Dsp collabora con strutture quali: Centro Ricerche FIAT-Torino, Italtel-Milano, Italspazio-Roma.

In particolare, con il Dipartimento INFOCOM della facoltà di Ingegneria dell'Università di Roma – La Sapienza, è in corso una collaborazione per la realizzazione di una tesi di laurea sul tema “Un sistema numerico per la sintesi del suono in tempo reale, controllato da *Personal Computer*” di Stefano Piattella.

La strumentazione informatica della SIM consiste in:

- 2 Pc M24 Olivetti con 2 *floppy disk* e 256 k *byte* di RAM;
- 1 Pc M24 Olivetti con 2 *floppy disk*, *winchester* da 30 *Mbyte* e 640 *kbyte* RAM;
- 1 Pc Apple 2e con 2 *floppy disk*;
- *Minicomputer* TI 990/10 con tre terminali in linea e 10 *Mbyte* di memoria su disco;
- Sistemi di sviluppo XDS e EVM per DSP TMS 32010, con scheda di conversione AIB 320.
- Sistema di sviluppo per microprocessori TMS 7000.

*Appartenenti alla struttura.* La SIM è formata da: Giorgio Nottoli, Lindoro Massimo Del Duca, Nicola Sani, Francesco Galante, Michelangelo Lupone.

## **Un sistema per la spazializzazione del suono**

M. Bagella, E. Cocco, P. Marrama, S. Petrarca  
STREAM, *Studio per la ricerca elettroacustica musicale*

Lo studio per la ricerca elettroacustica musicale si è formato a Roma per iniziativa di alcuni musicisti già da tempo operanti in varie realtà nel campo della *computer music*.

L'impegno dei componenti lo studio è principalmente volto verso l'uso del *computer* e degli strumenti affini per la ricerca nel campo dei linguaggi contemporanei finalizzati alla composizione musicale elettroacustica.

Per lo sviluppo di ciò, particolare rilievo viene dato a discipline quali la Psicoacustica, la Matematica, l'Elettronica, l'Informatica e tutti i campi di ricerca affini.

Una particolare attenzione è rivolta alla progettazione e l'uso di tecnologie dedicate al potenziamento dell'indagine psicoacustica che si presta ad essere usata come una possibile nuova grammatica musicale nella scelta del suono e quindi di fondamentale ausilio al compositore.

La ricerca in corso riguarda il controllo in tempo reale del movimento del suono nello spazio.

È questo un campo di interesse totalmente nuovo che prende le mosse dalle ricerche ormai storiche di Chowning e che si pone come ulteriore parametro di controllo del suono.

La ricerca esposta viene effettuata tramite il sistema "DEDALOG" progettato e realizzato interamente dai membri del gruppo.

Esso è composto da:

- una parte *hardware* costituita dalla scheda "DEDALOG" e da un *microcomputer* opportunamente interfacciato;
- una parte *software* consistente di tre programmi diversi: un *Editor* della partitura delle ampiezze e degli spostamenti un *Compilatore* che traduce la partitura precedentemente scritta tramite l'*editor* convertendola in partitura operativa

un Programma di Esecuzione che in base ai dati contenuti nella partitura operativa controlla tutto il sottosistema *hardware*.

L'intero sistema è modulare ed è stato pensato per essere espandibile a piacere a più sorgenti e a più canali.

Il principio usato per la simulazione del movimento è quello di mandare la sorgente da muovere su più punti diversi modulando opportunamente le ampiezze relative a ciascun punto.

Con questa scheda è possibile muovere su otto altoparlanti quattro sorgenti sonore contemporaneamente.

Come si può vedere dalla figura 1 servono 40 segnali (5 *bytes*) provenienti dal microprocessore per controllare DEDALOG.

Due *bytes* ed esattamente dodici *bit* sono utilizzati per il controllo dell'ampiezza.

Si può quindi decidere di far variare l'ampiezza in un ambito di 4096 *steps*.

Un *byte* controlla le selezioni degli otto *latches* che memorizzano i dati per il DAC corrispondente.

Altri 8 segnali servono per selezionare uno tra gli 8 *latches* che memorizzano i dati che riguardano la parte *mixer*.

L'ultimo *byte* seleziona le uscite degli *switches* analogici facendo uscire sul canale desiderato la sorgente desiderata.

Ciascuna sorgente viene manda a due DAC del sistema.

Le due uscite dai DAC della stessa sorgente sono modulate in ampiezza in maniera opportuna ed entrano nella parte mixer su tutti gli *switches* analogici i quali a seconda della selezione fanno o non fanno arrivare il segnale sul canale corrispondente.

I programmi di sostegno al sistema DEDALOG sono stati realizzati in modo tale da essere facilmente usati anche da compositori non esperti in calcolatori.

La notazione per inserire nel *computer* i dati riguardanti la partitura è abbastanza semplice.

Il compositore può prendere i dati da inserire per mezzo del programma di *editor* direttamente dalla sua partitura delle ampiezze.

Come si può vedere dalla figura 2 la partitura delle ampiezze si sviluppa in genere con in ascissa il tempo e in ordinata l'ampiezza relativa della voce al tempo indicato in ascissa.

Al programma compilatore basta comunicare i punti in cui l'ampiezza cambia tendenza.

Facendo riferimento alla figura 2 si può analizzare lo sviluppo di parte della partitura inserita per mezzo dell'*editor*.

Nella linea 1 tra i due asterischi c'è il numero della voce a cui si riferiscono i dati che seguono.

Nella riga 2 la T sta ad indicare tempo mentre la A sta ad indicare ampiezza; guardando la linea 2 si vede immediatamente che al tempo 0. secondi si vuole un'ampiezza di 0001 (in pratica il silenzio) e che questa situazione sarà localizzata nel canale numero 1.

SCHEMA A BLOCCI SPAZIALIZZATORE 4X8 DEBALOG 1

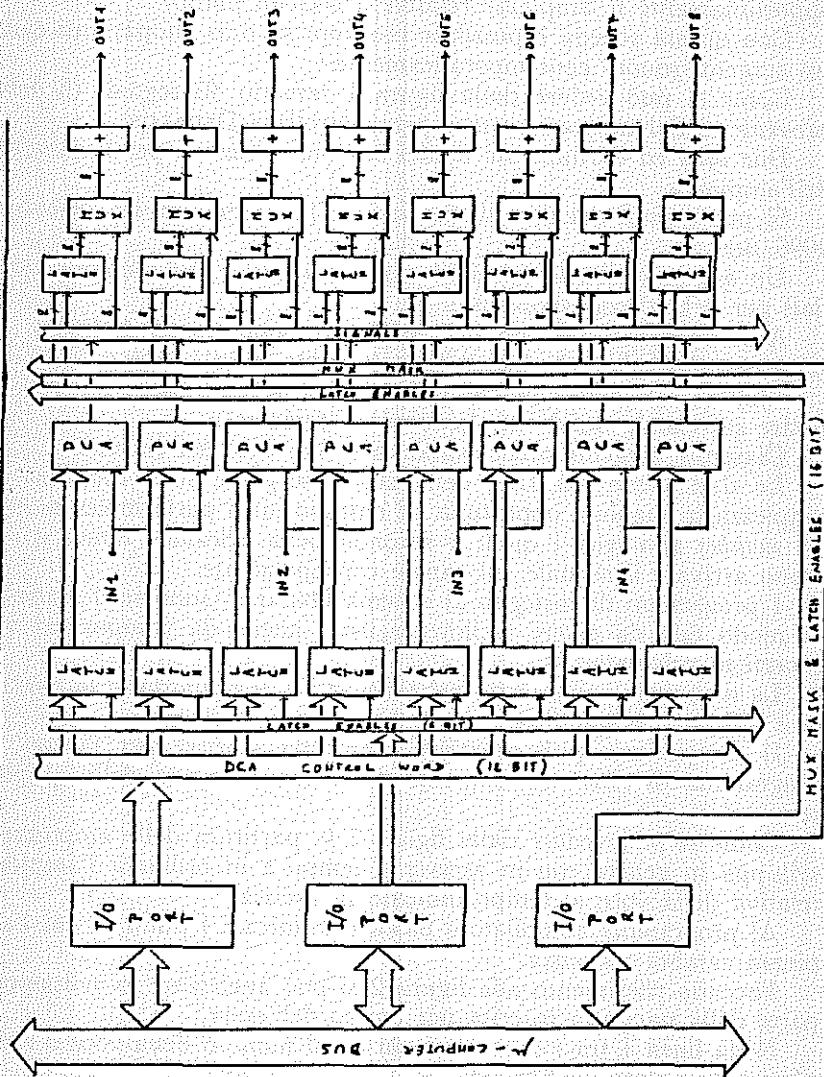
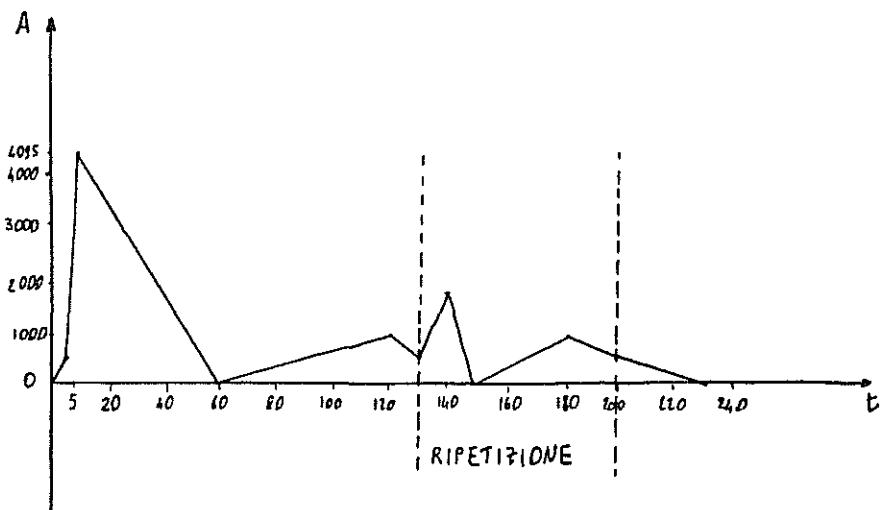


Figura 1



```

*1*
T=0000. A=0001. 00000001
T=02.34 A=0511. 00000010
T=5.     A=4094. 00000100
T=60.    A=0001. 00100000
T=120.   A=1000. 11111111
R
T=130.   A=0500. 10000000
T=140.   A=2000. 01000000
T=150.   A=0001. 00100000
T=180.   A=1000. 00010000
T=200.   A=0500. 10000000
F
T=230.   A=0001. 00000001
T=240.   A=0001. 00000000
*E*

```

*Figura 2*

La selezione del canale avviene per mezzo degli 8 ultimi simboli di ogni riga.

Il simbolo 0 vuol dire assenza di quella situazione da quel canale mentre 1 è presenza dell'avvenimento di quella riga sul canale il cui numero è identificato dalla posizione in cui si trova l'1.

Per esempio quello che succede alla riga 2 è localizzato nel canale numero 1 perché contando da destra a sinistra la posizione dell'uno è proprio al primo posto.

Quello che c'è sulla riga 3 invece sarà localizzato nel canale 2 in quanto la posizione del simbolo 1 indica presenza sul canale 2.

Sempre sulla riga 3 si vede che quella situazione si avrà all'istante 2.34.; nell'intervallo di tempo che va da 0. a 2.34 ci sarà una situazione di transizione che gradualmente porta dalla situazione della riga 2 a quella della riga 3.

Tale graduale transizione darà la sensazione del movimento della sorgente sonora dal canale 1 al canale 2 in un tempo di 2.34 secondi.

È possibile inserire ripetizioni di sequenze nella partitura.

Si vede dalla figura 2 che queste sequenze sono limitate dalla lettera R e dalla lettera F inserite isolate sulle righe della partitura; l'effetto sarà quello di ripetere la sequenza compresa tra R e F fino a che il compositore non interverrà per far continuare la partitura premendo un pulsante.

Questo effetto può essere utile nelle esecuzioni dal vivo con sorgenti sonore non preregistrate e consentono al compositore di variare la durata della partitura.

La fine della partitura è poi contrassegnata dalla lettera E tra due asterischi; di seguito con le stesse modalità è possibile inserire la partitura delle altre voci.

La partitura una volta scritta è memorizzabile su supporti magnetici in modo tale da poter eventualmente essere modificata in un secondo tempo.

Il programma che trasforma i dati scritti per mezzo dell'*editor* nei dati per il programma di esecuzione una volta lanciato è in grado di fornire oltre alla traduzione vera e propria dei dati anche una serie di diagnostici che aiutano l'operatore a trovare eventuali errori contenuti nel testo.

Esistono 16 tipi di errori rilevabili che permettono di trovare rapidamente sia errori di battitura che errori tipo *overflow* ecc.

Il programma di esecuzione è la fase finale di tutte le operazioni eseguite fino a questo punto.

Una volta pronti i dati dopo la traduzione si può andare in esecuzione; il programma di esecuzione contiene alcune opzioni che permettono ad esempio di seguire passo passo tutte le operazioni che vengono eseguite dal DEDALOG per rapidamente scoprire eventuali parti non corrispondenti come idea compositiva a quello che effettivamente si voleva fare.

Durante l'esecuzione se in partitura sono presenti ripetizioni di sequenze è possibile interagire variando ad ogni esecuzione la durata della partitura.

*DEDALOG 2.* Dopo il primo prototipo ne è stato realizzato un altro fatto più specificatamente per essere usato dal vivo. Questa seconda macchina è stata costruita per permettere il movimento di due sorgenti su 4 altoparlanti.

A differenza del primo prototipo qui il *computer* è integrato nella scheda *DEDALOG* e le partiture non sono predeterminate dall'operatore ma esistono 16 sequenze ripetitive fisse per ogni voce.

In pratica è un prodotto pronto per l'uso e la principale caratteristica è quella di poter accelerare e decelerare i movimenti delle sorgenti agendo su pulsanti; la scelta delle sequenze è determinata sempre per mezzo di pulsanti.

Le sequenze sono tutte concatenabili tra loro cioè premendo il pulsante relativo alla sequenza che si vuol scegliere la stessa viene selezionata e usata da quel momento in poi per spazializzare le sorgenti sonore.

Alcuni esempi di sequenze implementate su *DEDALOG 2* sono visibili in figura 3.

Il senso di scorrimento della voce è riconoscibile dal verso delle frecce.

I quattro punti all'angolo dell'immaginario quadrato rappresentano gli altoparlanti.

Con le stesse sequenze è possibile ottenere effetti completamente diversi variando la disposizione dei quattro altoparlanti.

Esiste inoltre un programma per poter generare sequenze personalizzate ed è in via di realizzazione un *software* che permette di stabilire una partitura di sequenze limitando l'intervento dell'esecutore a variazioni più facilmente effettuabili.

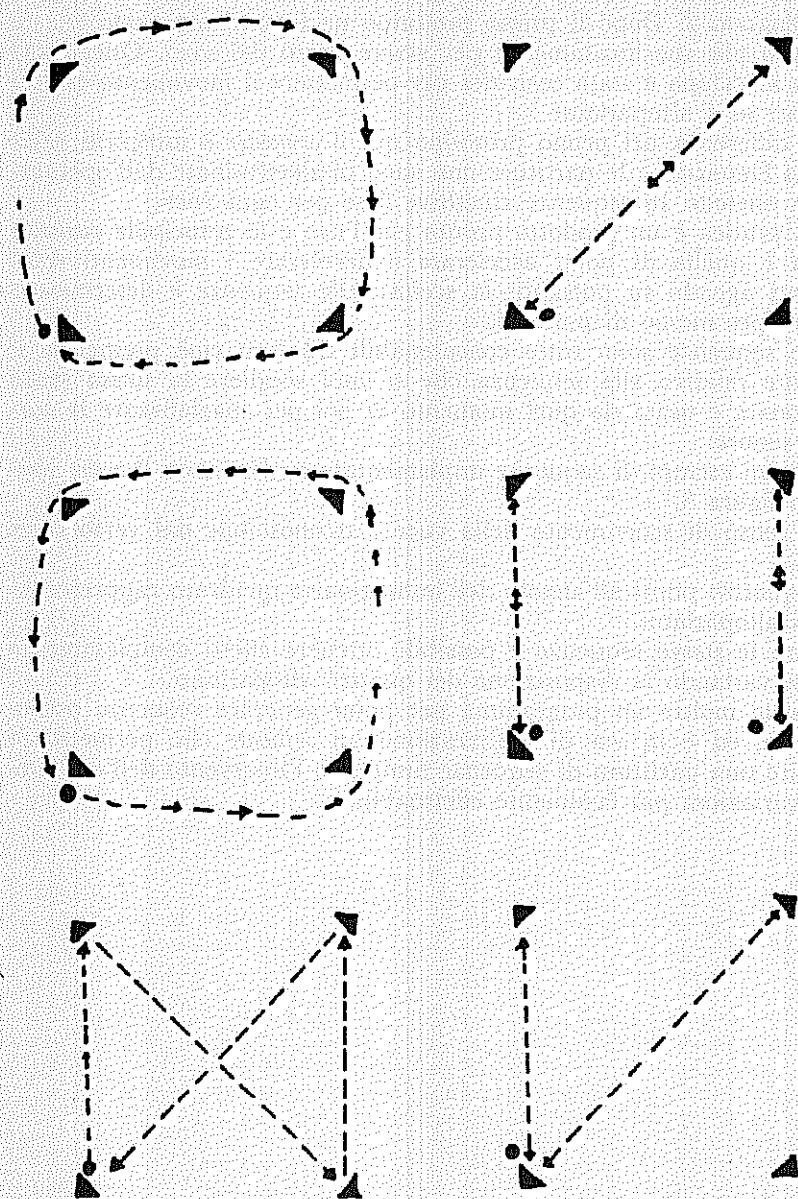


Figura 3

## **Studi sulla telematica musicale**

G. Nencini

*RAI Firenze, collaboratore esterno CNUCE*

P. Grossi, L. Tarabella

*CNUCE-CNR, Pisa*

G. Bertini

*IEI-CNR, Pisa*

*Sommario.* In questa relazione vengono esposte le motivazioni che hanno mosso il Reparto di Informatica Musicale del CNUCE ad intraprendere una razionalizzazione delle modalità di effettuazione dei collegamenti remoti svolti finora con il sistema di *computer Music TAUMUS-TAU2*, utilizzando le possibilità offerte dall'attuale tecnologia.

Si è chiamata "Telematica Musicale" l'insieme delle attività connesse allo sviluppo di metodologie e di sistemi adatti alla fruizione remota e in multi-utenza di risorse concernenti l'Informatica musicale.

Si riportano alcuni principi base di funzionamento del servizio sperimentale di Telematica Musicale, le modalità di accesso al servizio stesso ed un cenno ai primi risultati ottenuti.

*Introduzione.* Il Reparto di Informatica Musicale del CNUCE è da tempo impegnato nelle attività didattica e dimostrativa sia locale a Pisa sia con collegamenti remoti, mediante l'utilizzo del sistema TAUMUS-TAU2 /1/2/. La possibilità di comandare l'esecuzione di brani musicali da postazioni remote è consentita dalla particolare architettura che vede il TAU2 collegato "on-line" al sistema di calcolo con le stesse modalità di una qualunque altra periferica, e dal servizio di data-processing del CNUCE che rende possibile l'accesso al sistema attraverso la Rete-Sip.

Perciò la realizzazione delle performances richiede due tipi di collegamento con Pisa, il primo riguardante il terminale TTY per l'accesso al sistema, ed il secondo per la trasmissione del segnale audio generato dal TAU2 presso la sede remota della dimostrazione.

Dall'interesse dimostrato da enti esterni quali scuole di musica ed associazioni culturali verso questa attività, si sentiva in ogni caso l'esigenza di snellire le metodologie realizzative delle manifestazioni remote, verso una realizzazione di un servizio che consentisse l'accesso in tempo reale ed in multi-utenza all'archivio dei brani musicali

ed all'insieme dei programmi di elaborazione disponibili presso la nostra sede.

È oggi possibile prospettare un servizio vero e proprio di Telematica Musicale soprattutto in considerazione di realtà di fatto esistenti e disponibili quali:

1. messa in funzione della rete di calcolatori EARN-BITNET che attualmente collega tra loro più di 800 centri di calcolo in tutto il mondo;
2. esistenza sul territorio nazionale della rete telefonica Sip ITA-PAC, dedicata alla trasmissione dati;
3. la presenza sul mercato di *personal computers* con prestazioni orientate anche alla trattazione di segnali audio.

*Principi di funzionamento.* Studiando le possibili caratteristiche di questo servizio, ci si è orientati all'uso di stazioni di lavoro con vari livelli di prestazioni, che esplichino le funzioni di collegamento remoto con il sistema centralizzato e l'esecuzione di musica locale: tali stazioni di lavoro comprenderanno essenzialmente un *personal computer* con funzioni di terminale e di un sintetizzatore locale controllato dallo stesso *personal computer*.

Una schematizzazione dell'architettura di un tale servizio è mostrata come in figura 1.

Per quanto riguarda i collegamenti si è deciso per il momento di utilizzare la rete EARN-BITNET, cosicché un qualsiasi utente della rete stessa possa collegarsi con il CNUCE di Pisa ed accedere alle risorse

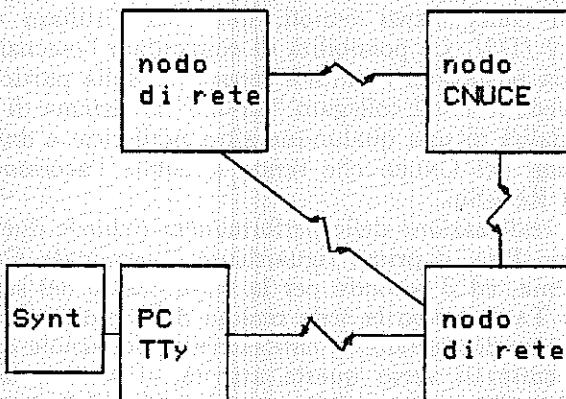


Figura 1

del sistema: le modalità di accesso sono in particolare quelle relative al sistema operativo VM.

*Il Teletau.* Il primo risultato degli studi relativi al progetto di servizio telematico multi-utenza, è il "Teletau" /3/ progettato per essere operante sul nodo ICNUCEVM della rete EARN-BITNET (macchina virtuale Music3).

La filosofia operativa dei comandi del Teletau si ispira al già citato sistema TAUMUS, dal quale ha per il momento derivato alcune caratteristiche interne: numero delle voci, trattamento delle timbriche ecc.

Il Teletau accetta richieste dagli utenti del servizio, organizzati sotto forma di *files* con  *filetype SOURCE* (testi sorgente), oppure *OBJECT* (testi oggetto), oppure *RUN* (*files* di comandi).

I comandi ammessi sono al momento un sottoinsieme dei comandi del TAUMUS e cioè interrogazioni di archivio, elaborazioni di varia natura sui testi forniti dall'utente o prelevati dall'archivio stesso, analisi musicologiche, invio di testi; per ogni comando è poi disponibile una funzione di "Help" che illustra le modalità d'uso connesse.

I risultati dei comandi ricevuti vengono automaticamente rispediti all'utente remoto che ha fatto le richieste, ancora sotto forma di *files* che egli può utilizzare in vario modo in relazione del tipo di stazione di lavoro di cui dispone. Il modo di operare del Teletau è riassunto nel diagramma di flusso della figura 2.

Una volta che l'utente abbia ricevuto sulla propria macchina virtuale il risultato delle elaborazioni richieste, se la stazione di lavoro di cui è dotato è costituita dal solo terminale TRY, può soltanto visualizzare tali risultati come ad esempio per le informazioni di "help", indagini di archivio, visualizzazione dei testi sorgente e/o oggetto ecc.

Se invece la stazione di lavoro è completa, e cioè PC + sintetizzatore, questo potrà trasferire un testo oggetto dalla macchina virtuale all'apparato di sintesi, e quindi "suonare" il testo ricevuto.

*Risultati sperimentali.* Un primo esperimento ufficiale del servizio di Telematica Musicale è stato effettuato nel Giugno '85 presso il Teatro del Ridotto durante la manifestazione "La luce a Venezia" dove, la stazione di lavoro era costituita semplicemente da un Commodore 64 ed un *modem* per trasmissione dati su normale linea telefonica commutata, il quale si comportava sia da terminale remoto del VM del sistema di Pisa, che come esecutore sonoro locale /4/.

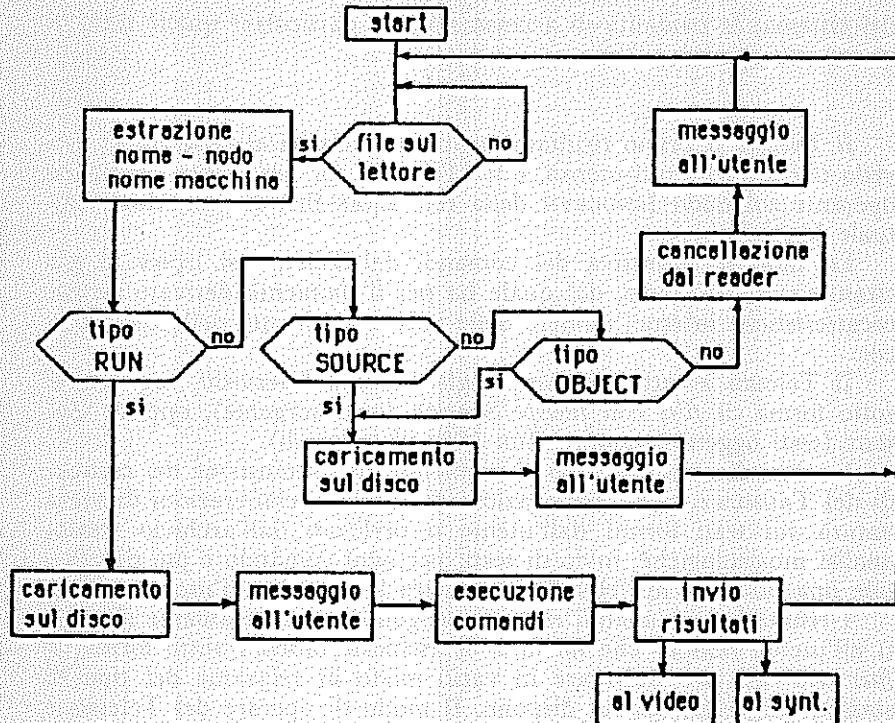


Figura 2

Altre prove per lo sviluppo del *software* del servizio vengono di solito eseguite presso il Conservatorio Statale di Musica L. Cherubini di Firenze, che è collegato, via *modem* e rete cittadina SIP con il Centro di calcolo dell'Istituto di Documentazione del CNR (nodo IFIDG della rete EARN).

I risultati ottenuti, anche se solo parziali e sperimentali, incoraggiano tuttavia a proseguire sull'argomento, allargando e meglio precisando gli obiettivi a medio e a lungo termine, tra i quali si sono identificati i seguenti punti:

- ampliamento del set di comandi del Teletau
- realizzazione di uno standard di codifica dei testi musicali per poter essere utilizzati da stazioni di lavoro con caratteristiche di produzione sonora diverse tra loro (apparecchiature Yamaha, Fairlight, ecc.)
- ampliamento dell'archivio dei brani musicali.

*Esempio di accesso al servizio.* Per avere notizie sullo stato dei lavori, un qualsiasi utente in rete, può editare sulla propria macchina virtuale un file xxx RUN (xxx = filename generico) contenente l'unica linea:

SENDME STATO TELETAU

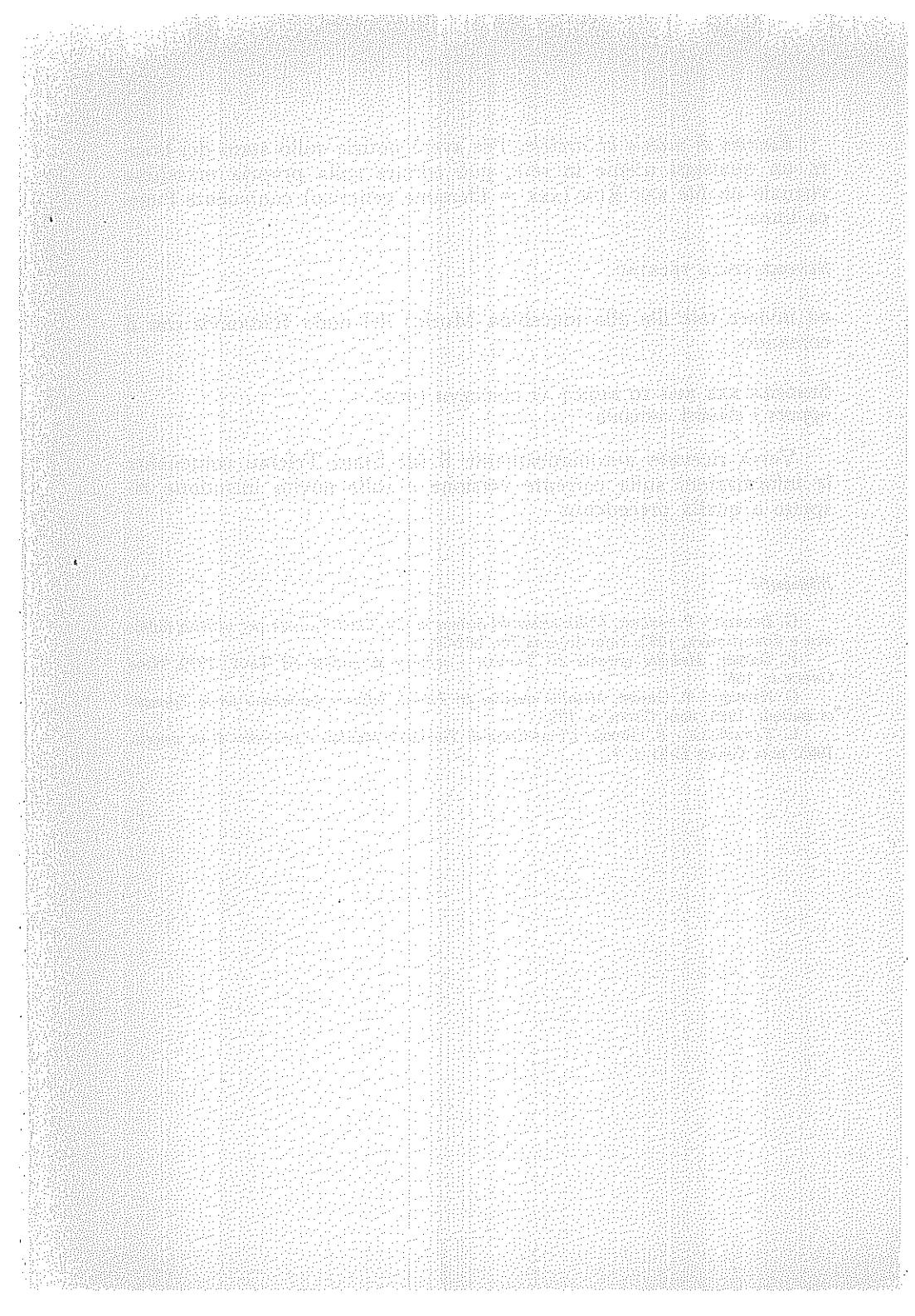
ed inviare tale file alla macchina Music3 del nodo ICNUCEVM con il comando

SENDFILE XXX RUN TO MUSIC3 AT ICNUCEVM (OLD)  
oppure i classici comandi

Verrà ricevuto automaticamente il file Stato Teletau contenente le informazioni sulla corrente versione e sulle novità introdotte rispetto a quella precedente.

#### *Bibliografia*

- G. BERTINI - P. GROSSI, *Utilizzazione del Sistema di CM TAU2-TAUMUS per attività didattica e dimostrativa*, 1982, Nota Interna Iei, b82/20.  
P. GROSSI, *Modalità operative del TAUMUS - software di gestione del TAU2*, 1979, Nota CNUCE n. 158.  
G. NENCINI - P. GROSSI, *Modalità operative del Teletau; software sperimentale per la Telematica musicale*, 1985, nota CNUCE n. 199.  
L. TARABELLA - P. GROSSI, *Un'esperienza di Telematica Musicale e prospettive di un servizio*, 1985, nota CNUCE C-85 n. 7.



# Sessione: HARDWARE E SISTEMI

---

## Una nuova architettura per un sintetizzatore digitale di suoni

M. Rubbazzer, M. Santoiemma, G.A. Patella  
Csc, *Università di Padova*

Sulla base delle precedenti esperienze nel campo dell'analisi e sintesi digitale di segnali<sup>1</sup>, è stata sviluppata una nuova architettura per un processore sonoro digitale con interessanti caratteristiche.

Alcune di queste caratteristiche sono:

1. uscita polifonica con 8 voci, cioè si possono suonare fino a 8 note contemporaneamente;
2. timbrica assegnabile separatamente a ciascuna voce;
3. allocazione dinamica delle voci, cioè ogni assegnazione di parametri timbrici a ogni voce può essere cambiata in tempo reale durante la sintesi del suono;
4. uscita digitale seriale stereofonica per i DAC;
5. lunghezza del campione di uscita fino a 15 bit per le 8 voci. Questa lunghezza è estendibile a 18 bit in caso di parallelamento di più processori per supportare fino a 64 voci per ogni canale d'uscita;
6. metodi di sintesi attualmente previsti ed implementati: tabulare, sottrattiva, modulazione di ampiezza, di frequenza e ad anello, distorsione non lineare;
7. generatore interno di rumore pseudo-aleatorio;
8. bus di ingresso a 8 bit con basso data rate, di facile controllo da parte di ogni microprocessore;
9. possibilità di tremolo, vibrato e portamento assegnabili separatamente a ogni voce;

<sup>1</sup> v. *Architecture for a digital signal processor*, G.B. Debiasi e M. Rubbazzer, Numero e Suono Icmc 1982.

10. possibilità di controllo dinamico della tastiera (velocità e pressione "after-touch");

11. possibilità di collegamento in cascata di più processori.

Come si deduce dalle caratteristiche sopra riportate, è possibile usare il processore come generatore di suoni presetati (in tastiere tipo organo) oppure come base per complessi sintetizzatori programmabili. Il processore può altresì essere utilizzato come interfaccia sonora per personal o mini elaboratori, per esempio in sistemi per la *computer music*, essendo visto, dal calcolatore come una qualsiasi periferica.

La differenza più grande fra questo processore e i suoi predecessori sta nella sua architettura. Infatti, è composto da due unità indipendenti: una di controllo e una di sintesi. Questa scelta è stata fatta per minimizzare il carico a cui si trova sottoposto il processore esterno per comunicare col dispositivo di sintesi.

Di fatto questo fino ad ora è stato un grosso problema, vista l'alta velocità di trasmissione richiesta. Con questo processore, l'elaboratore o il microprocessore di controllo deve inviare solamente una breve sequenza di *bytes* di dati, la cui lunghezza è variabile in dipendenza dal tipo di comando spedito. Lo spacchettamento e il riordinamento dei dati è fatto dall'unità di controllo, sotto controllo di un opportuno microprogramma su ROM. I parametri per la sintesi così ottenuti sono comunicati all'unità di sintesi vera e propria, e ciò implica la sincronizzazione del microprogramma dell'unità di controllo sia col processore esterno, sia con l'unità di sintesi.

Anche l'unità di sintesi agisce sotto il controllo di microprogrammi, la cui lunghezza è fissa (ciò permette di generare una frequenza di campionamento costante dividendo il master clock del processore). I microprogrammi sviluppati coprono i metodi di sintesi standard, ma è prevista la possibilità di inserire ulteriori procedure.

È prevista una memoria ROM con una capacità di 8 k parole per memorizzare tabelle. Grazie all'aritmetica interna ad interpolazione, si può ottenere un'ottima qualità di suono pur con tabelle molto corte (al massimo di 128 parole). I microprogrammi includono anche filtri digitali tempo-varianti, per ottenere una gamma di prestazioni sonore ancora più ampia.

La capacità di calcolo dell'unità di sintesi è di circa 10 milioni di operazioni al secondo. Essa è specializzata per lavorare con algoritmi di sintesi sonora e comprende una unità aritmetica e logica, un moltiplicatore, *shifter*, registri particolari, RAM, ROM e così via.

Per arrivare a questa potenza di elaborazione, si è fatto largo uso di tecniche, come l'elaborazione in parallelo e il *pipelining* e di strutture hardware specializzate.

Lo scopo di questo lavoro è di integrare il processore in un unico Dip chip a 40 piedini di basso costo. Il progetto, in fase di avanzato sviluppo, è stato patrocinato dalla Sgs Ates Semiconduttori SpA di Milano.

## **Un sistema di sintesi basato sull'uso di "semicustom" sviluppati in ISELQUI**

A. Bosetto, E. Guarino

*ISELQUI, Ancona*

Si illustra una tecnica di sintesi basata sull'uso degli integrati progettati in ISELQUI. Alla descrizione di 2 integrati (Bi e Bo), segue la presentazione del sistema realizzato.

Nella configurazione attuale esso prevede l'impiego di un Bi (Blocco Integratore) come selettore di tabelle di memoria, temporizzatore e selettore di canale; sono usati, inoltre, 4 Bo (Blocco Oscillatore) come generatori di fase, altri 4 Bo come generatori di inviluppi a rampe lineari, di una logica di selezione di taglia della pagina di memoria, di un blocco moltiplicatore-accumulatore  $14 \times 12$  e, infine, della consueta sezione di conversione digitale-analogico (DAC).

Il sistema, controllato da una CPU basata su micro Z-80 (8 bit), consente una agile gestione in tempo reale di 16 oscillatori ed inviluppi, proprio in virtù degli automatismi realizzati dagli integrati, con tabelle di taglia variabile da 128 a 16k campioni a 16 bit.

L'organizzazione in pagine può non essere omogenea, cioè ogni canale può indirizzare una pagina di taglia diversa.

Un'altra peculiarità del sistema che serve a limitare la degradazione del rapporto S/N anche con tabelle brevi, è l'algoritmo di interpolazione lineare implementato con un'ALU e un moltiplicatore utilizzando le parti intera e frazionaria della fase.

Con questa tecnica, la brevità delle tabelle può limitare la banda, ma il rumore di quantizzazione è contenuto.

Come frequenza di campionamento, abbiamo optato per lo standard "CD" (44.1 KHz), a cui si sono adeguati i costruttori di ADC e DAC, rendendo disponibili dispositivi a 14-16 bit (seriali) a prezzi molto contenuti.

1. *Struttura generale del sistema.* Per esigenze di sviluppo il sistema è allacciato con un VAX-785 dal quale si possono velocemente caricare dati, tabelle e programmi per la CPU; basta però sostituire queste RAM con delle comuni EPROM per svincolarsi dall'*host computer*.

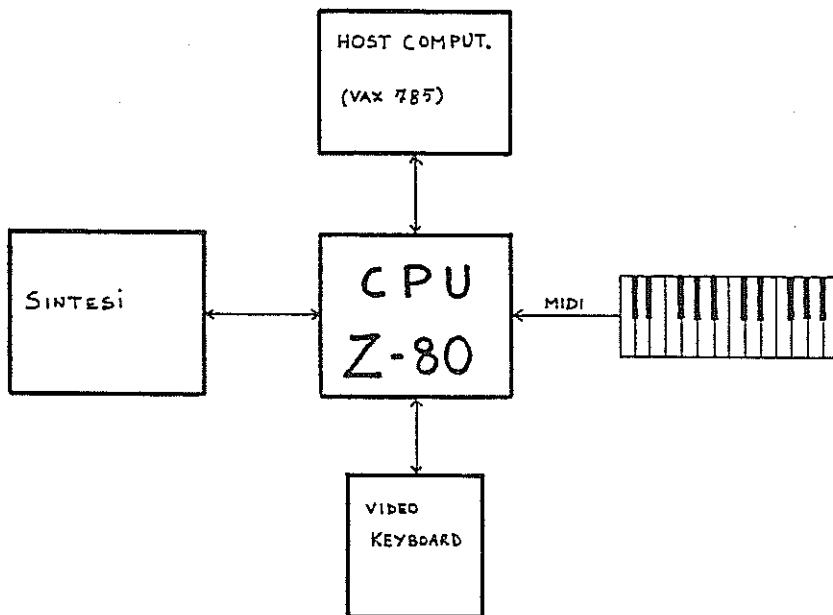


Figura 1 - Sistemi comunicanti con la CPU.

La CPU, inoltre, è corredata di un *monitor* locale, che consente il controllo da terminale di tutto il sistema (Fig. 1).

Una via alternativa per il controllo è rappresentata da un'interfaccia MIDI.

La sintesi su 16 canali è virtualizzata nel tempo, cioè ciascun periodo di campionamento ( $\sim 22.67 \mu s$ ) è suddiviso in 16 intervalli (*time-slots*) di circa  $1.4 \mu s$ , ognuno dei quali viene utilizzato per il calcolo del campione relativo ad un canale.

È opportuno che una descrizione più dettagliata del blocco di sintesi (Fig. 2) sia preceduta da una breve esposizione delle funzionalità degli integrati, realizzati entrambi in tecnologia CMOS – 3 *micron*.

2. *Semicustom BI* (Blocco Integratore). Questo integrato funge da configuratore del sistema: esso contiene un doppio banco di registri di dimensione  $16 \times 12$  nei quali la CPU può trasferire i descrittori di canale: un *byte* per la RAM timbri e un *nibble* per l'assegnazione di oscillatore, ma qualsiasi distribuzione è possibile (Fig. 3).

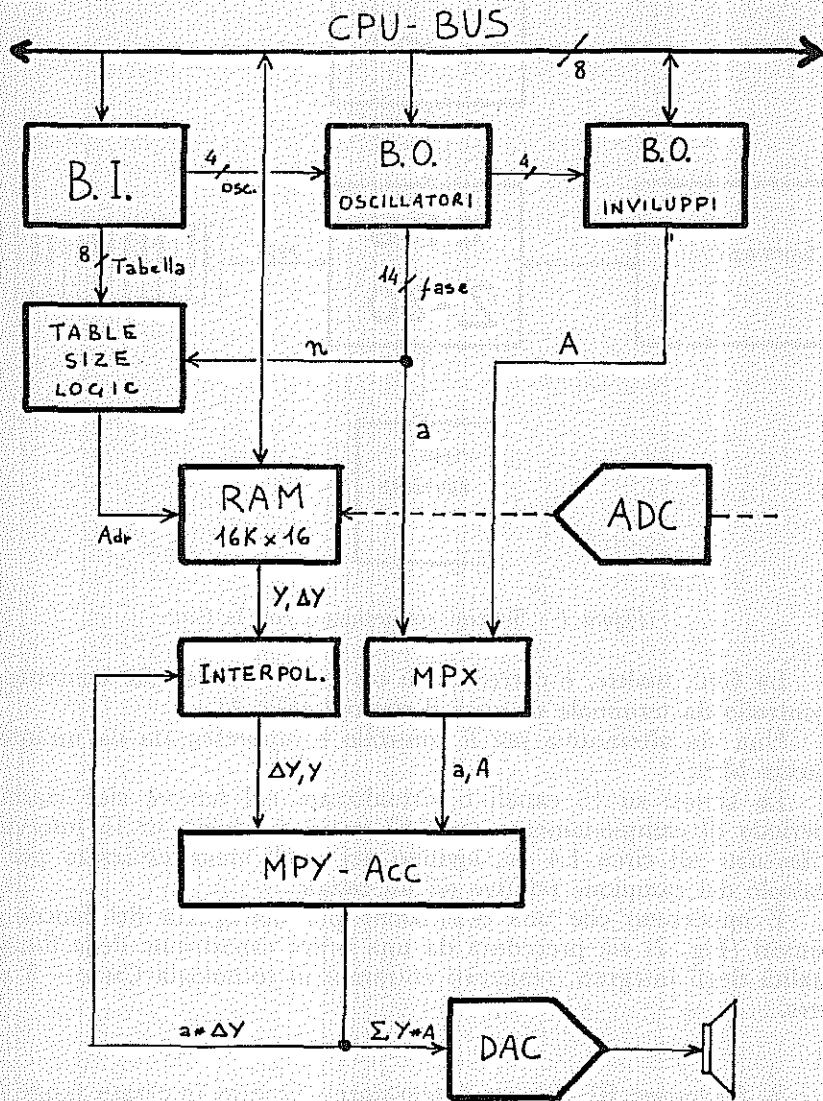


Figura 2 - Schema a blocchi della sezione di sintesi.

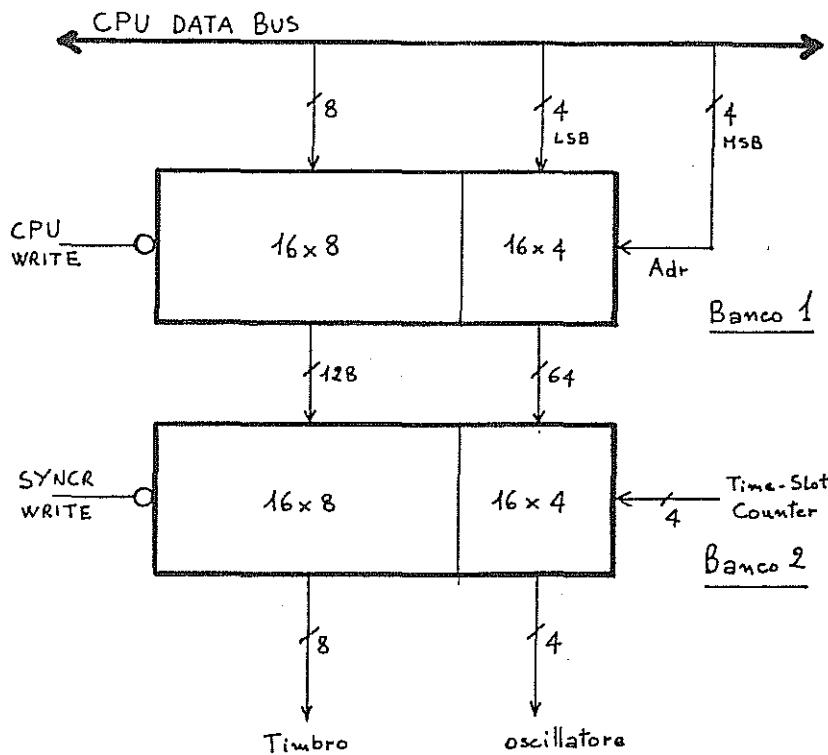


Figura 3 - Schema a blocchi del B1.

La struttura a doppio banco è necessaria per attuare cambi di configurazione sincroni: essa consente di predisporre una nuova configurazione nel primo banco e trasferirla nel secondo in corrispondenza di un segnale di sincronismo.

Ad esempio, è opportuno che un cambio di timbro avvenga in corrispondenza del passaggio per lo "0" allo scopo di salvare la continuità del segnale in uscita; altrettanto dicasi per un accoppiamento di due timbri sullo stesso oscillatore (con peso variabile nel tempo per creare una timbro-varianza granulare); in entrambi i casi si può usare come segnale di sincronismo il "carry-out" dell'oscillatore che rivela l'attraversamento dello zero da parte della forma d'onda.

Il Bi, inoltre, genera tutti i segnali di controllo per la temporizzazione del sistema (Fig. 4):

- Cck (clock di campionamento);
- TCK (clock di Time-slot);
- Ick1, Ick2 (segnali con fronti programmabili).

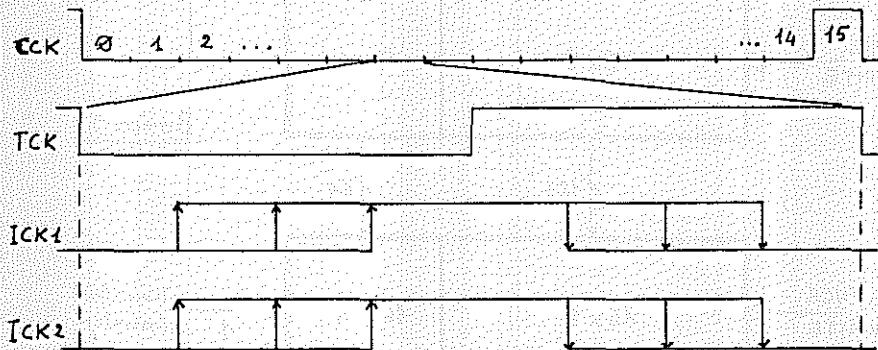


Figura 4 - Segnali generati dal Bi.

Infine, esso produce un codice a 3 bit in funzione del numero di canali attivi, aggiornato ad ogni periodo di Cck.

Questo codice è utilizzato per la compressione e la espansione del segnale prima e dopo il DAC (cfr. par. 6).

3. *Semi-custom BO (Blocco Oscillatore)*. Il Bo contiene (Fig. 5) 3 files di registri per 4 canali: accumulatori, incrementi e valori di fine-rampa.

In uscita viene presentato il valore corrente dell'accumulatore del canale indirizzato, mentre l'aggiornamento dei valori viene effettuato in "back-ground", cioè in maniera del tutto trasparente rispetto alle uscite.

Questo integrato ha 2 modi di funzionamento:

- modo 0: generatore di fase;
- modo 1: generatore di inviluppo;

nel modo 0 è usato come generatore di indirizzi per accesso alla memoria forme d'onda secondo la formula;

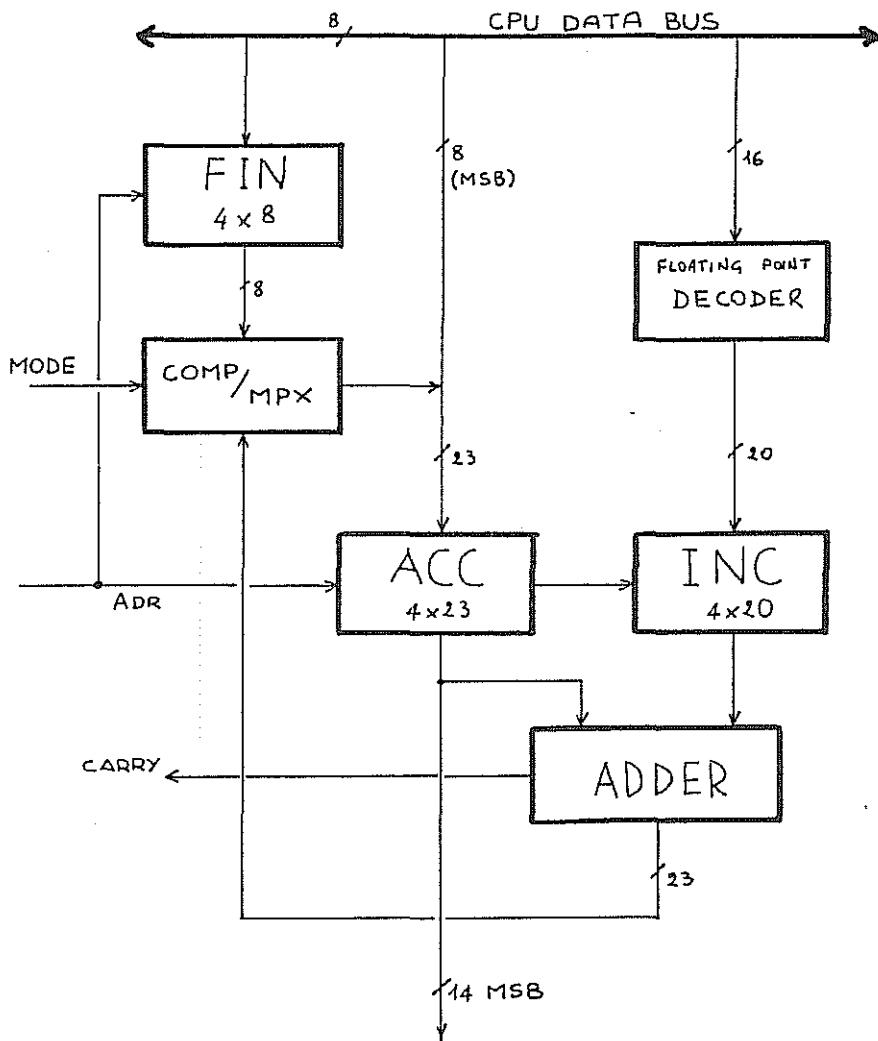


Figura 5 - Schema a blocchi del Bo.

$$\text{Acc}(n + 1) = \text{Acc}(n) + \text{Abs}(\text{Incr}) \quad [\text{senza overflow protect}]$$

l'uscita costituisce pertanto una funzione numerica a dente di sega la cui pendenza è proporzionale al valore di *Incr*, e che, inviato come indirizzo alla memoria timbri, produce una lettura della forma d'onda con frequenza proporzionale al valore di *Incr*.

È disponibile in uscita anche la segnalazione di "carry" che viene usata per rivelare lo "zero crossing".

Nel modo 1 l'incremento è interpretato come un numero in complemento a 2 ed il comparatore espleta la funzione di "clipping":

$$\text{Acc}(n + 1) = \text{Acc}(n) + \text{Incr} \quad [\text{con overflow protect}]$$

La protezione di *overflow* agisce tanto sugli estremi quanto sul valore di fine rampa; in pratica tale valore viene ricopiatato in "Acc" e un *interrupt* viene generato non appena si verifica una delle seguenti condizioni:

- $\text{Incr} > 0 \ \& \ \text{Acc}(n + 1) > \text{Fin}$
- $\text{Incr} < 0 \ \& \ \text{Acc}(n + 1) < \text{Fin}$

La CPU accede ai registri di controllo degli integrati dal suo *bus* direttamente, come su porte I/O; in particolare per ogni Bo controlla i seguenti registri:

R0	Data Ms	Write only
R1	Data Ls	Wo
R2	Interrupt Mask	R/W
R3	Control Word	Wo

L'aritmetica interna del *chip* è a 23 bit, ed il valore dell'incremento si scrive in forma esponenziale (Fig. 6), il che consente di operare sulla frequenza con una definizione percentuale costante.

Adottando una frequenza di campionamento di 44.1 KHz (lo standard *Compact Disc* al quale ormai conviene adeguarsi) si hanno i seguenti limiti inferiori e superiori per la frequenza (modo 0) ed il tempo (modo 1):

0001 hex	$f(\text{min}) = 44\text{KHz}/2^{23}$	$\sim 5.5 \text{ mHz}$
FFFF hex	$f(\text{max}) = 44\text{KHz}/2^3$	$\sim 5.5 \text{ KHz}$
0001 hex	$t(\text{max}) = 22.7 \text{ usec} \times 2^{23}$	$\sim 180 \text{ sec}$
FFFF hex	$t(\text{min}) = 22.7 \text{ usec} \times 2^4$	$\sim .36 \text{ msec}$

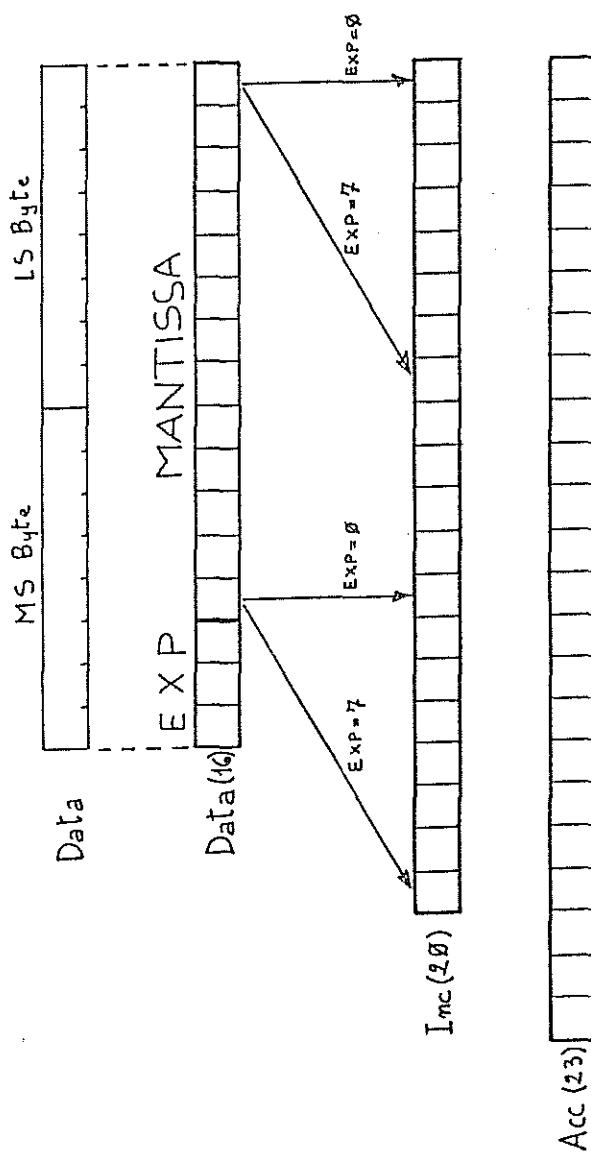


Figura 6 - Decodifica dei dati dalla forma esponenziale.

4. *Organizzazione della RAM.* La RAM timbri ( $16k \times 16$ ) è organizzata in tabelle di lunghezza variabile e programmabile dal *byte* di selezione del timbro del BI: questo viene interpretato da un "encoder" per selezionare la lunghezza e l'indirizzo base di tabella:

Bi-output	RAM-tables	bit di fase
[ X = adr ]	N. $\times$ lgth	n a
1 X X X X X X X	128 $\times$ 128	7 7
0 1 X X X X X X X	64 $\times$ 256	8 6
.	.	.
0 0 0 0 0 0 1 X	2 $\times$ 8 k	
0 0 0 0 0 0 0 1	1 $\times$ 16 k	14 0

5. *Interpolazione tra campioni.* L'impiego di tabelle brevi (128) è consentito dalla tecnica di interpolazione automatica che migliora il rapporto S/N specie alle basse frequenze.

L'equazione che regge tale algoritmo è:

$$Y = Y(n) + a * [Y(n+1) - Y(n)]$$

in cui "a" rappresenta la parte frazionaria della fase.

La sequenza di operazioni necessarie è:

- un doppio accesso in RAM per la lettura di  $Y(n)$ ,  $Y(n+1)$ ;
- la sottrazione dei 2 campioni consecutivi:  $Y(n+1) - Y(n)$ ;
- la moltiplicazione per la parte frazionaria della fase "a";
- l'addizione al campione  $Y(n)$ .

Tutti i campioni vanno poi moltiplicati per l'ampiezza dell'inviluppo "A" e accumulati per la conversione.

Tutte le operazioni descritte vengono eseguite con una sola ALU ed un solo moltiplicatore, in divisione di tempo.

6. *Espansione-compressione della dinamica.* Un'altra tecnica, usata per ottimizzare le prestazioni del sistema è l'espansione e la compressione del segnale prima e dopo la conversione analogica, allo scopo di sfruttare sempre al massimo la dinamica del DAC.

Ad esempio, se sono attivi tutti i canali, alla fine dell'accumulazione dei campioni il risultato è normalizzato a sinistra e sono superflue entrambe le operazioni; se invece sono attivi 2 soli canali, il risultato viene moltiplicato per 8 (o meglio, shiftato di 3 posti) prima di essere inviato al DAC la cui uscita analogica viene attenuata in proporzione inversa dopo la conversione.

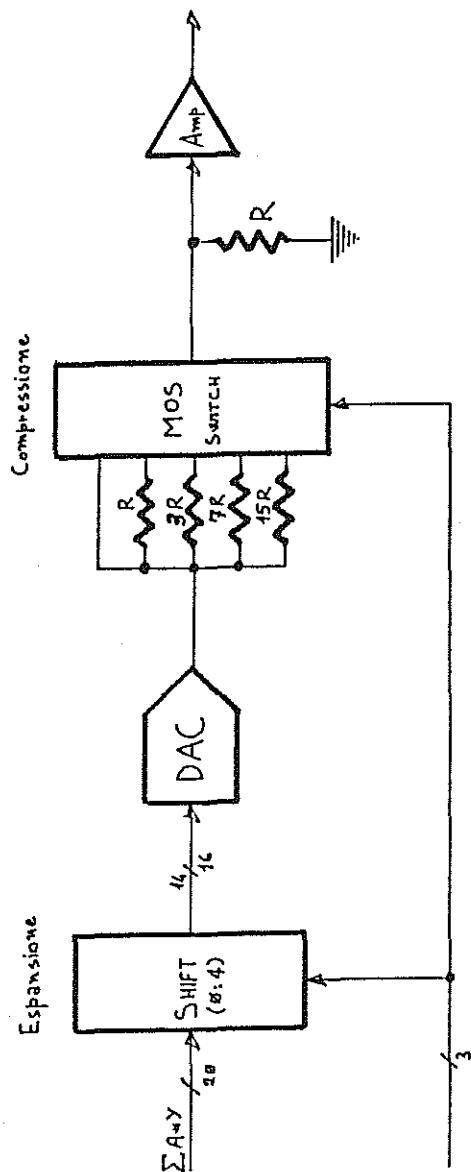


Figura 7 - Schema a blocchi del compressore/espansore di dinamica.

Tali operazioni sono semplicemente realizzabili con uno *shift-register*, già previsto per il caricamento seriale del DAC, e con una rete di partituri resistivi, selezionati tramite *switch* lineari (Fig. 7).

Il codice relativo alla configurazione di compressione ed espansione è fornito dal Bi che lo genera in funzione del numero di canali attivi.

7. *Possibili sviluppi.* Il sistema attualmente realizzato è virtualmente in grado di implementare una semplice procedura di acquisizione, previa connessione di uno o più ADC e uso del Bu come generatore sincrono di indirizzi.

Nella configurazione descritta, con RAM di  $16k \times 16$ , si può acquisire per una durata di:

- 5.8 sec a 44 KHz
- 11.6 sec a 22 KHz
- 23.2 sec a 11 KHz

L'area di memoria indirizzabile, comunque, può essere accresciuta fino a  $2^{**}26$  (64 Mega *words*).

Per il futuro prossimo, grazie alle nuove tecnologie di integrazione (CMOS - 2 micron), stiamo già lavorando ad una nuova versione del Bo ancora più performante e con 16 canali in un *chip*, con una riduzione dei costi di un fattore 4.

## System fly

Michelangelo Lupone

SIM, Società Informatica Musicale, Roma

Il Fly è stato progettato e realizzato con lo scopo di giungere ad un sistema-laboratorio che, dedicato alla composizione ed esecuzione musicale, permettesse anche di intervenire in modo sperimentale sulle strutture algoritmiche di sintesi e di controllo. Il progetto, tenuto conto delle specifiche di flessibilità indispensabili alla sperimentazione, ha individuato una tecnologia il cui costo risultasse opportuno alla fascia di utenza del *personal computer*. Proprio questa caratteristica ha richiesto il maggior impegno progettuale perché il contenimento economico del sistema ha implicato una precisa delimitazione delle specifiche d'uso ed una adeguazione puntuale, soprattutto nell'uso in tempo reale, della progettazione *software* alle caratteristiche *hardware*. Con questo intendo dire che per ottenere delle prestazioni adeguate il *software* è stato progettato in relazione diretta con la velocità di calcolo e la struttura del Fly, ciò ha implicato, ad esempio, valutazioni sulle precisioni numeriche utilizzate, in base anche allo spazio di memoria occupato e/o il tempo di calcolo.

Ciò che risulta a mio avviso importante è, però, la totale possibilità di riconfigurazione della struttura *software*, ed è ciò che maggiormente risulta utile ad una sperimentazione sia musicale che scientifica.

Il sistema per sua natura si propone come un flessibile laboratorio di *signal processing*, di cui l'utilizzazione musicale non è che un aspetto particolare; avvalendosi poi di un principio di modularità si propone a richiesta di prestazioni anche più gravose.

La figura 1 mostra i blocchi essenziali del sistema, cioè la configurazione scelta come base per un uso indirizzato alla ricerca, alla composizione ed alla esecuzione in tempo reale.

Al *computer* ospite (IBM o APPLE) è affidata la gestione dei dati in ingresso e la loro conservazione permanente, la gestione delle *routines* di controllo e sincronizzazione dei moduli Fly, la programmazione e scansione della tastiera.

La prima interfaccia realizzata per APPLE ha permesso la comunicazione con due moduli Fly, senza che venissero rilevati problemi

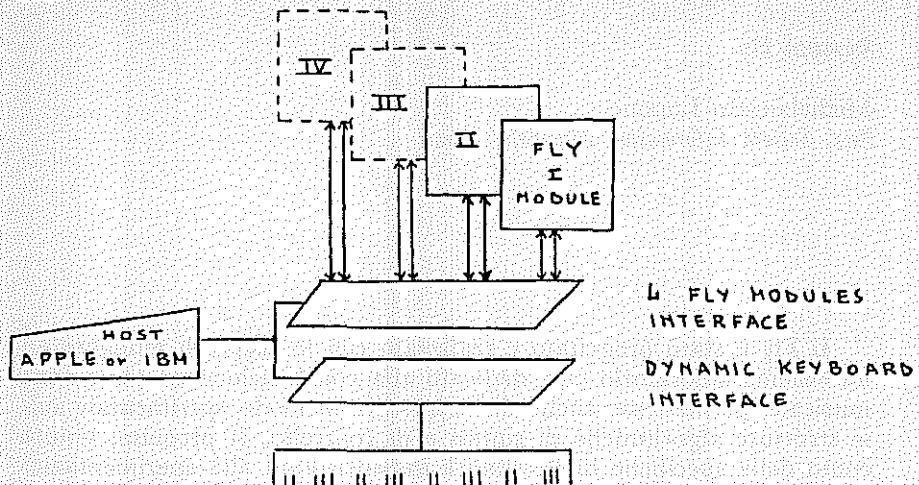


Figura 1

di insufficiente velocità da parte del *computer* ospite; va considerato però che un funzionamento a pieno regime, cioè scansione della tastiera ed assegnazione di venti eventi simultanei, registrazione degli eventi assegnati, controllo ed invio differenziato a ciascun modulo Fly, è al limite dei 10 ms., e per quanto in alcune applicazioni risulti ancora efficiente, non ottimizza delle prestazioni in tempo reale.

La possibilità di utilizzo di un *Pc* di più elevate prestazioni supera questa condizione ed emancipa a quattro moduli il controllo.

La figura 2 mostra i blocchi che compongono il modulo singolo. Sono due sistemi in parallelo, ciascuno formato da una *board* che adatta al processo dei segnali, un convertitore DAC a 12 bit in complemento a due, un filtro passa basso di tipo *butterworth* (quattro celle del 2° ordine) con due frequenze di taglio selezionabili (4.5 KHz - 9.3 KHz).

La *board* di processo è basata sul Dsp TMS 320 e la figura 3 ne mostra la macrostruttura. Si tratta di una *board*, costituita da 25 integrati, realizzata in formato singolo Eurocard facilmente adattabile agli standard *rack*. La presenza del Dsp ha reso possibile l'esigua componentistica ed un conseguente sfruttamento semplificato della logica di controllo.

L'architettura Harvard di questo processore e la struttura dei suoi elementi aritmetici sono alla base della flessibilità del Fly. La ALU è di tipo generale ed il moltiplicatore  $16 \times 16$  bit è in grado di fornire il prodotto in 600 o 800 ns. a seconda delle istruzioni utilizzate, la manipolazione dei dati utilizza un *barrel shifter* nel trasferi-

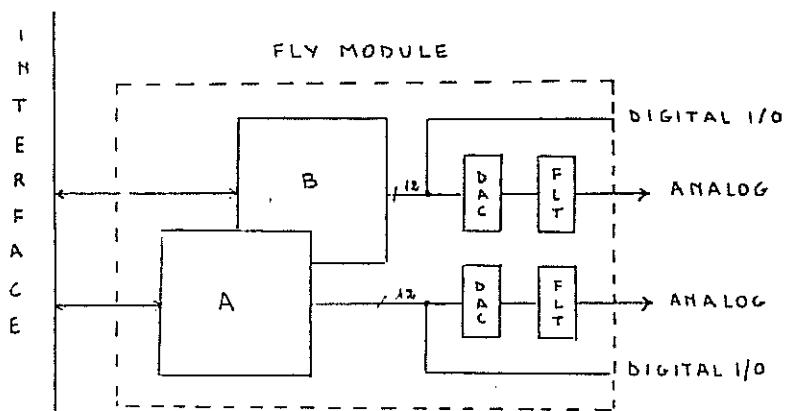


Figura 2

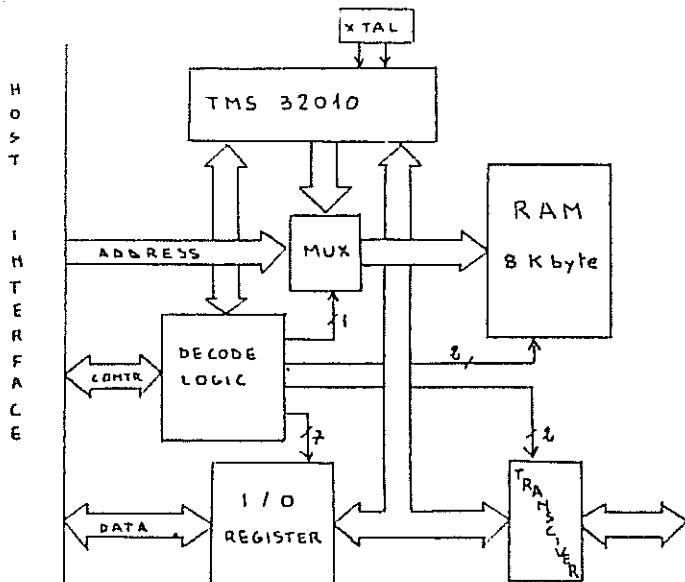


Figura 3

mento dalla Data RAM alla ALU (opera *left-shift*  $0 \div 15$ ) ed un *parallel shifter* (opera *left shift*  $0, 1, 4$ ) allo scaricamento dell'accumulatore. Una RAM statica da 55 ns. è vista dal processore come memoria di programma ed il Fly ne consente l'utilizzazione di 3 *Kwords* per la lettura e scrittura ed 1 *Kword* per la sola lettura (la struttura *software* sfrutta queste mille locazioni per il *Monitor*, la *routine* di *Interrupt*, i dati di inizializzazione).

Quando una *board* è attiva, il *computer* ospite comunica con essa attraverso otto successive locazioni di memoria, ma può accedere direttamente alla RAM in scrittura e lettura, attraverso un *multiplexer* durante lo stato di *Halt* della *board*.

Il DSP utilizzato offre per molti aspetti, caratteristiche di microprogrammazione; questo rende estremamente agile la implementazione di algoritmi ricorsivi, presentando inoltre il vantaggio di un ciclo singolo (200 ns.) per la maggior parte delle istruzioni, sono semplificate le strutture con processi paralleli.

Da questo è derivato un progetto *software* sostanzialmente aperto, ma anche una decisa ottimizzazione del tempo di calcolo in *routines* gravose per il sistema ed una conseguente rappresentazione numerica. In particolare nelle *routines* per l'uso in tempo reale è stata usata un'aritmetica in virgola fissa, ed operazioni in singola precisione mantenendo 16 *bit* di risultato.

L'impostazione, ritenuta opportuna in questa prima fase, del progetto è stata di sperimentare le possibili condizioni d'uso del sistema, cioè quelle procedure su cui maturare non necessariamente un linguaggio, ma un ambiente dove la trasparenza del Fly risultasse sufficientemente elevata per potervi operare con risorse anche minime di programmazione, oppure offrire all'utilizzatore più esperto la possibilità di riconfigurare il sistema per le proprie esigenze espressive e di ricerca.

In questo senso sono state individuate due procedure fondamentali tuttora sottoposte ad analisi e solo parzialmente soddisfatte da risultati sperimentali:

### I) PROCEDURA STATICÀ

L'operatore compone la struttura parametrica

- a) assegna la struttura ai tasti
- ac) esegue alla tastiera la disposizione temporale
- b) assegna la struttura agli eventi di una *Score*
- bb) la fa eseguire automaticamente.

### II) PROCEDURA DINAMICA

L'operatore presenziona ed attiva le funzioni ed i controlli sulle funzioni.

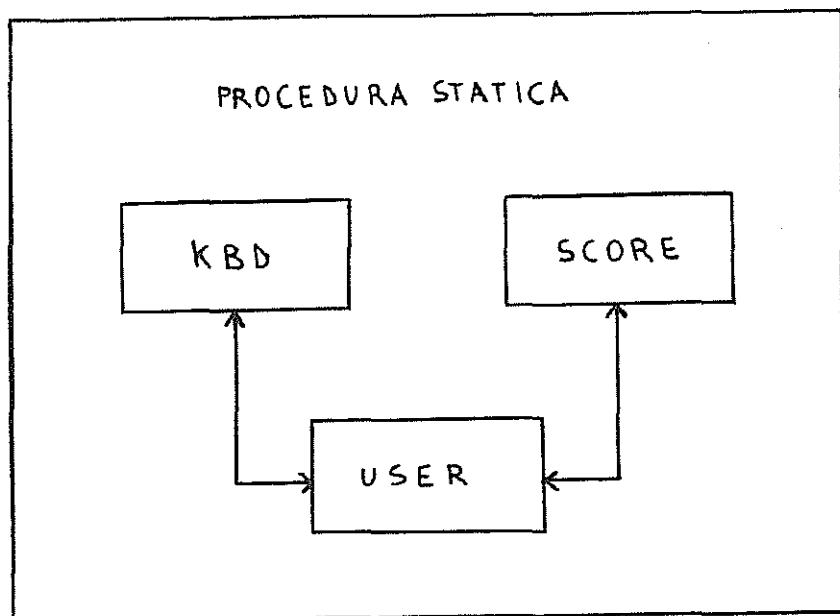
L'operatore, selezionata la funzione di ogni *board*, (4 possibili nel siste-

ma con APPLE) potrà disporre di procedure di attivazione e/o controllo da tastiera distinte su ogni singolo tasto, differenziate dalla velocità di articolazione, per un insieme simultaneo di 20. Con funzioni si estende il concetto ai processi di sintesi (fino a 4 simultaneamente), calcolo di parametri degli algoritmi, controlli di livello superiore come densità, variazione, riferimento, velocità, controlli di device.

Il lavoro fin qui svolto ha soddisfatto solo la Procedura Statica che si è articolata in tre segmenti indipendenti relazionati a coppie. Due segmenti hanno trovato anche una immediata applicazione musicale che ne ha messo in evidenza le potenzialità e gli aspetti di ridondanza.

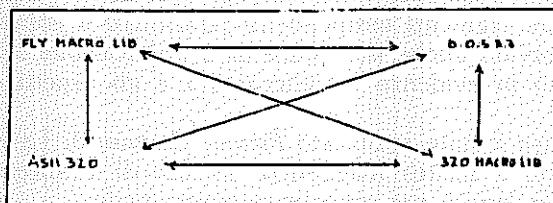
Con questa Procedura è stato realizzato *Presente Continuo* di Laura Bianchini, per clarinetto e nastro magnetico; *Lontano* di Francesco Galante; e *Mira*, un mio lavoro per *computer* in tempo reale.

La figura 4 mostra i segmenti della Procedura statica. I segmenti ultimati sono lo USER e il KEYBOARD.



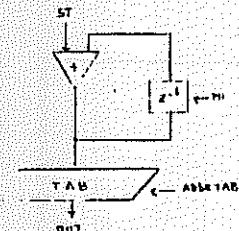
*Figura 4*

## FLY USER



## FLY-MACRO LIB.

DSC



BH ALBP VAL

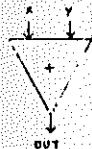


BH ALBP VAL

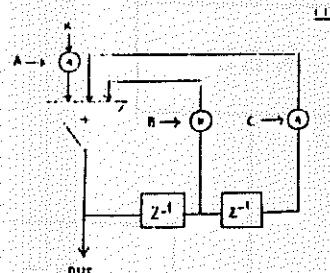
HHL



ADD



LW ALBP VAL



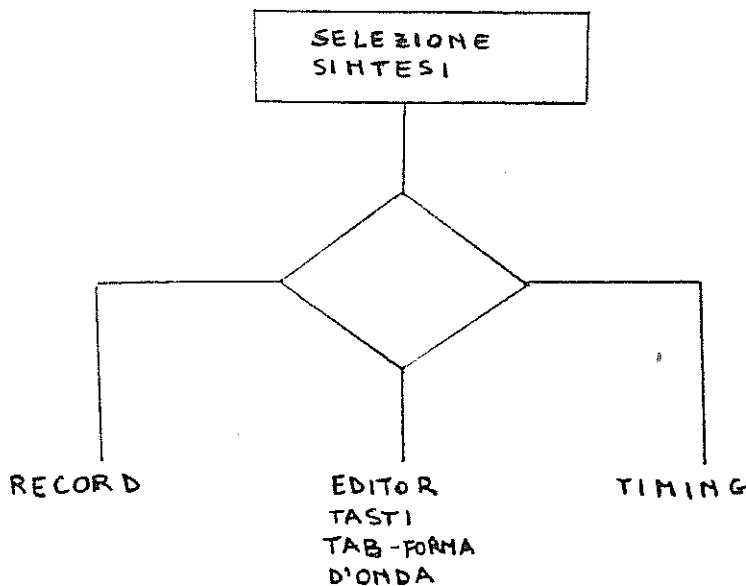
BH ALBP VAL

Figura 5

Lo USER si pone a un livello più basso rispetto agli altri due; è sostanzialmente un ambiente vicino alla macchina e si relaziona all'utente in modo meno rigido ma più complesso da gestire (la figura 5 mostra la struttura macro Fly e le connessioni a diamante tra le parti).

Il segmento USER viene chiamato dai segmenti KBD e SCORE che ne gestiscono i parametri, l'uno in tempo reale, l'altro in tempo diffuso.

Il segmento KBD (Fig. 6) si rivolge all'utente con immediatezza e non richiede come il precedente una gestione della struttura di memoria. La struttura di KBD, realizzata al SIM da Laura Bianchini, è prevista per il massimo rendimento delle strutture di sintesi, per questa ragione presenta una minore flessibilità ma raggiunge una più elevata prestazione in termini di voci simultanee (20 strumenti FM o 40 oscillatori in sintesi additiva o 20 strumenti in AM - 20 KHz di campionamento).



*Figura 6*

*Bibliografia*

- M.V. MATHEWS, *The Technology of Computer Music*, Ed. Mit Press, 1969.
- A.V. OPPENHEIM - R.W. SHAFER, *Digital Signal Processing*, Ed. Prentice Hill, 1975.
- L. DEL DUCA, *Introduzione ai Filtri*, Ed. Quaderni di Informatica Musicale n. 2, S. E. Varese, Pescara.
- S. SAPIR - G. DE POLI, *Verso Music5 in tempo reale: un software per il processore numerico di suoni 4I*, Atti del 5° Colloquio Informatica Musicale Univ., Ancona 1983.
- G. NOTTOLI, *L'unità per l'analisi, elaborazione e sintesi del suono Spu ØI*, Atti del 5° Colloquio Informatica Musicale, Univ., Ancona 1983.

## Sistema di conversione analogico digitale a 16 bit per audio professionale

M. Rubbabzzer, G. Capuzzo  
Csc, Università di Padova

*Sommario.* Si descrivono i principi realizzativi e le prestazioni di un sistema di conversione analogico digitale a 16 bit per audio professionale composto da due unità separate, che effettuano rispettivamente il condizionamento analogico del segnale e la conversione vera e propria. Questo sistema di conversione è stato progettato per venire incontro all'esigenza di disporre di un *input* analogico per *computer* avente elevate qualità e versatilità a prezzo contenuto.

Il sistema si compone di due unità separate. La prima effettua il trattamento analogico del segnale d'ingresso, e viene posizionata in prossimità della sorgente del segnale medesimo al fine di non deteriorarne le caratteristiche. Il segnale in uscita da questo modulo, opportunamente amplificato e filtrato, giunge alla seconda unità, il convertitore vero e proprio, attraverso una linea differenziale, che garantisce un'ottima reiezione ai disturbi di modo comune come il ronzio ( $>80\text{dB}$ ). In tal modo è possibile posizionare il modulo di conversione nelle immediate vicinanze del *computer* senza dover usare *buffer* di linea bilanciati per i dati digitali. I due moduli possono distare fra loro durante l'utilizzo anche varie decine di metri senza che insorga problema alcuno. Naturalmente, per evitare anelli di massa, si è fatto ricorso all'optoisolamento dal lato *computer*, così la terra analogica e quella digitale sono isolate galvanicamente.

*Il modulo di condizionamento analogico del segnale.* L'unità di trattamento del segnale, il cui schema a blocchi è visibile in figura 1, contiene un *front end* differenziale con ingressi protetti contro sovratensioni accidentali, a guadagno variabile entro un *range* di 20dB. Ciò per poter elevare il livello del segnale d'ingresso onde massimizzare il rapporto segnale-rumore durante la conversione. Per monitorare l'andamento del segnale è stato perciò realizzato un *level meter* analogico a valore di picco tarato in dB. È stato inoltre implementato un *soft limiter*, inseribile tramite un interruttore, per evitare *over flow* digitali, troppo "bruschi". Sono stati incorporati quattro filtri

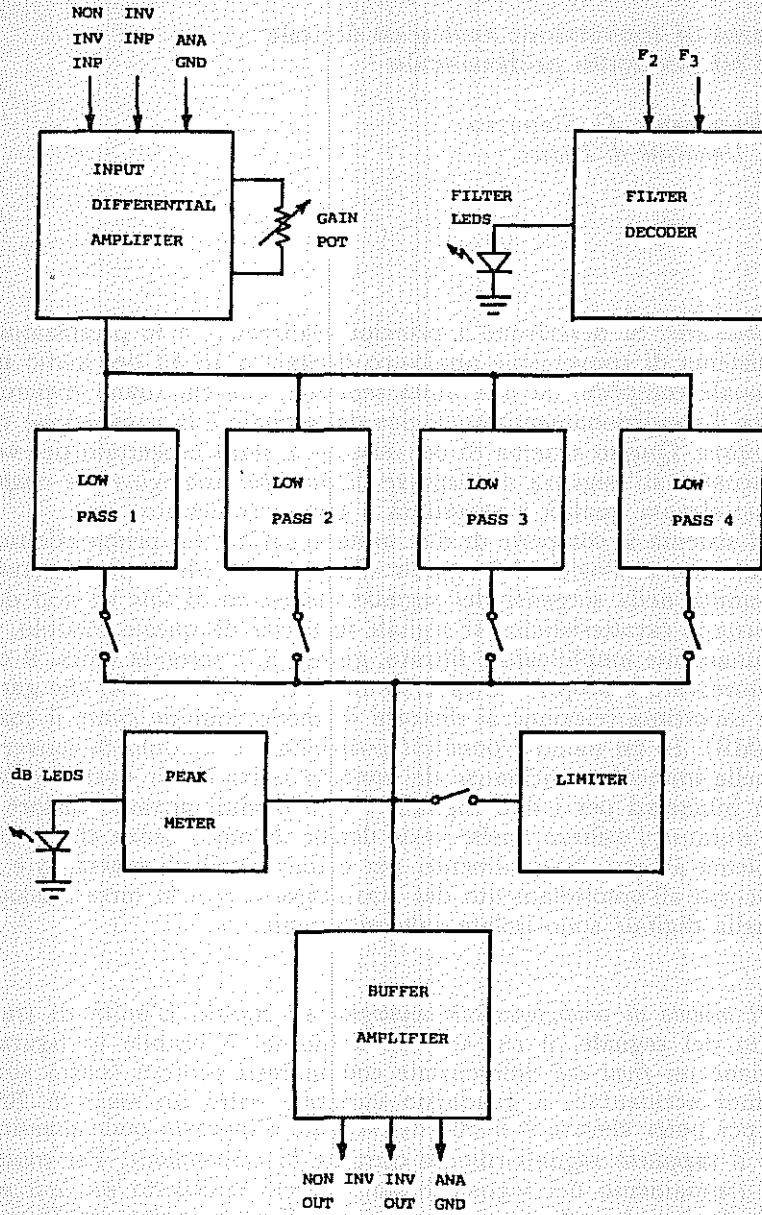


Figura 1 - Unità di condizionamento analogico del segnale. Schema a blocchi.

passabasso, selezionabili da terminale per mezzo di un controllo remoto. Le frequenze di taglio scelte per i prototipi sono 4,4 kHz, 7.25, 9.5 e 14.5 kHz, corrispondenti a frequenza di campionamento di 10, 16.5, 21.5 e 33 kHz. Si tratta di filtri attivi realizzati con elementi FDNR, che presentano una caratteristica di Cauer del 9° ordine, con attenuazione in banda oscura maggiore di 70 dB, ondulazione in banda passante di 0.3 dB, rapporto frequenza di taglio/frequenza di *stopband* pari a 1.15. La commutazione fra i vari filtri avviene tramite *reed relé*, piuttosto che con *switch* analogici, per eliminare qualunque possibile problema di distorsione o diafonia.

Infine, è presente un amplificatore bilanciato con uscita a bassa impedenza, per permettere un pilotaggio di carichi gravosi, come lunghi tratti di cavo, senza problemi di stabilità o limitazioni nella banda passante.

Le caratteristiche elettriche dettagliate di questa unità sono riportate in tabella 1.

*Tabella 1 - Unità di condizionamento analogico del segnale.*

Caratteristiche elettriche
Ingresso e uscita accoppiati in a.c.
Max tensione a.c. di modo comune all'ingresso: 20 Vpp.
Max tensione d.c. di modo comune all'ingresso: $\pm 250$ V.
Impedenza d'ingresso fra ogni input e massa: $100\ \text{k}\Omega$ ; differenziale: $200\Omega$ ;
Protezione contro le sovratensioni in ingresso fino a 50 V a.c. rms fra ogni input e massa, 100 V a.c. rms differenziale.
Regolazione del guadagno: da +6 dB a +26 dB.
Max livello del segnale d'ingresso: $\cong +6$ dBm (5 Vpp)
Input a.c. CMRR $\geq 80$ dB sull'intero range di frequenze.
Risposta in frequenza (-3 dB): da 2 Hz alla frequenza di taglio del filtro selezionato.
Max ondulazione in banda passante: 0.3 dB.
Rapporto frequenza di taglio/frequenza di banda oscura: 1.15.
Attenuazione in banda oscura $> 70$ dB.
Max tensione in uscita: $\pm 2.5$ V (5 Vpp, $\cong +6$ dBm) fra ogni uscita e massa; $\pm 5$ V (10 Vpp, $\cong +12$ dBm) differenziale.
Impedenza d'uscita a.c.: $50\Omega$ fra ogni uscita e massa, $100\Omega$ differenziale.
Resistenza d'uscita d.c.: $600\Omega$ fra ogni uscita e massa, $1200$ differenziale.

*Il Modulo di conversione analogico digitale.* L'unità di conversione A/D, il cui schema a blocchi è visibile in figura 2, contiene un *front end* differenziale, accoppiato in continua per permettere funzioni di *test* del convertitore. Anche in questo modulo gli ingressi sono protetti contro le sovratensioni. Dall'uscita del *front end*, il segnale da conver-

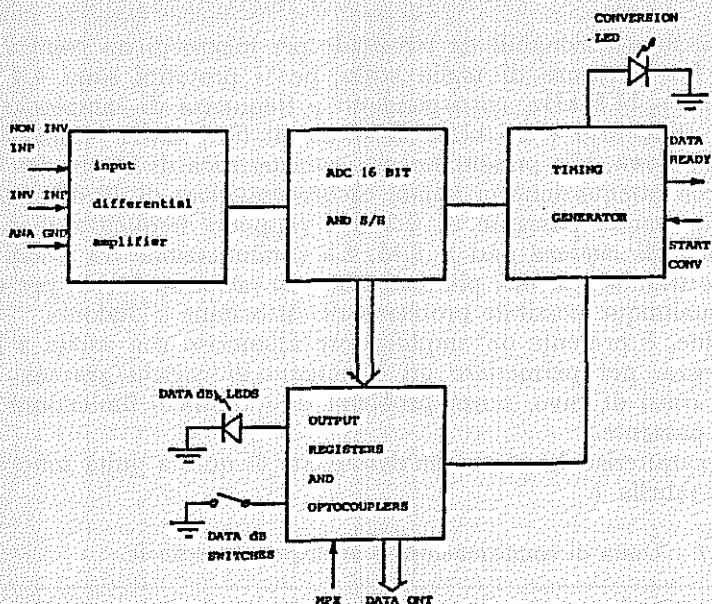


Figura 2 - Unità di conversione Ad. Schema a blocchi.

tire giunge al *sample and hold* e poi al convertitore vero e proprio, capace di operare con frequenze di campionamento fino a 44 kHz. Con un ponticello interno è possibile selezionare manualmente il valore massimo della tensione ammessa all'ingresso del convertitore prima che lo stesso vada in *overflow*. L'uscita digitale, espressa sotto forma di numero in complemento a due con formato 16 bit, è resa disponibile su un registro d'uscita con alimentazione isolata da quella principale del modulo di conversione. Ciò è possibile grazie all'interposizione di optoaccoppiatori. Anche le linee di *handshake* coll'ambiente esterno sono optoisolate. Si è fatto uso di optoaccoppiatori veloci per minimizzare problemi di *jitter* temporale che, sulla linea di *clock* di campionamento, provocano effetti equivalenti alla presenza di distorsione sul segnale da convertire. Il modulo comprende anche un indicatore a barra di 16 led che visualizzano, tramite selezione con apposito *switch*, il dato digitale in uscita, in complemento a 2, oppure il suo modulo. In questo ultimo caso l'indicazione risultante è quella di un Vu *meter* a led con la scala tarata in *step* di 6 db.

È previsto anche un ingresso (*bit* MPX) atto a permettere il *multiplexing* su un unico *bus* a 16 bit dei dati in uscita da più convertitori funzionanti contemporaneamente.

Nel progetto di questi due moduli è stato tenuto ben presente il

problema del rumore generato dai circuiti stessi che li compongono. La particolare cura posta nel soddisfare questa esigenza risulta evidente esaminando gli spettrogrammi riportati in figura 3. Essi rappresentano lo spettro all'ingresso del *sample and hold*, e quindi a valle di tutta la catena di filtraggio e amplificazione. Gli spettri 1 e 2 sono relativi al solo modulo di conversione con ingressi in corto e rappresentando il rumore su una banda complessiva di 1 kHz e di 200 kHz. Il rumore bianco è posizionato a -130 dB, con un picco a -110 dB dovuto ai 50 Hz di rete. Collegando anche l'unità di condizionamento del segnale e lasciandone gli ingressi aperti, per meglio simulare le condizioni operative, si ottengono gli spettri 3 e 4, sempre riferiti alla stessa banda complessiva. Il contenuto aumento del rumore totale fa sì che, in assenza di segnale d'ingresso, il dato digitale in uscita dal convertitore rimanga sempre nullo.

Il rumore complessivo dalla d.c. a frequenze maggiori di 1 MHz, sempre misurato all'ingresso del *sample and hold*, è così inferiore a 150  $\mu$ Vpp in presenza della sola unità di conversione, ed a 300  $\mu$ Vpp se è collegata anche l'unità di condizionamento del segnale. Ciò corrisponde all'iniezione di un rumore *dither* di ampiezza minore di 1 Lsb e svolge un benefico effetto, permettendo una risoluzione nel segnale inferiore all'intervallo di quantizzazione.

È stata infine misurata la distorsione armonica dovuta all'intera catena di amplificazione e filtraggio, che è risultata inferiore a -80 dB.

Le caratteristiche elettriche dettagliate dell'unità di conversione sono riportate in tabella 2.

*Tabella 2 - Unità di conversione analogico digitale a 16 bit.*

Caratteristiche elettriche
Ingresso analogico accoppiato in d.c.
Ingressi/uscite digitali disaccoppiati otticamente.
Max tensione di modo comune all'ingresso: $\pm 10$ V.
Impedenza d'ingresso: 100 K $\Omega$ fra ogni ingresso e massa; 200 K $\Omega$ differenziale.
Protezione contro le sovratensioni in ingresso fino a 50 V a.c. rms fra ogni ingresso e massa, 100 V a.c. rms differenziale.
Input CMRR: $\geq 80$ dB dalla dc sull'intero range di frequenza
Max livello del segnale d'ingresso: 10 Vpp ( $\equiv +12$ dBm)/selezionabile internamente a 20 Vpp ( $\equiv +18$ dB).
Uscita digitale: 16 bit, aritmetica in complemento a 2.
Tempo di conversione: 22 $\mu$ s.
Frequenza di campionamento fino a 44 KHz.
Warm up time: 5 min.

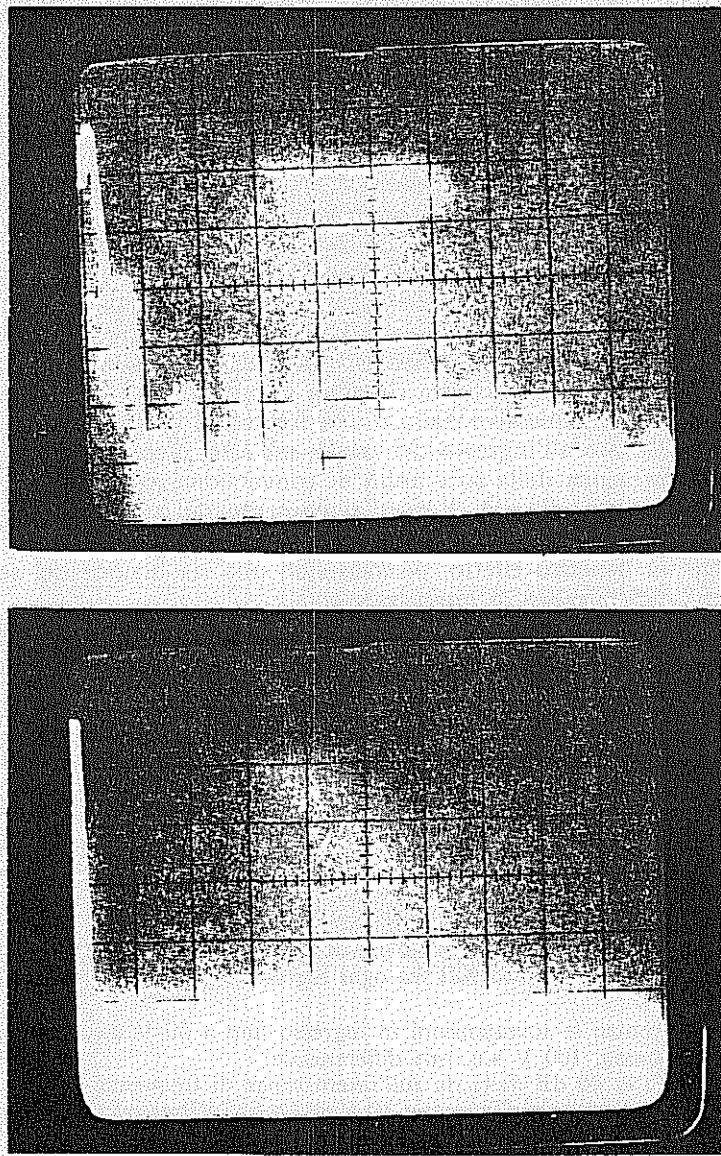
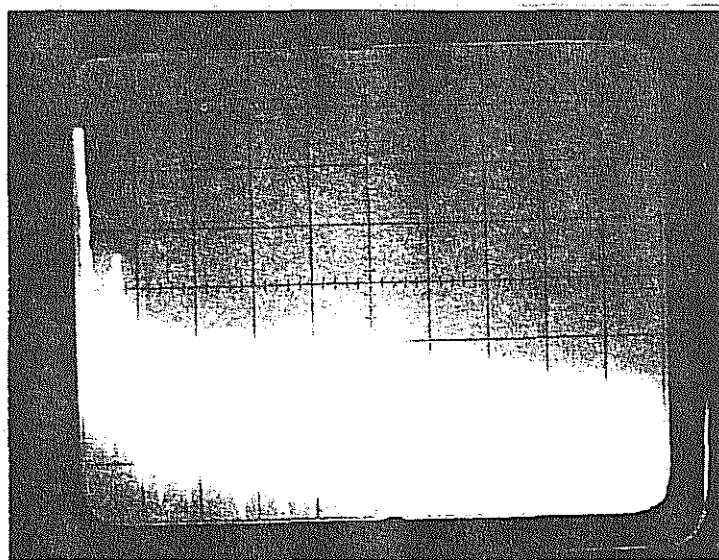
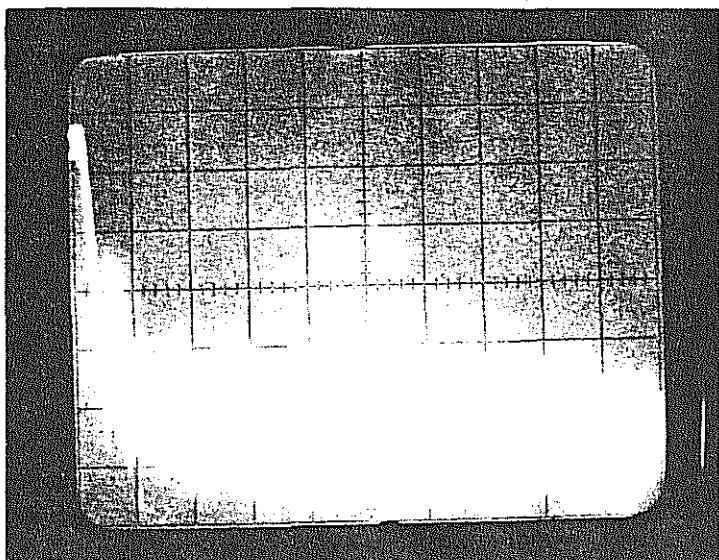


Figura 3 - Spettrogrammi.

- 1) e 3): Baseline: -150 dB HOR: 100 Hz/Div VERT: 10 dB/Div
- 2) e 4): Baseline: -150 dB HOR: 20 kHz/Div VERT: 10 dB/Div



## **Un sistema di sintesi di elevate prestazioni controllato da *personal computer***

L. Tarabella

CNUCE-CNR, Pisa

G. Bertini

IEI-CNR, Pisa

*Sommario.* Viene descritto un sistema costituito da un *personal computer* che controlla una cartolina a microprocessori per la sintesi digitale di segnali audio in tempo reale, in modo completamente programmabile; caratteristica questa che permette di implementare gli algoritmi di sintesi noti nella letteratura e di sperimentarne di nuovi ed originali.

L'architettura della cartolina è tale che una volta caricate le informazioni relative alla definizione delle timbriche ed alla struttura di un brano musicale, essa è completamente autonoma nell'esecuzione del brano stesso; ciò permette di progettare agevolmente sistemi modulari con più cartoline per realizzare apparecchiature polifoniche ancora sotto il controllo di piccoli elaboratori.

Il prototipo di sistema, che per ora si configura più come sistema di sviluppo che come apparecchiatura utilizzabile da un generico utente, è composto da un Commodore 64, da una di tali cartoline, ed un pacchetto *software* articolato.

*Introduzione.* Da un'analisi anche sommaria sulle apparecchiature realizzate per l'utilizzazione nel settore di attività connesse alla *computer music*, possiamo rilevare che, sostanzialmente, da un lato esistono sistemi con caratteristiche di altissimo livello e di generalità d'uso ma, per i loro costi di realizzazione e di esercizio destinati ad essere usati in ambienti dello spettacolo e della ricerca sostenuti da cospicui finanziamenti; dall'altro vediamo apparecchiature che, se per il loro costo contenuto possono essere acquistate da privati, pur offrendo ragguardevoli possibilità sul piano timbrico (utilizzando esse i risultati di anni di ricerca nei vari settori della *computer music*), non hanno tuttavia quel grado di flessibilità creativa necessario all'atto compositivo ed esecutivo, e si configurano più come sistemi che coprono il tradizionale mercato degli strumenti musicali elettronici che non come sistemi rivolti ad attività più consone alla *computer music*.

Il nostro lavoro vuole essere un contributo allo sviluppo di siste-

mi che coprano la fascia intermedia alle due categorie di sistemi esaminate, verso la realizzazione di apparecchiature di basso costo ma con caratteristiche operative tali da essere qualitativamente paragonabili ai più grossi sistemi: obiettivo questo ragionevolmente raggiungibile in base alla presenza sul mercato di una certa componentistica elettronica, ed ad una concezione architettonale modulare ed espandibile.

*Architettura del sistema.* Il prototipo del sistema è costituito da un *personal computer* della classe Commodore 64 e da un particolare modulo di sintesi audio a microprocessori progettata e realizzata presso i nostri laboratori: le due apparecchiature sono fisicamente collegate tramite un'interfaccia che permette lo scambio dati nelle due direzioni e disaccoppia elettricamente le linee stesse.

Il Pc può essere quindi considerato (con l'insieme dei pacchetti di programmi di utilità) la console del sistema; ed il modulo di sintesi, l'esecutore sonoro.

*Il modulo di sintesi.* Il modulo di sintesi è costituito da una cartolina comprendente due sezioni di elaborazione operanti in parallelo (Fig. 1): la prima sezione è basata sul microprocessore 6502 a *bit*, al quale vengono delegate le funzioni di comunicazione con la console, e quella dell'esecuzione dei brani musicali. Questo primo microprocessore lavora a 2 MHz di *clock*, con una EPROM di 2K-*bytes* contenente *drivers* di comunicazione e *routines* di trattamento testi, ed una RAM di 32K-*bytes* per l'immagazzinamento di brani musicali codificati, forme d'onda, tabelle ed algoritmi necessari alla sintesi digitale. La scelta di questo microprocessore è stata fatta in base alla compatibilità con il microprocessore usato nel C-64, ed alla praticità operativa di fatto esistente per lo sviluppo di *software* di base in linguaggio *assembler*.

La seconda sezione è basata sul microprocessore a 16 *bits* Tms 32010 del Texas, al quale spetta il compito della generazione dei campioni numerici che costituiscono il segnale audio; la conversione in analogico viene realizzata da due DACS a 12 *bits* posti sul *bus-dati* del Tms 32010, il Vref. di ciascuno dei quali viene controllato da due ulteriori DACS a 8 *bits* posti sul *bus-dati* del 6502.

La memoria di lavoro del Tms 32010 è una RAM di 4K-word a 16 *bits*, che attraverso un particolare meccanismo di accesso selettivo può essere vista anche dal 6502 come estensione della propria memo-

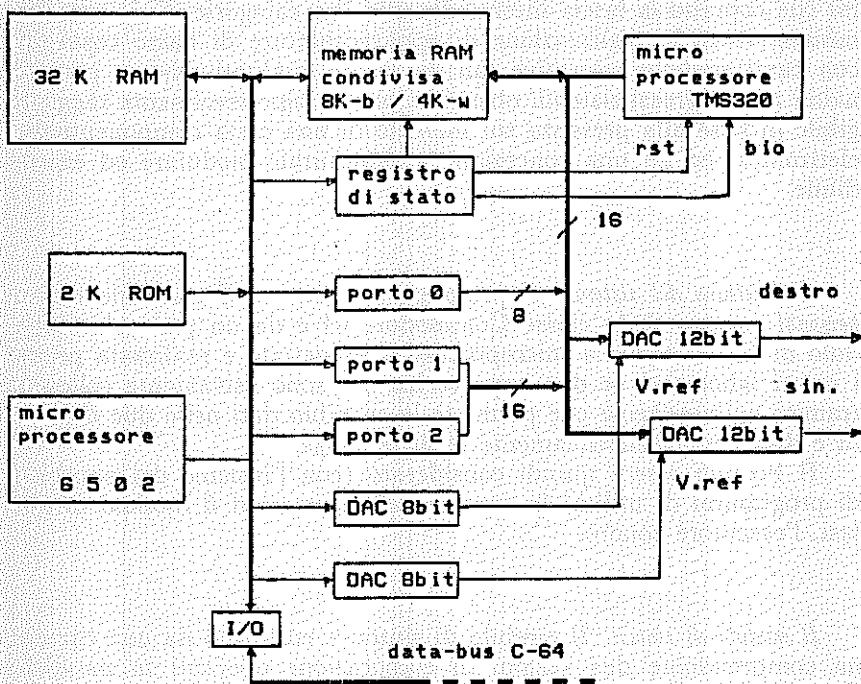


Figura 1 - Schema a blocchi del modulo di sintesi.

ria RAM; ciò permette di depositarvi programmi di sintesi e tabelle opportunamente preparati per mezzo della console.

Un'ulteriore via di comunicazione diretta tra 6502 e Tms 32010 è costituita da una coppia di porti monodirezionali che vengono usati (vedi più avanti come) per il cambiamento dinamico dei valori parametrici durante la sintesi.

Il Tms 32010 è stato scelto in base alle notevoli possibilità offerte da questo microprocessore in termini di velocità di calcolo e di possibilità operative, unitamente al basso costo, alla relativa semplicità di utilizzo in fase di disegno logico ed alle condizioni al contorno che si sono create grazie ai consensi dimostrati dal settore di applicazione del Digital Signal Processing.

*Modalità di uso tipica.* Stabilendo un tasso di campionamento di 32 KHz, si hanno a disposizione circa 30 microsecondi per la generazio-

ne di un singolo campione che va a costituire il segnale. Se si tiene presente che utilizzando al meglio le istruzioni di macchina del Tms 32010 il tempo di calcolo di un generatore a scansione tabellare (già inviluppato) è dell'ordine di 3  $\mu$ sec., si può estrapolare quale sia il grado di complessità di un algoritmo di sintesi raggiungibile da questa apparecchiatura. Nel calcolo vanno comunque considerate un certo numero di istruzioni aggiuntive necessarie all'uscita sui DACs, per il cambiamento dinamico dei valori parametrici, ed eventuali modulazioni e/o interazioni tra i vari generatori.

La filosofia di funzionamento è tale che, mentre il Tms 32010 esegue il programma di sintesi, la sezione 6502 esegue un programma per la gestione del testo musicale memorizzato in un precedente momento; contemporaneamente (e cioè ad intervalli regolari di 1 millisecondo, sotto procedura di *interrupt*) il 6502 cambia i valori parametrici degli inviluppi che definiscono l'evoluzione timbrica relativa al programma di sintesi.

La trasmissione dei dati viene effettuata dal 6502 tramite i porti 0-1-2 ed il registro di stato: sul porto 0 viene posto il numero del parametro al quale si vuole assegnare un nuovo valore, e sui porti 1-2 viene messo il valore stesso (parte bassa/parte alta).

Successivamente, un'opportuna configurazione posta nel registro di stato, indica al Tms 32010 la situazione di "dato-pronto" per mezzo del Bio-pin; questo microprocessore (cfr. Tms 32010 User's Manual - Texas Instrument) ha infatti la possibilità di testare con una istruzione di macchina (Bioz: salta se Bio-pin è zero) la condizione logica proveniente dall'esterno, realizzando così una sorta di "hard-if".

Un algoritmo di sintesi, di qualunque metodologia esso ne sia l'implementazione, deve quindi seguire lo schema realizzativo di figura 2.

In questo modo, ad ogni ciclo di generazione di un campione, viene testato il Bio-pin: se la risposta è affermativa significa che sui porti è stata posta (dal 6502) informazione da prelevare; viene allora prelevato il numero del parametro e il valore da attribuire al parametro corrispondente nella routine di sintesi. Se la risposta è negativa, viene invece eseguita una serie di *No-operation* della durata equivalente alla parte di prelievo dati, per assicurare l'uniformità di durata dell'algoritmo e quindi del "sampling rate".

*Strumenti software.* Il *software* per l'utilizzo del sistema (Pc + modulo di sintesi) è costituito principalmente da due pacchetti comprendenti, il primo un assemblatore per il Tms 32010, ed il secondo

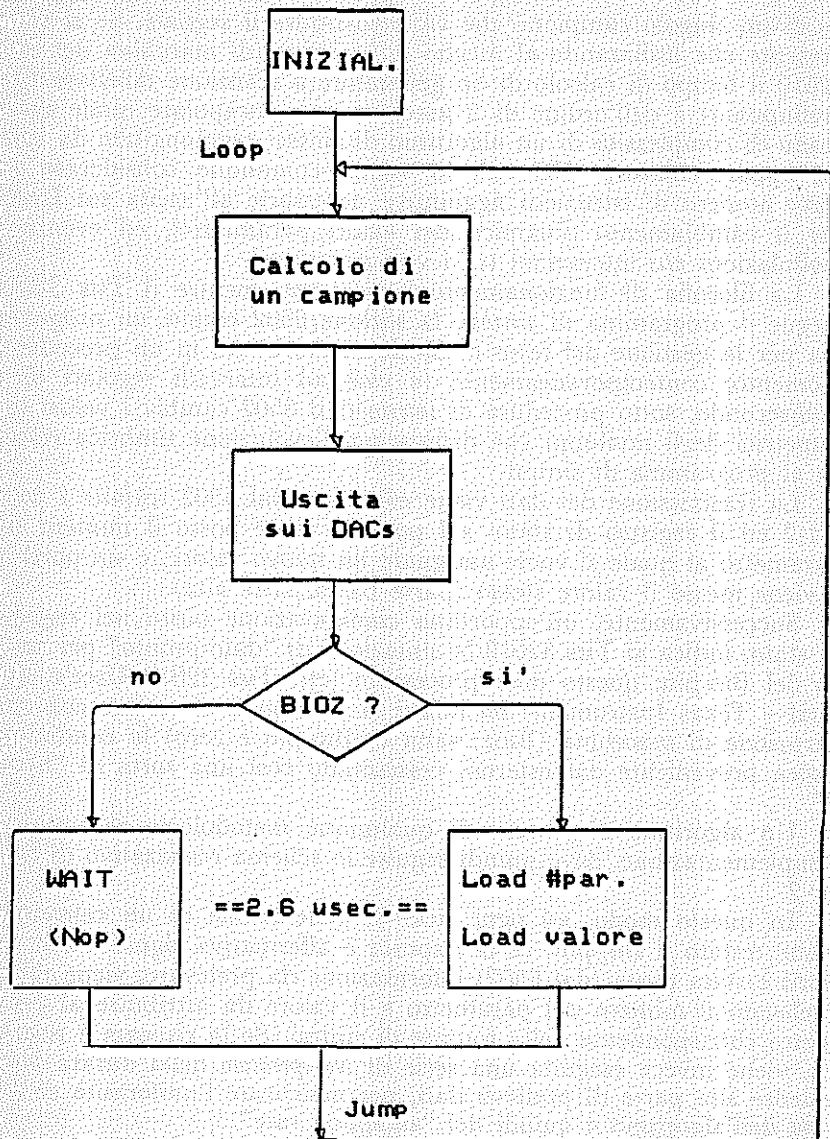


Figura 2 - Diagramma di flusso di un generico programma di sintesi per il Tms 320.

un *monitor* per il controllo, il caricamento e l'ispezione della memoria dell'intero modulo di sintesi.

L'assemblatore è dunque costituito da un *Editor*, un *File-system* ed un traduttore in codice macchina. L'*Editor* è del tipo "Full-screen" con *scroll* verticale fino ad un massimo di 500 linee di programma; sono presenti funzioni di "insert" e "delete" linea, ed altre funzioni tipiche degli editori di questa natura. Il *File-system* permette sostanzialmente di gestire *files* sorgenti ed oggetto su dischetto magnetico. Il traduttore genera, a partire da un *file* sorgente, un *file* contenente il codice macchina Tms 32010 corrispondente.

L'assemblatore, nel complesso offre le tipiche facilitazioni realizzative come: etichette simboliche, direttive "equ", "define byte", "define memory" ecc. Quest'assemblatore è stato scritto in *Basic* (più qualche *routine assembler* 6502) e gira sul Commodore 64.

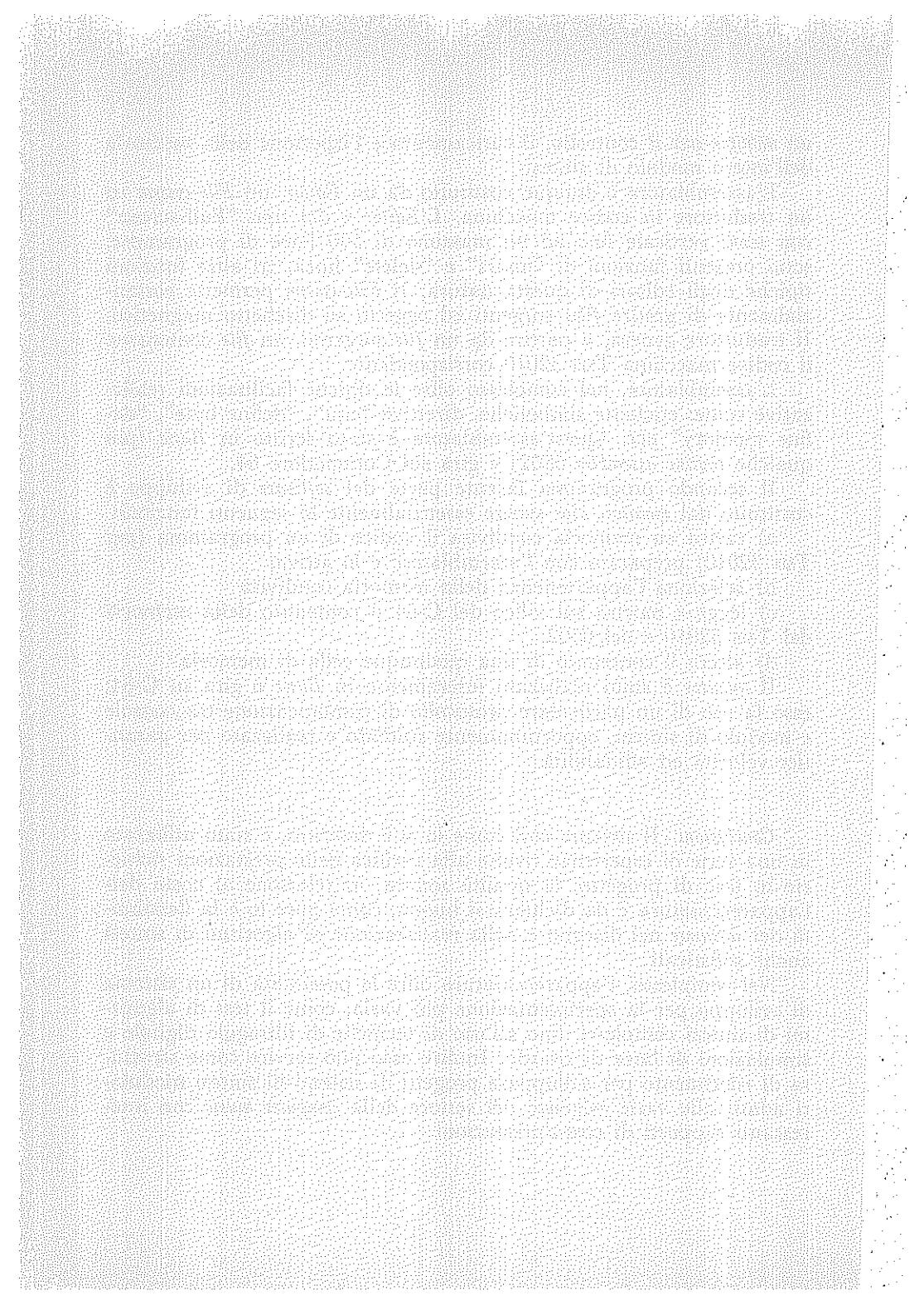
Il secondo programma facente parte del *software* di sviluppo è costituito dal *monitor*, che svolge essenzialmente le seguenti funzioni:

- a) carica su memoria condivisa il codice di un programma (per Tms 32010) preparato con l'assemblatore e lo attiva;
- b) seleziona l'appartenenza della memoria condivisa
- c) legge e mostra sul video del C-64 il contenuto della memoria del Tms 32010 e del 6502;
- d) altera il contenuto di una qualunque cella di memoria.

Il *monitor* è stato realizzato interamente in *Basic* e gira su C-64; esso fa uso di un particolare protocollo di comunicazione tra console e modulo di sintesi, opportunamente studiato e realizzato per garantire velocità ed affidabilità.

*Conclusioni.* Il sistema così come lo si è descritto, è stato utilizzato in una serie di esperienze rivolte alla verifica delle prestazioni richieste in fase di progetto: la qualità sonora, in relazione al costo dell'apparecchiatura è da dichiararsi buona; come pure lo è la flessibilità del *software* nel disegno e nella realizzazione di algoritmi di sintesi anche sofisticati.

Nel complesso, l'apparecchiatura offre le possibilità di un sistema di sviluppo per la sperimentazione più varia, come il test di algoritmi di sintesi complessi, fino all'uso di tecniche di filtraggio digitale e simulazioni di linee di ritardo. Inoltre esso può servire come struttura di riferimento per sviluppare progetti di sistemi di sintesi modulari adatti alle varie esigenze del settore della *computer music* con interessanti rapporti di costo/prestazioni.



# Sessione: TEORIA MUSICALE

---

**Per una teoria scientifica della musica.  
Saggio sulla fenomenologia della comunicazione musicale**

Giorgio Tedde  
*Conservatorio e Università di Cagliari*

*Prefazione.* Questo lavoro vuole suggerire delle idee e degli spunti di riflessione a tutti quelli che si interessano alle problematiche della struttura delle opere musicali ed artistiche in generale. Più in particolare ci si rivolge a quanti operano in questo campo col *computer*, per mostrare forse nuovi punti di partenza per studiare, capire e creare musica.

Ci si scusa sin da adesso se talvolta si indugia un po' troppo su alcune definizioni o concetti, ma credo che il prezzo di questa attesa si paghi volentieri in cambio della chiarezza del discorso e della sua intellegibilità per chi non ha una formazione scientifica.

*Abstract.* Da quando è nata la musica, i numeri hanno avuto uno spazio considerevole nella definizione di questioni teoriche e pratiche di questa, ma mai come adesso si è assistito ad una fusione così profonda tra le discipline logico-matematiche e quelle musicali. Oggi chi si occupa di teoria e di composizione musicale deve spesso fare i conti con concetti come "entropia", "densità", "simmetria", "ambiguità", "struttura", "significato", ecc., prendendo a prestito dalla cultura scientifica definizioni e procedure, senza che si siano chiariti sufficientemente i limiti e la potenza di questi mezzi (G. Caglioti, pp. 22-23).

Si assiste così ad un uso improprio dei metodi scientifici applicati all'arte con troppa leggerezza, che porta spesso a risultati antiestetici ed incomprensibili, se non addirittura a palesi incongruenze ed improprietà.

Si chiariranno i concetti sopra menzionati riferendoli quindi alla

musica, ed in particolare al discorso sul significato del linguaggio musicale.

Successivamente si concretizzano i risultati ottenuti applicando una nuova metodologia di analisi su alcuni esempi, dai quali si estrapolerà una proposta quantitativa e qualitativa di valutazione estetica.

In conclusione, alla luce di nuove acquisizioni si cercherà di inquadrare il ruolo del calcolatore nella produzione-diffusione della musica nella società; si darà particolare attenzione al problema della fruizione e del piacere estetico, per proporre quindi delle modalità di diffusione commisurate alla qualità estetica dell'opera.

*Riassunto.* Il lavoro introduce la definizione dell'Entropia informazionale nel contesto acustico e musicale, ed i suoi riferimenti ai concetti di Ordine, Simmetria ed Informazione.

Per rendere operative queste definizioni bisogna però chiarire l'annosa questione del significato nel linguaggio musicale: si parte perciò dall'ipotesi che il linguaggio musicale rechi con sé il significato, ma, diversamente dai linguaggi naturali che lo individuano nell'isomorfismo esistente fra il segno (la parola) ed il concetto esterno referente (Hofstadter, *Geb*, pp. 54 sgg.), nel caso musicale questo è prodotto dall'insieme degli isomorfismi esistenti fra le diverse unità di articolazione che, a vari livelli, definiscono la forma (*Ibidem*, p. 677).

Si capisce così che, mentre un messaggio redatto in un linguaggio naturale deve essere corredata da un codice (vocabolario), un messaggio musicale lo contiene al suo interno, legato inestricabilmente alla forma complessiva (*Ibidem*, pp. 629-630), come del resto avviene anche nei sistemi biologici da immagazzinazione delle informazioni (*Ibidem*, p. 568).

La Quantità di significato di un'opera, che si può forse identificare nel suo Valore Estetico, dipende perciò dall'ottimizzazione del rapporto fra la funzione di Istruzione al codice del linguaggio (ridondanza, affinità, ripetizione, ...) e quella dello Sviluppo di questo (informazione, variazione, diversità, ...) in relazione al materiale ed ai fini preposti.

A questo punto si rende necessario un inquadramento delle opere musicali che pur non avendo una correlazione interna (musica aleatoria) hanno avuto un ruolo determinante nello sviluppo della musica come lavori di John Cage e simili (Ahlstrom).

Tutte le ipotesi fatte sopra vengono dunque vagliate da un potente metodo di analisi che viene mostrato su diversi esempi. I risultati

si integrano poi con una serie di valutazioni sui fenomeni percettivi.

Si può ormai intravvedere l'altissimo livello di complessità che pervade un'opera d'arte, ed in particolare un pezzo di musica (Fubini, p. 67); il lavoro necessario alla sua creazione è infatti basato per lo più da considerazioni sulla modalità della percezione di questa (Minsky; Laske), e fino a quando questi meccanismi non saranno chiariti a fondo, non sarà possibile demandare al calcolatore il compito di scrivere musica.

Credo che oggi quasi tutti siano d'accordo che la gran parte della *computer music* non possieda elevati contenuti estetici, ma questo fatto non deve sminuire il valore storico di questi esperimenti.

Il crescente sviluppo dell'Intelligenza Artificiale ed il grosso sforzo teorico di questi ultimi anni, lascia infatti sperare che in un prossimo futuro la funzione del calcolatore in musica si sviluppi verso una dimensione propria. Perché ciò avvenga è però molto importante capire il ruolo e la collocazione sociale della *computer music*.

*Aspetti generali.* In questa memoria si vogliono definire alcuni concetti che, da un po' di tempo si incontrano sempre più spesso quando si tratta di opere d'arte, senza che generalmente se ne sia chiarito il significato.

Il punto di partenza è l'assimilazione dell'"opera d'arte" in generale, ad un "messaggio" (Ruwet, p. 8). Il messaggio è trasmesso da una sorgente di informazioni ed è rivolto ad un "fruitore" (Xenakis 1971, p. 180; anche in Xenakis 1982, p. 33) (Figg. 1a e 1b).

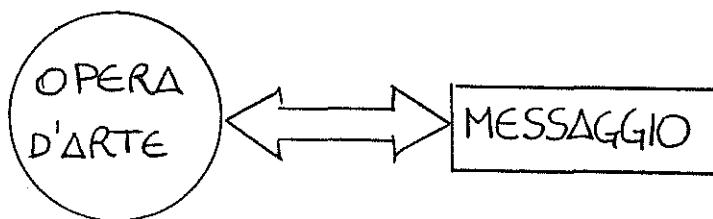


Figura 1a - L'opera d'arte è un messaggio.

La sorgente potrà avere la forma più varia, e si servirà di diverse modalità per trasmettere il suo messaggio; sarà utile ricordarne alcune riferendole alle dimensioni fisiche coinvolte:

- un quadro è nello spazio bidimensionale;
- una statua è nello spazio tridimensionale;
- un film occupa due dimensioni spaziali ed una temporale;



Figura 1b - Dimensioni fisiche di diversi messaggi artistici.

- una musica investe la sola dimensione temporale;
- un balletto investe le tre dimensioni dello spazio più quella del tempo;
- un romanzo è fuori dal tempo e dallo spazio.

Al pari di un qualsiasi messaggio anche l'opera d'arte può essere memorizzata e descritta in diverse maniere:

- un'architettura per mezzo dei progetti;
- un quadro dalla sua immagine fotografica o televisiva;
- un film dalla sceneggiatura;
- una musica dalla partitura;
- eccetera.

Questa descrizione, per forza di cose non più fedelissima all'idea originaria, può essere sempre ridotta, con una ulteriore perdita di qualità, ad una serie di informazioni rappresentabili mediante un set di elementi (alfabeto) che si organizzano in una complessa rete di relazioni.

*Significato*, la caratteristica che distingue se un insieme di informazioni è un messaggio o no, è la possibilità che gli si possa attribuire un "significato" (Lewis).

Più avanti si indicheranno altre caratteristiche che distinguono un messaggio generico dal messaggio artistico contenuto in un'opera. Per chiarire le idee si fisserà una definizione inequivocabile del "significato".

Si intende dunque che il "significato" è l'"isomorfismo" creato dal destinatario del messaggio, "fra lo stimolo esterno" (serie di informazioni) "e un dato interno" a chi riceve (Lewis; Hofstadter, Geb, pp. 54 sgg.). In questo modo si vuole sottolineare che il significato relativo ad un insieme di informazioni è strettamente dipendente da chi le riceve e non da queste (Hofstadter, Geb, p. 171). Si chiarisce infine che la funzione della "comprensione" si identifica con l'"attribuzione del significato" a delle informazioni (Lewis).

Qualche esempio aiuterà a comprendere meglio:

- un libro scritto in cinese non ha nessun significato per chi non conosce la lingua, come
- un insieme di formule matematiche non significa nulla per chi non è addentro alla materia, mentre
- un fischio di una determinata frequenza sarà compreso da un cane, o
- l'immagine di tramonto avrà significato per qualsiasi essere umano (Fig. 2).

Ora si vogliono considerare alcuni pregiudizi sul significato che

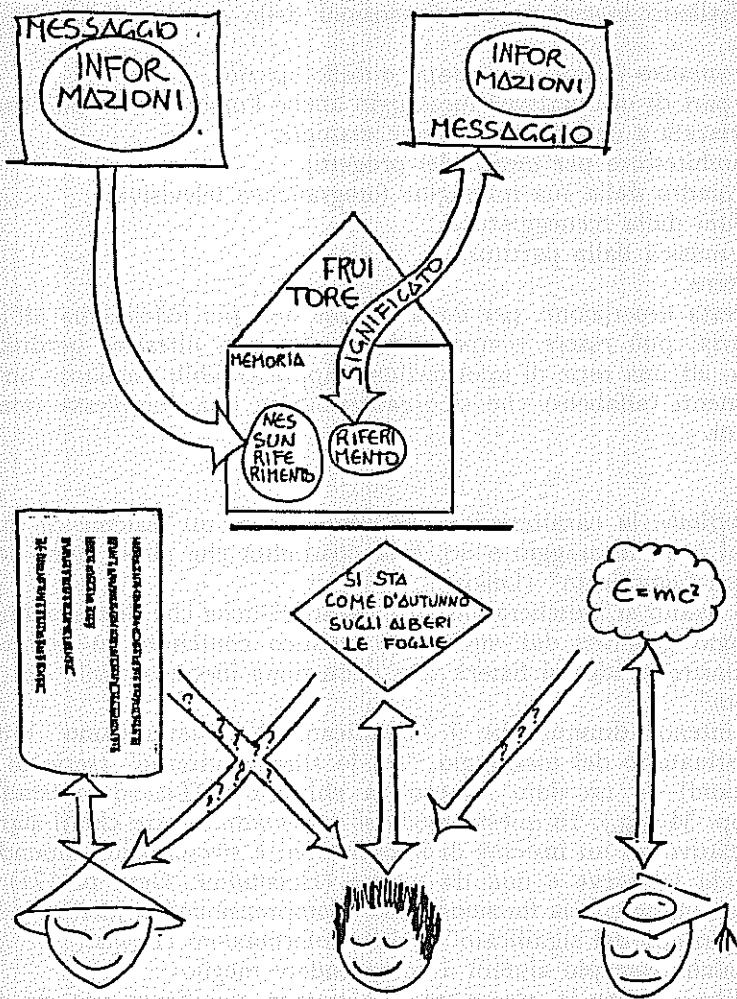


Figura 2 - Formazione del significato di un messaggio.

per secoli hanno afflitto l'arte ed in particolar modo la musica (Fubini, pp. 56-57). Riferendosi alla definizione data al significato è facile capire come un'interpretazione leggermente diversa di questo possa portare a dubbi e contraddizioni.

Per molto tempo ed ancora oggi per molte persone, il significato

è stato sempre associato alla sorgente del messaggio artistico (Hofstadter, Geb, pp. 173 sgg.), restringendo così enormemente la varietà di opere che lo possiedono (Fubini pp. 56-57).

In questa visione la "pittura" e la "scultura", che descrivono oggetti ed eventi presenti in natura, la "letteratura" e la "poesia", che descrivono fatti ed emozioni presenti nella società umana, l'"architettura", che imita grandiosamente gli spazi che la natura offre all'uomo, la "danza", che ripropone i gesti dell'uomo, sono tutte piene di significato, esplicato dalla funzione descrittiva ed imitativa della "realità".

Per la "musica" la questione è però controversa: essa non imita la realtà (Hofstadter, Geb, p. 677), e se in rari casi le si vuol dare una funzione onomatopeica relativamente ai suoni della natura (*le Quattro Stagioni* di Vivaldi, la musica impressionista), il suo significato non si individua nella rievocazione delle immagini naturali attraverso i loro suoni, ma in qualcos'altro di più astratto e pregnante, caratteristico della musica (Schömberg, 1967, p. 95), l'unica arte che coinvolge solamente il tempo (Adorno, pp. 48-66; Fubini, p. 33, e pp. 56-59).

Agli inizi del secolo, con la nascita dell'arte astratta, il problema del significato dell'arte, intesa come imitazione della realtà, si estese anche alle arti spaziali (Hochberg), ponendo ulteriori quesiti sulla sua comprensione e sulla sua funzione comunicativa. Molti infatti, giudicando superficialmente che sia la musica che l'arte astratta non rappresentavano alcun oggetto od evento descrivibile universalmente conosciuto, ritenevano lecito non attribuirgli significato (Fubini, pp. 56-57; Kunst).

Se si vuole analizzare la musica per cercare di trovarvi il significato, a differenza di quanto si fa normalmente con le opere d'arte spaziali, ci si riferisce alla sua rappresentazione (partitura) piuttosto che all'opera (la successione di suoni), perché situata nel tempo e quindi troppo sfuggente.

Mentre lo studio della descrizione di un'opera d'arte con contenuti spaziali (sceneggiatura di un film, coreografia di un balletto, ...) mostra sempre un insieme di eventi esistenti nella realtà tangibile, la partitura musicale non è altro che un accurato e pittresco grafico di frequenze, dinamiche e timbri rispetto al tempo.

Se in un romanzo, una poesia, ecc. si può dedurre il contenuto attribuendo il significato ad ogni singola parola per mezzo di un vocabolario, altrettanto non è possibile per la musica (Kunst), in quanto si è ormai capito che non è né utile né conveniente stilare un vocabolario di tutti i possibili agglomerati di suoni e fissarne oggettivamente il significato (Fubini, p. 36, nota p. 58).

È importante anche considerare il fatto che diverse educazioni linguistiche non permettono la comprensione di testi redatti in diverse lingue (Chomsky), mentre per la musica la situazione è molto più aperta: per quanto sia più semplice ascoltare musica di un genere conosciuto, è sempre possibile fruire del piacere dell'ascolto di musica di generi estremamente diversi dal consueto e addirittura totalmente estranei (Fubini, pp. 57-60).

L'unica condizione necessaria è che la musica abbia un reale valore estetico (si preciserà più avanti cosa si intende), e che l'ascoltatore abbia un minimo di disponibilità e di pazienza, magari ascoltando più di una volta la composizione, precauzione questa, che anche se applicata col massimo della buona volontà, non conduce ad alcun risultato nella lettura (e rilettura!) del testo in lingua cinese.

È ora chiaro che, se nei messaggi verbali il significato è legato alla conoscenza di un vocabolario esterno (Chomsky), comune ad un popolo con la stessa lingua, nella musica questo non è necessario, fatto che rende praticamente universale la comprensione di questa, anche per esseri diversi dall'uomo (mucche, serpenti, passeri, piante, ..., ecc.).

Perché, secondo quanto detto sino adesso, si possa capire un messaggio, e quindi attribuirgli un significato, deve esistere il dualismo fra stimolo e riferimento; nel caso della musica, è chiaro che il vocabolario o la grammatica non permettono la comprensione del testo musicale, non sono esterni ad esso come nel linguaggio verbale e nelle opere descrittive, ma "esistono" e gli sono "inextricabilmente legati", tanto da non poter essere osservati distintamente in alcun modo (Hofstadter, Geb, pp. 629-630; Ruwet, pp. X-XI) (Fig. 3).

L'ipotesi di partenza ci ha dunque portato alla conclusione che la musica oltrepassa le barriere del linguaggio verbale, e diventa così universale, perché mentre essa si svolge, istruisce l'ascoltatore della grammatica e/o del vocabolario propri di quel particolare linguaggio (Minsky), rendendo così inseparabili le informazioni ("dati") ed il codice per decifrarle ("operatori") (Fig. 4).

Questa proprietà caratteristica dell'informazione contenuta nella musica è comune anche ad altri importanti sistemi (Hofstadter, Geb, pp. 567-568; Ruwet, pp. 19 sgg.):

- la doppia spirale del DNA contiene al suo interno sia i dati (geni) che il codice per decifrarli (*Ibidem*, pp. 590-591);

- i linguaggi per i calcolatori dedicati all'Intelligenza Artificiale come il *lisp* o il *prolog* hanno la stessa proprietà di non differenziare i "dati" dalle "istruzioni" che li elaborano (Hofstadter, Lisp);

- pare che anche i meccanismi di gestione delle informazioni presenti nel cervello umano siano basati sullo stesso principio (Hofstad-



Figura 3 - Formazione del significato in un messaggio musicale autoreferente.



Figura 4 - Diverse connotazioni dei linguaggi naturali e musicali.

ter, Geb, pp. 365 sgg., p. 395, e pp. 400 sgg.).

Nella stessa maniera che il bambino nei primi anni di vita impara la sua lingua madre servendosi solo della stessa (Chomsky, pp. 392-393), così chi ascolta un pezzo di musica viene stimolato da successioni di suoni che, come si svolge la composizione, a poco a poco prendono forma e significato, diventando dei riferimenti che permetteranno di seguire e di capire quella musica (Fig. 5).

**IL LINGUAGGIO MUSICALE PUO' RIFERIRSI  
OGGETTIVAMENTE SOLO A SE STESSO,  
PUO' PERCIO' CHIAMARSI  
METALINGUAGGIO**

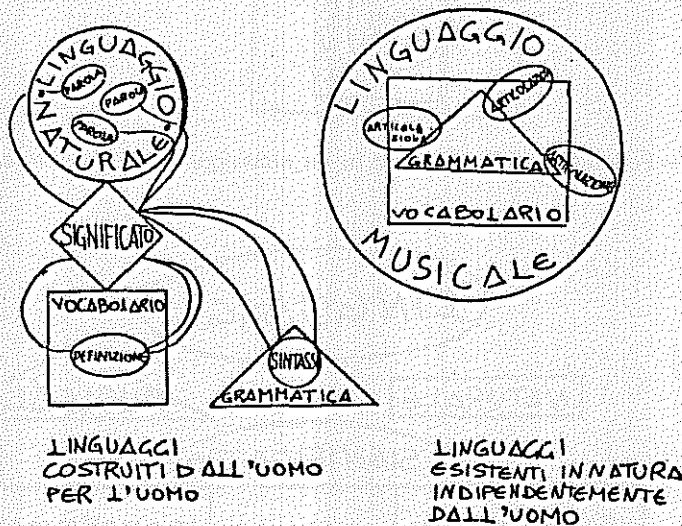
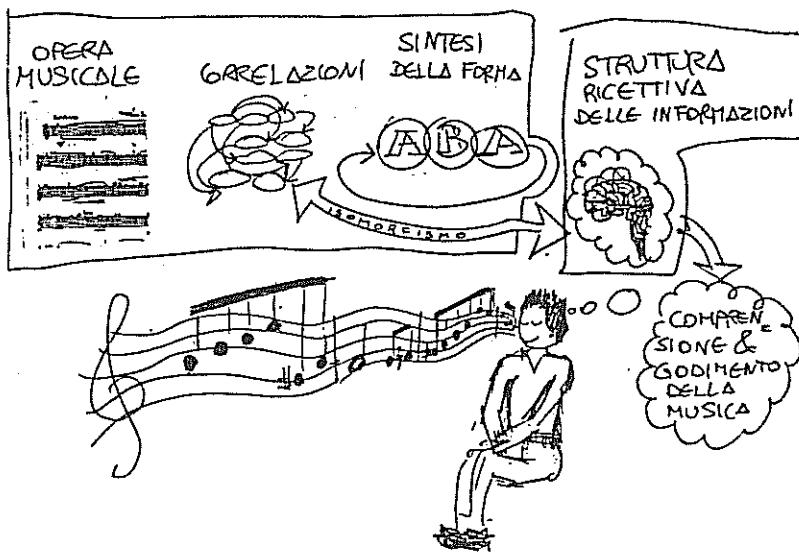


Figura 5 - Relazioni interne del linguaggio naturale e del linguaggio musicale.

Una breve riflessione su queste *coincidenze* (Caglioti, pp. 118-119) ci può aiutare a capire come il carattere comunicativo della musica sia comune a tutti gli esseri viventi in grado di ricevere gli stimoli acustici.

La struttura del messaggio musicale sarebbe perciò in qualche

modo isomorfa alla struttura dei meccanismi di apprendimento degli esseri viventi, tanto da permetterne la comprensione e di conseguenza il godimento estetico a tutti (Hofstadter, Geb, p. 677; Fubini, p. 60), con la sola differenza dell'intensità del coinvolgimento, tanto maggiore quanto l'educazione di chi ascolta è più vicina alla forma del pezzo (Hofstadter, Geb, pp. 655-658) (Fig. 6).

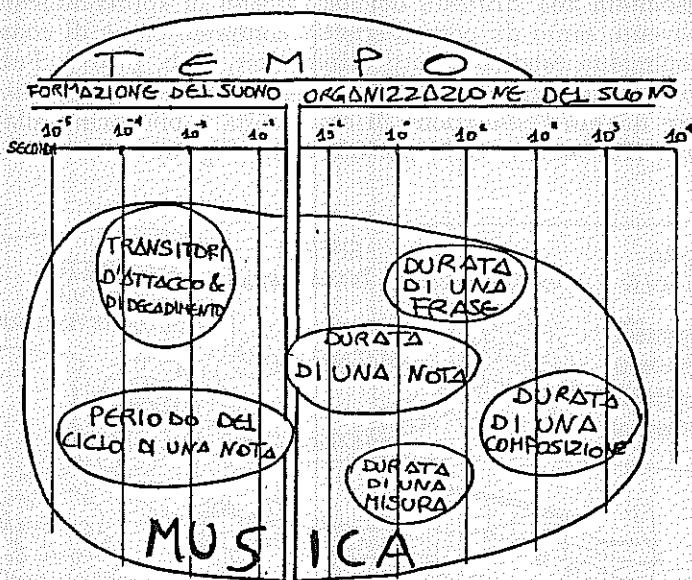


*Figura 6 - La forma musicale è in qualche modo in rapporto con più profonde ed inconsce strutture della percezione.*

*Musica.* Si vuole ora cercare di evidenziare alcune proprietà che si osservano in una musica con le caratteristiche appena accennate.

Fisicamente una musica si può descrivere come una successione di variazioni di pressione rispetto al tempo. Queste oscillazioni possono essere disposte in una scala temporale di vari ordini di grandezza (Baffioni) (Fig. 7).

Si può anche assimilare la musica ad un gioco che ci fa esplorare la dimensione del tempo (Minsky): come le volute dei capitelli, i colonnati, le cupole, i grattacieli ci fanno esplorare lo spazio tridimensionale, come i bassorilievi egiziani, le prospettive di Leonardo o le incisioni di Escher ci fanno partecipi dello spazio a due dimensioni, come le delicate aure di Botticelli o gli accesi contrasti di Klee sondano l'altissima frequenza del colore, ..., allo stesso modo le note



*Figura 7 - La musica e le sue parti entro la scala dei tempi: essa penetra nella dimensione temporale dal più piccolo istante sino alla più lunga durata.*

che si susseguono, i timbri che cambiano, le frasi che risolvono o che si sospendono, ci fanno penetrare nella dimensione temporale dagli istanti così sfuggenti dei transitori d'attacco o di decadimento o del periodo dei suoni più acuti, sino alle grandi lunghezze di un concerto o di una sinfonia.

L'attenzione dell'ascolto trasporta la percezione oltre i confini del tempo, dilatando la sensazione di durata sino ai limiti dell'eternità.

*Struttura generale del messaggio musicale.* Si è visto che il messaggio musicale deve istruire l'ascoltatore del codice che opererà lo sviluppo dell'idea iniziale; esso deve perciò possedere, specie nella fase "istruttiva" di una certa "ridondanza" che permetta l'assimilazione delle figure temporali (frequenze, ritmi, accenti), che poi si "svilupperanno" per mezzo della "variazione" (Schömburg 1967, pp. 8 sgg.; Chomsky, pp. 389-391; Minsky).

RIDONDANZA  
RIPETIZIONE  
ISTRUZIONE

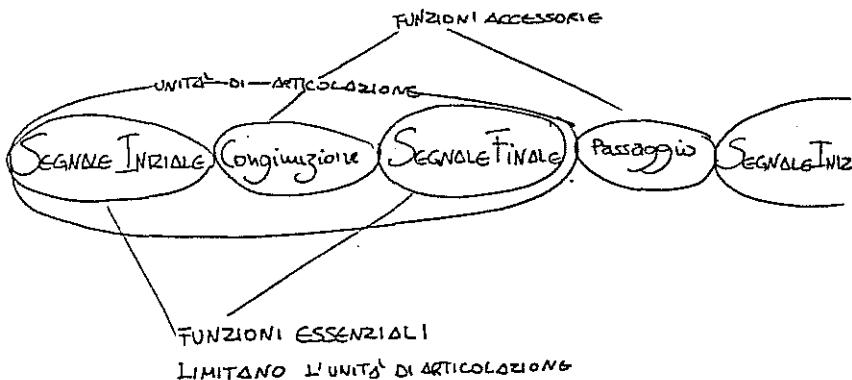
musica/gioco

CONCISIONE  
VARIAZIONE  
SVILUPPO

Perché le diverse figure siano percepibili come unità a sé stanti, e quindi la loro variazione acquisti un senso (Boudon, p. 173), queste devono possedere delle "funzioni" al loro interno, che chiameremo "essenziali", che permettano la loro identificazione (*Ibidem*; Ruwet, pp. 19 sgg.). Queste sono il "segnaletivo iniziale" ed il "segnaletivo finale" (\*SI\* & \*SF\*) (Oppo).

Un'unità di articolazione è dunque determinata dalle funzioni essenziali appena nominate, e può anche possedere delle funzioni che si chiameranno accessorie e che completano il quadro (*Ibidem*). Queste sono la "congiunzione" (\*C\*), che si trova fra il Segnale Iniziale e il Segnale Finale di un'unità di articolazione, ed il "passaggio" (\*P\*), che si trova fra il Segnale Finale ed il Segnale Iniziale di due diverse unità di articolazione consecutive fra loro (*Ibidem*) (Fig. 8).

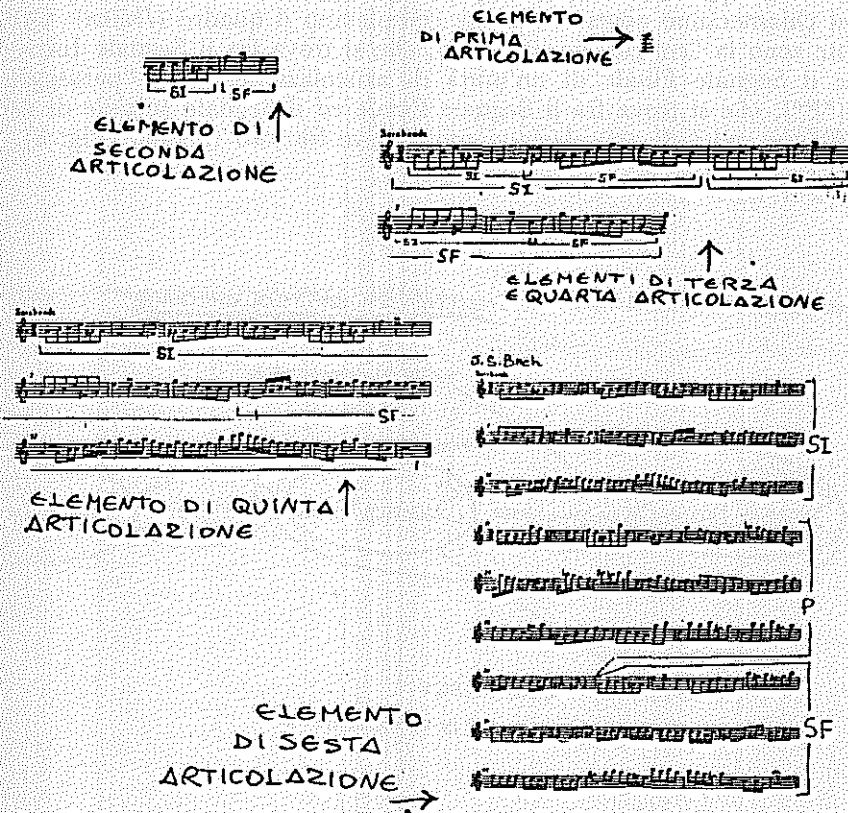
### FIGURA TEMPORALE • UNITÀ DI ARTICOLAZIONE



*Figura 8 - Immagine temporale di un'unità di articolazione musicale.*

Il discorso musicale si articola su diversi livelli. Si stabilisce il primo e più basso livello di articolazione nella nota singola, e si comincia a descrivere la forma di un pezzo di musica assegnando le funzioni di \*Si\* e di \*SF\* alle unità di 1<sup>a</sup> articolazione o a gruppi di queste (*Ibidem*).

Si possono così individuare unità di 2<sup>a</sup> articolazione (prime cellule del discorso musicale) che a loro volta concorrono, al pari delle unità di 1<sup>a</sup> articolazione, a formare i \*Si\* ed i \*SF\* delle unità di 3<sup>a</sup> articolazione. Questo discorso si può estendere facilmente fino a che l'unità di articolazione più grande di tutte comprende l'intera composizione (*Ibidem*) (Fig. 9).



*Figura 9 - Esempi diversi delle possibili articolazioni gerarchiche di un pezzo di musica.*

*Significato nella musica.* Queste proprietà linguistiche appena accennate, devono esistere in qualsiasi pezzo di musica che abbia un significato intrinseco.

Il "significato" viene attribuito alla "musica" per mezzo degli isomorfismi che esistono fra i diversi elementi e moduli (unità di articolazione e funzioni del discorso musicale), e fra questi e la composizione completa (Hofstadter, Geb, pp. 629-630).

L'interesse nell'ascolto è creato infatti dalla possibilità di riconoscere degli elementi, confrontandoli con altri assimilati in precedenza, e di valutare così la quantità e la qualità della differenza che li separa dal modello di riferimento presente nella memoria (Kunst; Laske; Minsky).

L'ascolto può essere anche paragonato al percorso di un labirinto all'interno della memoria: man mano che si procede si perde di vista il punto di partenza, ci si passa e ripassa in maniera sempre diversa, e spesso sembra di intravvedere l'uscita, ma più volte bisogna ritornare al centro per esplorare ancora; solo quando il gioco si è esaurito, e non ci sono altre risorse da mostrare senza forzare o ripetere esageratamente, si arriva alla fine, all'uscita (Kunst; Laske; Minsky).

Bisogna ancora ricordare che una musica, come qualsiasi altra opera dell'ingegno umano, è inserita in una cultura ed in una tradizione tipica del periodo e del luogo nel quale è stata pensata. Per questo motivo una persona che conosce quella particolare cultura, avrà più facilità ad identificare le diverse funzioni degli elementi, e valutare le differenze fra le loro variazioni ..., insomma capirà prima e meglio il significato di quella musica rispetto ad un ascoltatore con una diversa formazione musicale (Nattiez).

La cosa più sorprendente è però il fatto che anche l'ascoltatore inesperto, se animato da un po' di disponibilità, potrà "capire" musica (ben scritta!) di qualsiasi cultura e periodo, anche se a lui totalmente sconosciuta.

*Musica senza significato.* (Fubini, pp. 116-133, e p. 66). Tutto quello che è stato detto vale dunque per musiche dotate di una struttura ed un'organizzazione interna: perciò una musica priva di correlazione fra le sue parti, costruita con criteri di scelta aleatori od estranei ad una logica di comunicazione (Xenakis 1982, pp. 147-148), non potrà mai avere un significato, nel senso che si è specificato (Hofstadter, Geb, pp. 55-56), ma solo in un ambito che contenga dei riferimenti esterni coi quali si misura e si oppone (Ahlstrom; Xenakis 1971, pp. 180-181; anche in Xenakis 1982, pp. 33-34).

Questo tipo di musica è quindi fuori da questo contesto, ed il suo

valore si deve inquadrare nell'ambito storico; la funzione di questa musica si individua infatti essenzialmente nella rottura degli schemi e delle tradizioni del passato (Ahlstrom). La riflessione che ne è scaturita ha però allargato le possibilità del materiale musicale ed i confini della forma della composizione.

Il contributo di questa musica non è di natura estetica, perché la sua valutazione è strettamente dipendente dal contesto culturale al quale si oppone, e perciò non possiede quella autonomia di riferimenti e quella completezza che caratterizzano un messaggio con significato intrinseco.

La sua funzione è perciò "teorica", e la si può paragonare alle opere teoriche di Zarlino o di Werkmaister, che definendo e relativizzando la gamma dei suoni di base, hanno stabilito nuovi punti di partenza per i contemporanei e per i posteri; nel momento attuale l'effetto di questa ricerca è però rivolto non più all'universo di suoni, ma soprattutto all'ampliamento delle possibilità formali, e dei rapporti che determinano il significato della musica (Fig. 10).

Dopo questa breve precisazione necessaria a dare un inquadramento anche a quelle misure prive di significato linguistico intrinseco, si esaminerà più in dettaglio il processo di "istruzione e definizione" degli elementi di un codice, contrapposto al loro "sviluppo" (Minsky).

*Struttura dell'articolazione musicale.* Per quanto detto sino adesso, si considera una composizione musicale come se fosse costituita da un insieme di elementi fra loro correlati, che si articolano su diversi livelli di relazione, per sommarsi nel disegno ultimo della "forma" (Oppo; Fubini, p. 56, e p. 67). Questi elementi sono individuabili per mezzo delle loro parti interne che assolvono la funzione di segnalarne l'inizio e la fine, con la sola eccezione degli elementi di base, i singoli suoni, i quali sono determinati e distinti dai loro transitori d'attacco e di decadimento (Oppo). È anche possibile ampliare facilmente questa visione al caso di frequenze che variano con continuità, assegnando il primo livello di articolazione alla figura più semplice, individuabile sempre con il principio dei segnali iniziali e finali.

I punti più significativi per la comprensione delle funzioni linguistiche, e quindi delle articolazioni, ed ancora dei loro rapporti, sono perciò sempre questi elementi chiave, il "segnalet iniziale ed il segnale finale", chiamati per questo motivo "funzioni essenziali" (Oppo). Perché possano essere riconosciuti come tali è però necessario che questi possiedano delle proprietà particolari, in merito all'informazione contenuta, che permettano questa distinzione.



*Figura 10 - Relazioni fra le funzioni di un'opera d'arte in rapporto al suo contenuto autoreferente.*

Uno studio statistico su un breve pezzo di musica, confrontato con la sua analisi formale della struttura linguistica, ha permesso di delineare almeno qualitativamente l'andamento di alcune grandezze

fisiche che caratterizzano lo svolgersi delle articolazioni. Da questo lavoro si è così avanzata un'ipotesi sulla loro struttura, sia in termini di "Si" e di "Sf", che dal punto di vista della funzione di "istruzione" e di "sviluppo" accennata in precedenza. (Fig. 11)



Figura 11 - Ipotesi della struttura dell'articolazione musicale.

*Entropia* & *informazione* – *ordine* & *simmetria*. Per andare avanti è ora necessario ricordare il concetto di "entropia" ed il significato che questa grandezza può assumere nella teoria dell'informazione.

La prima definizione di Entropia, fatta da Clausius nel 1865, distingue le trasformazioni termodinamiche isoentropiche o "reversibili" da quelle spontanee o "irreversibili", che presentano una variazione di questa grandezza (Caglioti, p. 93).

Un simpatico esempio può chiarire meglio questo concetto e spiegare la sua etimologia che la fa derivare dal greco "έντροπή", che significa "evoluzione" (*Ibidem*).

Si immagini di filmare una biglia di materiale perfettamente elastico mentre rimbalza su di una superficie piana; si può affermare

che l'evento è reversibile in quanto è del tutto normale anche l'evento che si osserva facendo scorrere la pellicola al contrario. Si immagini ora di ripetere lo stesso esperimento sostituendo alla biglia usata in precedenza una formazione, poniamo quadrata, di 16 o 25 biglie della stessa fattura; una volta lasciate andare contemporaneamente, le biglie iniziano a rimbalzare conservando la formazione, ma dopo pochi rimbalzi accadrà che, per via di minime differenze ed imperfezioni che si amplificano con l'andare avanti, le biglie si cominceranno a toccare sempre di più disturbando reciprocamente il moto inquadrato, fino a perdere completamente l'"ordine" originario, e quindi di spargersi in tutte le direzioni.

E chiaro che se nel primo caso il fenomeno è reversibile (nessuna variazione di Entropia o nessuna evoluzione), nel secondo caso si può affermare con certezza che il fenomeno è irreversibile, perché l'evento che si osserva facendo andare indietro la pellicola non ha alcuna possibilità di accadere spontaneamente in natura. Il moto disordinato di tutte le biglie in tutte le direzioni non potrà mai infatti orientarsi progressivamente sino alla formazione iniziale.

È avvenuta un'evoluzione, l'ordine è diventato disordine e l'entropia è aumentata.

Un'altra interpretazione dell'entropia fu data dopo pochi anni da Boltzmann che la considerò come il numero dei diversi stati possibili nei quali uno stato si può evolvere, una sorta di misura dell'incertezza dello stato (Fermi, pp. 67-69).

Più recentemente il significato si è esteso in diversi ed inaspettati campi come la teoria delle comunicazioni, la biologia molecolare o la teoria dell'informazione.

Per avere più chiari i motivi di questo fatto si pensi che l'entropia termodinamica misura la probabilità di uno stato termodinamico, e quindi, in misura inversa la sua tendenza ad evolversi in uno stato più probabile (si consideri un certo volume di gas ad alta pressione in mezzo a dello stesso gas a pressione minore, stato con bassa probabilità di esistenza ed alta tendenza ad evolversi, che si trasforma alzando leggermente la pressione del volume totale e rendendola omogenea, in uno con alta probabilità di esistenza e minima tendenza all'evoluzione, portando l'entropia del sistema da un valore minimo a quello massimo), mentre l'entropia informazionale misura la probabilità di una determinata disposizione di elementi di un codice all'interno di un messaggio; tanto è più bassa la probabilità di esistenza di un elemento o di una configurazione, tanto più alto è il suo contenuto di informazione e viceversa (un messaggio costituito da elementi identici, dove c'è probabilità massima di incontrare l'elemento che si ripete, ha un contenuto minimo di informazione, sino

al punto dove gli elementi si differenziano, diminuisce la probabilità di incontrarli, ed aumenta il contenuto di informazione) (Arnheim, pp. 22 sgg.).

L'entropia termodinamica ed informazionale hanno perciò un significato affine, ma con il segno invertito (Caglioti, pp. 101 sgg.). Come infatti nelle trasformazioni all'interno dei sistemi isolati l'entropia termodinamica aumenta sempre, inversamente l'entropia informazionale, nell'ambito di trasformazioni analoghe come trasmissione, comunicazione o memorizzazione, tende a diminuire la sua qualità e quantità per via della dispersione che impoverisce progressivamente il messaggio originale.

Si è associato il concetto di entropia a quello di "disordine". Se si definisce l'"ordine" come "misura della possibilità di classificare sottosistemi all'interno di un sistema" (Caglioti, p. 106), si può contrapporre alla *entropia termodinamica* → *disordine* ed alla *informazione* o *entropia informazionale* → *ordine*.

Un ultimo esempio servirà a comprendere meglio le relazioni fra i concetti ora accennati: una camera da letto è ordinata quando nei cassetti e ripiani si distinguono le diverse classi di oggetti come maglioni, calze, ... ecc. mentre quando è disordinata si trova un po' di tutto dappertutto (Arnheim, pp. 18-19); senza la costante immissione di informazione (scelte effettuate per riporre gli oggetti) ed energia, l'ordine iniziale presente nella camera si trasforma in disordine, in accordo con la tendenza riscontrata negli altri esempi.

Si introduce ora il concetto di "simmetria" e si mostrano le relazioni che ha questa grandezza con i concetti appena visti.

Diversamente da come si intende comunemente, la simmetria si oppone all'ordine, e cresce insieme al disordine e all'entropia. Si immagini una distribuzione omogenea di oggetti entro una superficie circolare, contrapposta ad una distribuzione degli stessi oggetti lungo due assi perpendicolari. Mentre nel primo caso la simmetria di rotazione rispetto al centro è massima (qualsiasi rotazione lascia immutato il sistema), nel secondo caso, dove gli oggetti sono stati ordinati lungo delle direzioni preferenziali, la simmetria di rotazione è diminuita perché solo rotazioni di 90° o multiple di questa lasciano il sistema identico (Caglioti, p. 107).

Relativamente all'informazione, la simmetria cresce come questa diminuisce, mentre l'informazione aumenta col rompersi delle simmetrie. Infatti un messaggio redatto con un vocabolario di poche parole, ripetendo le stesse frasi (simmetria traslazionale), contiene meno informazione di un messaggio che utilizza molte parole diverse (alto grado di distinzione fra gli elementi = ordine) e non ripete neanche una frase (mancanza di simmetria) (Fig. 12).



Figura 12 - Opposizione fra Entropia ed Informazione.

*Analisi statistica.* A questo punto si possono descrivere i procedimenti utilizzati per l'analisi di un brano di musica, precisamente la *Sarabanda* della *Partita in La minore* di J.S. Bach.

Si è voluto tracciare il grafico del flusso di entropia al passare del tempo. In termodinamica:

$$(1) \quad \text{entropia} = K_{\text{Boltzmann}} \log_e N \quad \text{dove } N \text{ è il numero di possibili configurazioni del sistema (Fermi, pp. 66-69; Caglioti, p. 65).}$$

Caglioti (op. cit., p. 65) identifica l'entropia termodinamica con quella informazionale e calcola il valore termodinamico del *bit* (unità di informazione data da una scelta fra due stati) come:

$$(2) \quad 1 \text{ bit} \leq K_B \log_e 2 = 9,7 \times 10^{-17} \text{ erg} \cdot \text{K}^{-1}$$

per quanto ci interessa però non ci riguarda l'aspetto quantitativo delle grandezze trattate, ma soltanto la forma della loro variazione, perciò si farà a meno di costanti e scale.

L'analisi che segue si propone di mostrare una traccia della variazione dell'entropia informazionale con l'evolversi della composizione. Ci si baserà esclusivamente sulla partitura musicale.

Per fissare le idee si suppone che l'insieme di informazioni da analizzare sia composto da una successione  $\bar{x}^1, \bar{x}^2, \dots, \bar{x}^n$  di  $n$  elementi (vettori con  $k$  coordinate ciascuno).

$$(3) \quad \bar{X}^i = (X_{1b}^i, X_{2m}^i, \dots, X_{kn}^i)$$

Ognuna delle coordinate appartiene ad un set di elementi ("alfabeto")

$$(4) \quad \underline{X}_1 = (X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1r}); \quad \underline{X}_2 = (X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2s}); \text{ ecc.}$$

e ad ogni elemento di ogni alfabeto è associata una certa probabilità di comparire rispetto a tutti gli altri.

Questi elementi o vettori si possono individuare sia nella singola nota,

$$(5) \quad \begin{array}{lll} \text{altezza assoluta} & \text{ritmo assoluto} & \text{altezza e ritmo insieme} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{nota che precede} & \text{nota che segue} & \text{nota che segue \& nota che precede} \end{array}$$

definita dai parametri sopra descritti, che in un gruppo di note

$$(6) \quad \begin{array}{lll} \text{gruppo di note} & \text{forma di frequenza} & \text{altezza riferita} & \text{forma ritmica} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{numero elementi} & \text{gruppo che precede} & \text{gruppo che segue} & \text{ecc.} \end{array}$$

Una volta conosciuti i valori delle probabilità di tutti gli elementi di tutti gli alfabeti

$$(7) \quad p(\underline{X}_1) = (p_{11}, p_{12}, \dots, p_{1r}) \text{ ecc., dove}$$

$$(8) \quad p_{rs} = \frac{\text{numero di volte che compare}}{\text{numero degli elementi } X_i = n} X_{rs} \text{ (Lorrain),}$$

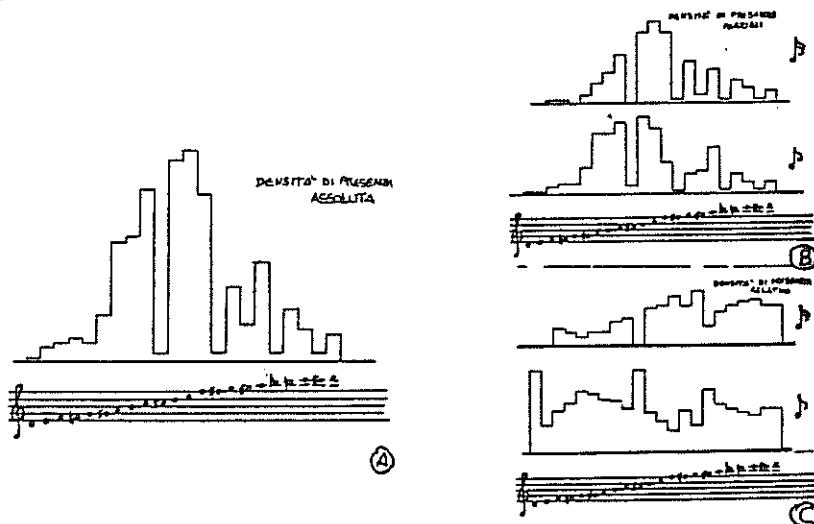
si definisce l'entropia associata allo stato di ogni elemento in maniera simile all'entropia termodinamica, a meno della costante e del segno:

$$(9) \quad \text{Entropia} = \text{Informazione} = \sum_k \log p_{ki} = E \text{ dove}$$

(10)  $p_{ki}$  è la probabilità di comparire della  $k$ -esima coordinata dell'elemento  $\underline{x}^i$ ,  $i$ -esimo elemento dell'alfabeto  $\underline{X}_k$  (Baffioni).

Nel lavoro si sono definite le coordinate di 308 note  $\bar{X}^i$  ognuna con 6 coordinate, utilizzando i valori delle grandezze descritte nella formula (5).

Elaborando le tabelle delle coordinate si sono raccolti i dati in diversi grafici che evidenziano delle regolarità e degli andamenti curiosi che fanno riflettere sull'entità delle interrelazioni fra i parametri in gioco nella composizione, e sulla completezza dell'equilibrio con il quale sono state sfruttate le possibilità del materiale (Fig. 13).

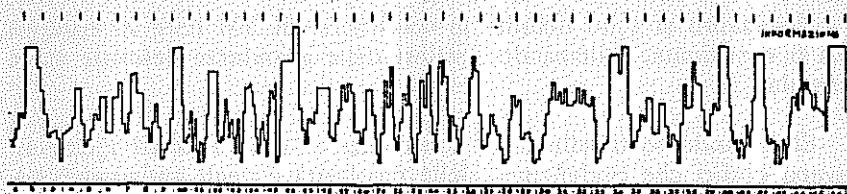


*Figura 13* - (A) densità assoluta di presenze delle note del pezzo, (B) densità assoluta di presenze delle note con valore di semicroma e di croma, (C) densità relativa di presenza delle note con valore di semicroma e di croma.

*Dati significativi:* 1) per (A) e (B) le distribuzioni tendono a delle gaussiane, 2) per (C) si nota che la densità relativa aumenta per le note acute di breve durata e per le note gravi di lunga durata.

Tornando allo scopo primo dell'analisi, è molto interessante e significativo confrontare il grafico del flusso dell'informazione rispetto al tempo, con l'analisi formale effettuata utilizzando la teoria delle unità di articolazione accennata precedentemente (Fig. 14 e 15).

Si vuole ora puntualizzare che questo, come tutti i procedimenti di analisi sia statistici che linguistici che si possono concepire, sono



*Figura 14 - Flusso di informazione rispetto al passare del tempo espresso in battute musicali.*

sempre superficiali e per la loro natura incompleti (Laske; Caglioti, p. 23). Si può paragonare il potere descrittivo di un lavoro di questo tipo ad una fotografia o ad un profilo di un essere vivente, che se pur ci dà un'immagine della forma o della struttura è ben lontana dallo spiegarci il segreto della vita.

Questa analisi statistica, tesa alla determinazione della variazione del flusso di informazione rispetto al tempo, è certamente carente e criticabile sotto diversi punti di vista; la sua forza consiste però nella sua trasparenza e nella sua semplicità di concezione, che hanno consentito un'interpretazione ricca di significati una volta che la si è confrontata con l'analisi formale della struttura linguistica. Il paragone fra i moduli funzionali e le articolazioni, ricavati con mezzi "empirici", e i flussi di informazione ottenuti in maniera "scientifica", entrambi vagliati e confermati dal buon senso e da una certa competenza musicale, permette di accoppiare la variazione di grandezze fisiche quali l'informazione, sia con l'evoluzione di un modulo linguistico o articolazione, che con l'alternanza delle funzioni essenziali del discorso (Fig. 16).

Per via della semplicità ed incompletezza dei dati su cui è basato il grafico del flusso di informazione, e forse per dei motivi contingenti delle strutture esaminate, il confronto con l'analisi linguistica è realmente produttivo sui livelli di articolazione più ampi e per alcuni gradi sottostanti.

Si può vedere in figura 17 che si ripetono con costanza alcuni modelli di andamento.

Come si può notare sopra la caratteristica ricorrente più importante è che, nell'andamento generalmente oscillante, si ha una cresciuta progressiva dei valori massimi man mano che si evolve l'articolazione. Questo disegno si conclude con un picco di valore tanto più alto tanto è elevato il livello dell'articolazione che finisce.

È stata anche calcolata una misura della ripetitività delle battute, che, comparata alla media parziale dell'informazione, arricchisce il panorama di dati dal quale si dovranno estrarre delle conclusioni.

## ELEMENTI DI TIPO A

Sarabande

A $\emptyset$ 

A1

A1

A1

A2

A3

A3

A4

A5

A5

A6

2A7

A8

## ELEMENTI DI TIPO B

## ELEMENTI DI TIPO C

IL NUMERO CHE SEGUVE OGNI ELEMENTO  
CRESCHE COME AUMENTA LA DIFFERENZA  
DAL MODELLO CUI DIPENDE

Figura 15 - Classificazione delle unità di II articolazione della sarabanda della «Partita in La minore» per flauto di J.S. Bach, e loro successiva aggregazione nella partitura in unità di livello superiore.

$$A\emptyset + A4 = X\emptyset$$

$$A1+A1+A5 = X1$$



$$B\emptyset + B1+B2+C\emptyset = Y\emptyset$$



$$A6+A8 = X2$$

$$2C3+2C3+C1 = Z\emptyset$$



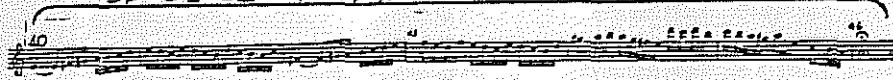
$$A3+A3+2A7+C1 = T\emptyset$$



$$A1+A2+A5 = X1$$



$$B\emptyset + B1+B2+C\emptyset = Y\emptyset$$



$$X\emptyset + X1 = \alpha$$

$$Y\emptyset = \beta$$

$$\alpha + \beta = A$$

$$X2+Z\emptyset = \gamma$$

$$T\emptyset = \delta$$

$$\gamma + \delta = B$$

$$X1 = \alpha'$$

$$Y\emptyset = \beta'$$

$$\alpha' + \beta' = A'$$

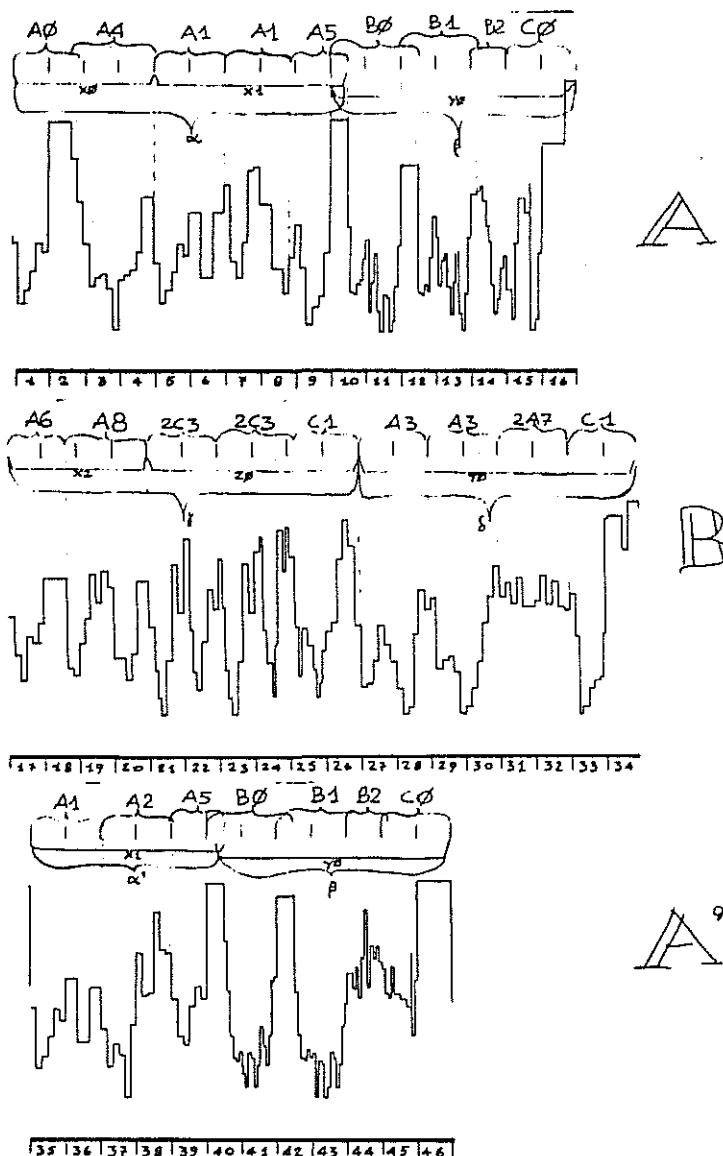
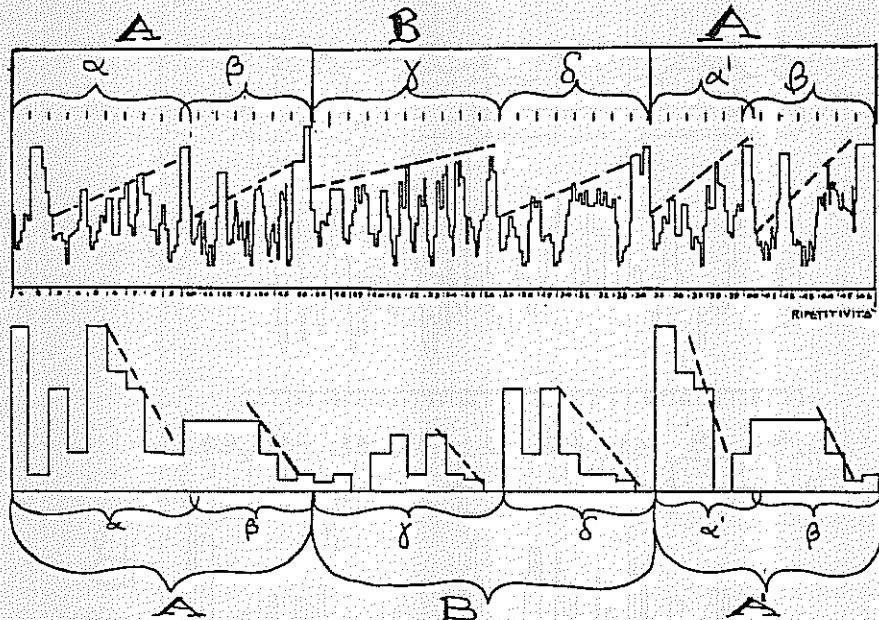


Figura 16 - Paragone fra i risultati dell'analisi statistica con quelli dell'analisi formale.



*Figura 17 - Flusso di informazione con la traccia dell'andamento crescente dei massimi relativi, in rapporto alla ripetitività con la traccia dell'andamento decrescente, entrambi confrontati con la segmentazione del pezzo ottenuta dall'analisi formale.*

*Conclusioni.* “Un’unità di articolazione” a sé stante, dotata ovviamente delle sue funzioni essenziali che la confinano e la determinano, “è caratterizzata da un flusso di informazione che cresce” in complessità ed ampiezza dei valori dei massimi relativi “col passare del tempo, e si conclude con un picco di valore massimo”, in corrispondenza della fine del segnale finale.

Dopo tutte le riflessioni precedenti, questo fatto si giustifica facilmente con la struttura che era stata ipotizzata nel messaggio musicale, per spiegare la possibilità di attribuirgli il significato.

L’articolazione (dal secondo o terzo livello sino al più alto, che comprende tutta la composizione) è composta da una prima fase caratterizzata da un flusso di informazione con punte relativamente basse, con una funzione perciò orientata sull’“istruzione” del codice, avallata dai valori di Simmetria, Ripetitività, e quindi Ridondanza, qui più elevati che altrove (Baffioni; Minsky; Ruwet, p. 97) (Fig. 18).

Successivamente il flusso di informazione oscilla in cicli di am-

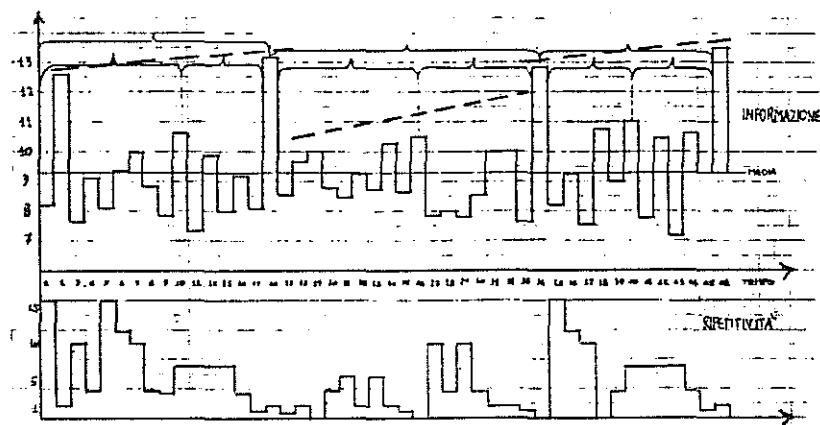


Figura 18 - Andamento dei valori medi del flusso di informazione e di ripetitività.

piezza crescente, i cui valori massimi crescono progressivamente. È dunque come se dopo una fase primaria di istruzione della grammatica e del vocabolario del linguaggio proprio della composizione, occorre la fase di "sviluppo" delle idee, caratterizzata da una ampiezza crescente dei picchi di informazione, dovuta alla maggiore variabilità dei moduli qui utilizzati, alla loro rarità (bassa probabilità di presenza) ed alla rottura delle simmetrie presenti precedentemente (Baffioni; Caglioti, p. 70; Minsky).

L'evoluzione più ovvia di questo andamento, è il picco di ampiezza massima che conclude l'unità di articolazione, e che ne segnala la fine con l'effetto della sorpresa prodotta dalla rarità del modulo utilizzato. Come è infatti normale aspettarsi, la fine di un pezzo o di una frase musicale, sempre che sia ben scritto, non è banale, scontata o facilmente prevedibile, ma grazie alla maniera con la quale si distingue dal resto, rappresenta il momento cruciale dell'articolazione, proprio per la sua essenziale funzione linguistica.

Un altro aspetto degno di nota è il comportamento più vario che presenta l'altra funzione essenziale, il Segnale Iniziale; a differenza del *\*Sf\**, che è caratterizzato da un picco di ampiezza massima rispetto alla parte che precede, il *\*Si\** ha un valore di informazione normalmente basso, soprattutto quando si inizia una nuova parte del discorso, dove è necessaria una certa ridondanza (correttivo riduttivo dell'informazione) per istruire più facilmente l'ascoltatore dei nuovi ampliamenti del materiale sonoro, mentre può avere un valore di

informazione relativamente alto specialmente quando vi è un'intersezione fra le articolazioni adiacenti ed il \*Sr\* dell'unità che precede è anche \*Si\* di quella che segue.

È comunque costante la progressiva crescita dei valori massimi, sino al segnale finale, che si incontra immancabilmente dopo il segnale iniziale.

*Estetica.* Si è accennato brevemente alla questione estetica, riponendosi di soffermarsi successivamente sul problema. Una volta chiarita la struttura di base che deve possedere un messaggio artistico, si può indagare con più consapevolezza sul suo fattore estetico.

Da quanto detto sin'ora, si può affermare che uno scopo primario (il significato) del messaggio artistico in generale, è la "comunicazione" di una serie di "informazioni" che riguardano l'"esplorazione delle possibilità" del materiale.

Tanto più profonda è la penetrazione all'interno del materiale, e tanto è grande ed universale la capacità di comunicazione del messaggio, altrettanto ampia e ricca è la "quantità di significato" che si può estrarre dall'opera.

Questo vale sia per la musica che per tutte le altre discipline artistiche: come i ricami di un arazzo ci mostrano le possibilità con le quali si possono combinare quei colori, come l'architettura di un teatro applica delle soluzioni per l'utilizzazione dello spazio per offrire a più persone lo spettacolo, alla stessa maniera che una tecnica grafica d'arte astratta indaga in un aspetto delle possibilità di quel materiale, la composizione musicale presenta del materiale acustico, e successivamente guida l'ascoltatore a sondarne le più inaspettate derivazioni, sviscerando gli aspetti più reconditi celati nell'idea di partenza.

Si tiene a puntualizzare che il valore estetico non dipende dalla completezza della rosa delle possibilità intraprese (pedanteria), né dalla elevata comunicabilità (banalità), ma si crede di rappresentarne una misura nella "quantità di significato", "tempo di comprensione".

Credo che sia accettato universalmente l'assunto che la sequenza del meccanismo di percezione di un'opera d'arte, già descritta in termini di "istruzione/sviluppo" (Minsky), sia la stessa in qualsiasi genere di disciplina artistica (Hochberg).

Nella musica è stato forse più facile capire l'esistenza dei due processi distinti che generano il significato e rendono quindi possibile la comprensione, perché la percezione dell'opera è "guidata" lungo la traccia del tempo dalla consecutività degli eventi imposta dal suo

confinamento nella dimensione temporale, ma è lecito supporre che anche nelle opere d'arte grafica o di architettura, od in genere nelle opere d'arte che coinvolgono anche le dimensioni spaziali, occorrono meccanismi analoghi di comunicazione (*Ibidem*, pp. 87 sgg.) (Fig. 19).



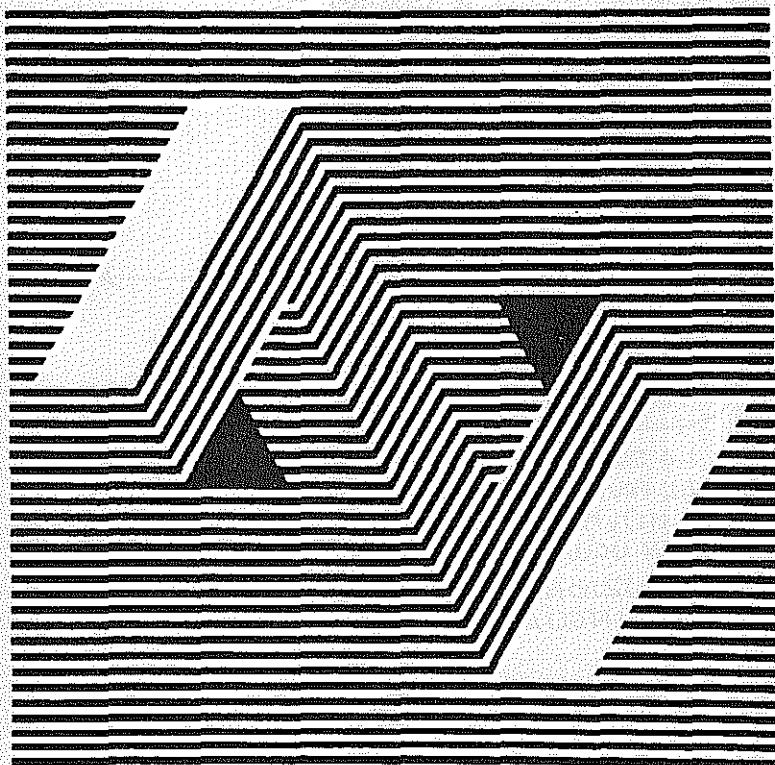
Figura 19 - Diverso rapporto percettivo fra la musica e le arti visive.

Pur non essendo specificata la successione degli stimoli, l'atto della percezione visiva "costruisce" l'immagine all'interno della memoria raccogliendo prima le informazioni più semplici, simmetriche e ridondanti, per poi scandagliare sempre più in profondità la com-

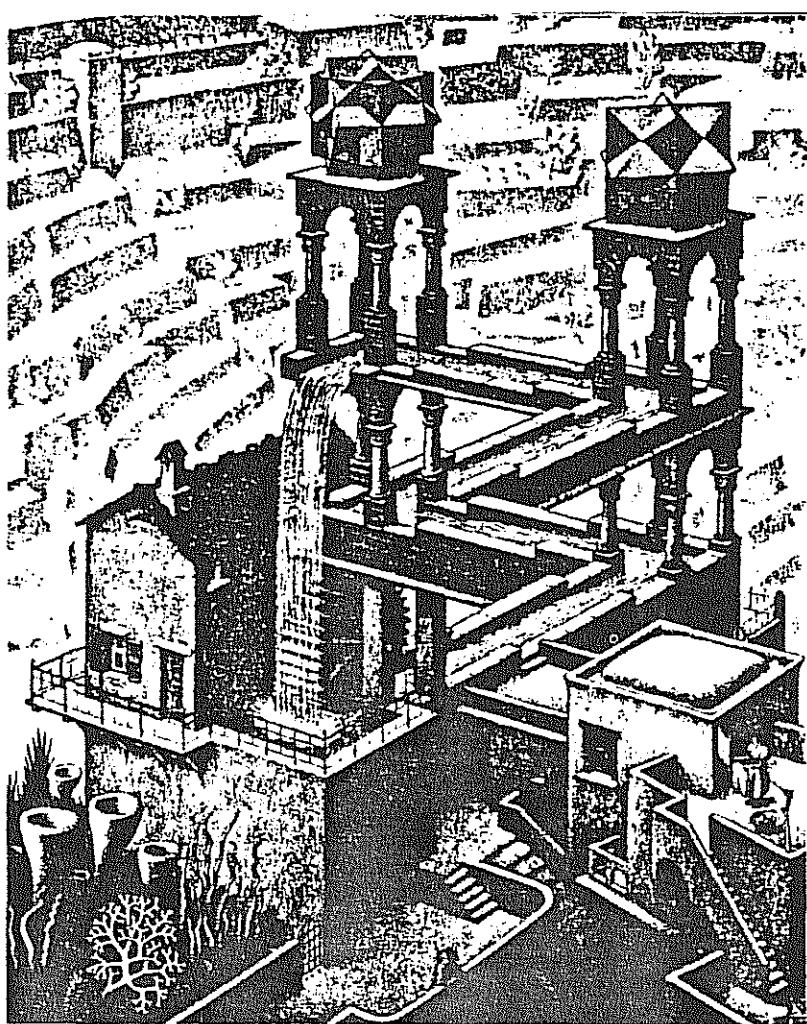
plessità e le relazioni di ordine superiore (*Ibidem*, pp. 76 e sgg.; Xenakis 1982, p. 146).

La certezza del primo sguardo si trasforma in un'ambiguità che dilata lo spazio percettivo, la simmetria della figura iniziale si rompe per aumentare l'apporto di informazione (Caglioti, p. 70, pp. 76-78, p. 84, p. 134, ecc.), tutto con un andamento di assunzione delle informazioni che è molto facile immaginare simile al grafico del flusso di informazione già esaminato (Figg. 20a e 20b).

Perché l'opera possieda il valore estetico è necessario che il processo di "istruzione" e quello di "sviluppo" siano ottimizzati. Si deve realizzare perciò la "massima comunicazione" unita al "massimo



*Figura 20a-b* - La certezza del primo sguardo si trasforma in un'ambiguità che dilata lo spazio percettivo, la simmetria della figura iniziale si rompe per aumentare l'apporto del flusso di informazione



contenuto" di "significato" (Arnheim, p. 58, p. 70) e quindi di "informazione". Questa condizione porta dunque al "bello", che si può assimilare al "piacere estetico".

Il "piacere estetico", come anche il piacere più in generale, si instaura quando un messaggio trasmette al destinatario la "massima stimolazione informativa", o meglio permette la "massima acquisizio-

ne di conoscenza” (massima soddisfazione) richiedendo soltanto un “minimo sforzo percettivo” (minima dissipazione) (*Ibidem*; Fubini, pp. 60-61) (Fig. 21).



*Figura 21 - Piacere e dispiacere.*

Per verificare l'asserzione appena fatta si pensi che il contrario, cioè il dispiacere, si verifica quando ad un grosso sforzo percettivo (massima dissipazione) si accoppia un minimo apporto di conoscenza (minima soddisfazione). Il fatto estetico ha comunque molteplici livelli di fruizione, secondo la disposizione e l'educazione dell'individuo; l'importanza che il fattore conoscenza assume nella fruizione del

piacere in un'opera, è confermata anche dalla maggiore soddisfazione che si può trarre da un ascolto se lo si ripete più volte o, ancora di più, se questo avviene dopo un'attenta e meticolosa analisi, entrambi fattori che permettono una comprensione più profonda della forma della composizione.

Si considera ancora che perché coesistano massima comunicazione e massimo contenuto, è necessario che:

– il "contenuto" sia più vicino possibile alla "verità" (Caglioti, pp. 149-151; Hofstadter, Geb, pp. 629-630), intesa sì come aderenza alla realtà, ma con un significato più generale che includa in questa realtà anche le possibilità di percezione e di distinzione di diversi stimoli anche astratti e non facenti parte della natura osservabile, e che

– la "comunicazione" avvenga nella maniera più immediata possibile, per mezzo di grammatiche e strutture di linguaggio che assomiglino più possibile alle "reali strutture percettive" del nostro cervello, per facilitare così la formazione di isomorfismi fra stimolo e destinatario (Laske; Hofstadter, Geb, pp. 629-630).

Nel bello ci deve essere perciò "verità" nel contenuto, e "verità" anche nella maniera con la quale questo contenuto viene esposto. Il "bello" è dunque "vero" (Caglioti, pp. 149-151; Hofstadter, Geb, pp. 629-630; Laske).

*Analisi dell'arte.* L'analisi di una qualsiasi opera d'arte deve cercare di evidenziare e di sintetizzare le strutture di questa. L'obiettivo è di proporre una "grammatica", cioè una descrizione strutturale del linguaggio formale, che giustifichino le relazioni che esistono fra i diversi moduli (Haus, p. 83).

L'utilità di una descrizione compatta e sintetica dei passaggi dell'opera (Laske), può talvolta indurre in errore nella valutazione estetica; la determinazione di una salda struttura logica di base che abbia ispirato la concezione di una composizione può anche portare ad una sopravalutazione di questa; benché la struttura individuata sia una condizione necessaria per il fine estetico, non è certamente sufficiente (Road).

La particolarità ed i risvolti sottili a cui si presta il materiale che si evolve, spesso non possono essere descritti se non che dalla partitura stessa, o meglio ancora dalla sua corretta esecuzione.

L'analisi, che di regola tende a sezionare il discorso musicale, trova nei suoi confini diversi problemi che limitano e rimandano in modo decisivo alla partitura originale (Road) senza permettere una descrizione sintetica (Fig. 22).

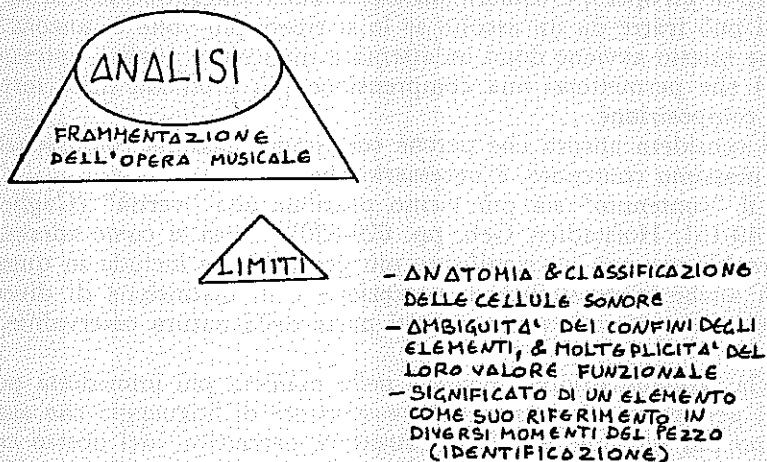


Figura 22 - Limiti dell'analisi musicale.

*Analisi musicale.* Il prodotto estetico è il risultato di una grande quantità di elementi che si sommano in un delicato equilibrio, e, per questo motivo, con i rudimentali mezzi offerti dall'analisi, non si possono cogliere che visioni parziali dell'evento artistico (Road). Solo il nostro cervello, con la sua enorme complessità, grazie al lavoro dell'intuito e della mente inconscia, può recepire la moltitudine degli stimoli dell'opera d'arte, e formulare istantaneamente un giudizio, anche apparentemente immotivato.

Il lavoro dell'analisi, pur nei suoi limiti, non va sottovalutato, perché ci mostra dei profili e degli aspetti dell'opera, probabilmente ignoti anche al compositore, che ci aiutano a capirla meglio ed a valutare più coscientemente il peso e l'importanza delle diverse idee che compongono la sua forma.

Questo apporto di conoscenza consente di indirizzare con più efficacia l'attenzione durante l'ascolto, e permette di guidare con più competenza le scelte nella composizione musicale (Haus, pp. 54-55).

Perché il lavoro di analisi possa essere più utile possibile, bisogna che vengano utilizzate diverse tecniche di indagine, e che i loro risultati siano analoghi o addirittura complementari, in modo da giustificare le strutture ed i modelli che vengono estratti; è inoltre importante valutare le coincidenze e le rilevanze statistiche più per il loro ruolo funzionale che per il mero significato numerico, ridimensionandole di conseguenza (Ruwet, pp. 118-119).

*Musica col computer.* A questo punto sarà più facile spiegare perché ho voluto inserire questo intervento in questa rassegna di lavori sull'informatica musicale.

Il problema attuale della musica col *computer*, credo che consista in gran parte nel mediocre valore estetico di molte opere (Rizzardi), ed anche nella difficoltà di organizzare un circuito o una proposta di manifestazione che concili le esigenze dell'ascoltatore con la forma delle opere rappresentate.

Questo fatto credo che sia dovuto alla formazione dei musicisti con il *computer*, che nella maggioranza dei casi è basata su una cultura tecnica/scientifica che spesso non ha permesso di affrontare con la profondità necessaria le problematiche dell'arte.

Nella condizione attuale gli sforzi di questo piccolo esercito di musicisti pionieri, sono rivolti soprattutto all'esplorazione dell'universo di possibilità sonore e di soluzioni tecniche che si offrono; un'indagine di questo tipo, che ricalca i metodi scientifici più che quelli artistici, è destinata a produrre opere che spesso appaiono carenti sotto diversi aspetti.

Per quanto si stia diffondendo l'idea che è molto più importante lo sviluppo di un materiale piuttosto che lo sfoggio di effetti sempre diversi, il problema che deve essere affrontato con maggiore consapevolezza è probabilmente la logica dello sviluppo, che può essere sì basata su questioni matematiche, geometriche, statistiche, ..., ma deve possedere delle proprietà comunicative che ne permettano l'intellegibilità nella maniera più completa.

L'analisi formale delle opere di ogni tempo, il cui valore è avallato dai secoli o, nel caso di opere contemporanee, dai consensi unanimi, deve mirare a mettere in luce le relazioni che intercorrono nell'opera, e così chiarire, almeno in parte, i modelli percettivi che rendono accessibile nella sua comprensione, per arrivare infine ad una valutazione estetica.

Bisogna stare attenti a non considerare l'analisi delle opere musicali come un'operazione fine a se stessa che rivela le "strutture" sintetizzandole in astratti schemi di simboli (Laske). In questa maniera si rischia di allontanarsi dalla realtà dell'opera, che, oltre che di strutture e costruzioni (...) è fatta anche di raffinate corrispondenze, ambiguità, ed importanti affinità quasi impercettibili.

L'analisi deve perciò unirsi ad una reale esperienza musicale di ascolto o di interpretazione, che ci faccia considerare le modalità di fruizione, e da queste le funzioni che l'opera esplica nei diversi strati sociali che ne vengono a contatto (Minsky; Fubini, pp. 148 sgg.) (Fig. 23).

L'importante è perciò, per dirla con parole di *Fubini* (op. cit., p.

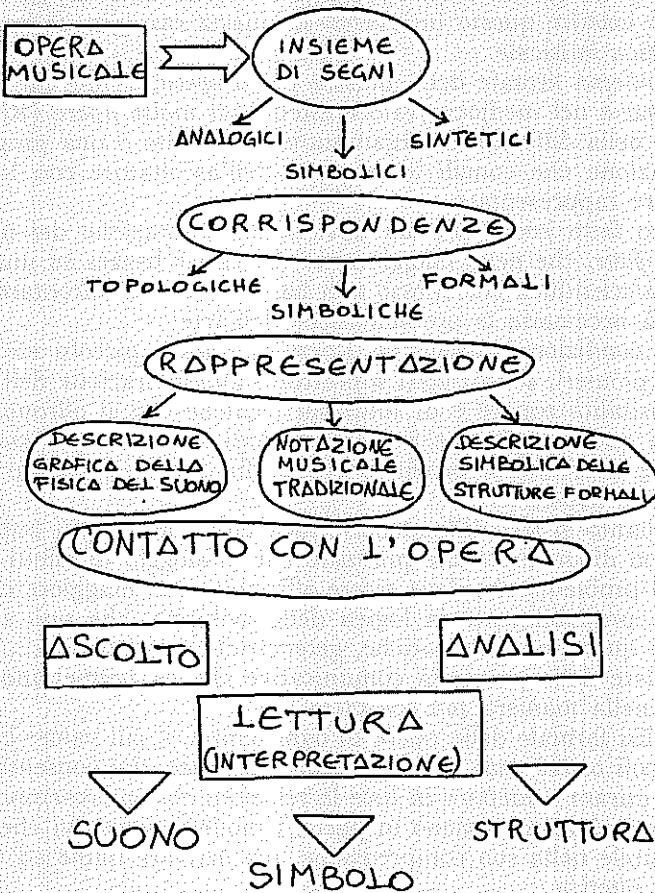


Figura 23 - Varietà di contatto con l'opera musicale.

154), "entrare nel vivo dell'opera, cioè la sua struttura formale, senza però cadere nel cerchio magico del formalismo".

L'ultimo aspetto che si esamina, non per questo meno importante degli altri, viene di seguito in questa discussione che parte dalle cellule dell'opera musicale, e, con successive aperture approda allo studio della sua funzione come fatto sociale/socializzante.

La rivoluzione che ha investito le diverse discipline artistiche per

effetto dell'avvento di nuovi mezzi tecnologici come parti attive dell'opera, si sta compiendo in questi tempi anche nella musica.

L'introduzione del *computer* come interprete o addirittura come compositore di musica, muta enormemente i consueti schemi di fruizione dell'opera. Si possono raccogliere in tre categorie i diversi ruoli che il *computer* può occupare nell'ambito musicale

- il *computer* come elemento aggiunto nell'organico di un insieme (orchestra o gruppo da camera), sia usato in tempo reale che per mezzo di registrazioni;
- l'utilizzazione del *computer* come interprete solista;
- il *computer* come compositore di musica.

Nel primo caso non si modificano le modalità di ascolto in uso sino adesso, e per questo il fatto è accettato totalmente dagli ascoltatori.

Il secondo caso è il più problematico perché offre della musica senza presentare un interprete umano. Per questo motivo le strutture degli auditorium e delle sale da concerto non sono sempre idonee per intrattenere gli ascoltatori con questa musica (Figg. 24a e 24b).

Nella maggior parte dei casi il pubblico, sia che si tratti di esecu-

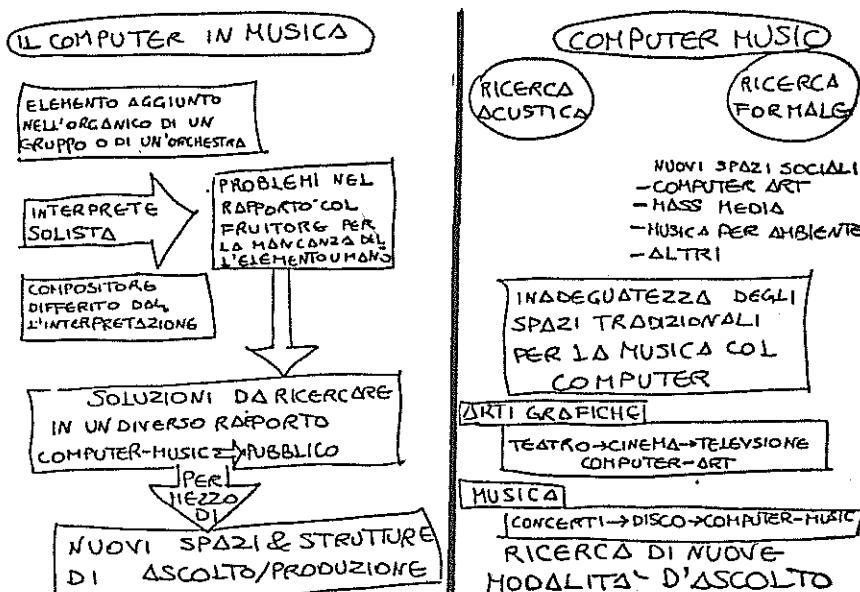


Figura 24a-b - Rapporti fra la Musica, il Computer e l'Arte.

zioni in tempo reale che di registrazioni, si trova a disagio ad osservare (l'architettura dell'auditorium è funzionalizzata ad ascoltare con lo sguardo rivolto verso il palco dove ci sono gli interpreti) dei macchinari immobili o delle casse acustiche dalle quali fuoriescono i suoni.

Spesso succede che anche il compositore ha pensato alla musica proprio per proporla negli spazi tradizionali, come già visto idonei ad altro genere di spettacolo, rifacendosi a delle forme altrettanto tradizionali; per questo motivo si può immaginare quanto è facile che vi siano delle contraddizioni di fondo insite nell'opera.

Il compositore di musica col *computer* deve immaginare degli spazi nuovi dove proporre la sua opera in forme nuove. Se lo spettacolo è puramente acustico non bisogna polarizzare la vista inutilmente per non disturbare l'ascolto.

Una delle tante soluzioni a questo problema può essere la "musica per ambienti", lanciata oramai da diversi anni da Bryan Eno. Questa è musica che viene concepita per essere ascoltata in ambienti già rumorosi di per sé, come aeroporti, stazioni ferroviarie, incroci cittadini, ristoranti, o anche teatri naturali come cascate, litorali marini (Ahlstrom), ecc.

In questa maniera si approfitta dell'attenzione che un potenziale utente dell'ambiente interessato può dedicare all'ascolto; la musica che ha questa funzione deve possedere delle proprietà particolari che ne permettano la comprensione nonostante le intrusioni acustiche esterne, e perciò, come un qualsiasi segnale che vuole superare una barriera di disturbo, deve possedere una notevole ridondanza.

La musica concepita tenendo conto della sua destinazione, deve adattare la sua forma alle funzioni che esplica, cioè bisogna "specializzare le qualità estetiche in funzione delle modalità di fruizione".

Oltre a questi convegni sociali non finalizzati all'ascolto, la musica col *computer* può trovare spazio in ambienti pensati appositamente, oppure in forme di diffusione per mezzo di mass-media (sigle televisive o pubblicitarie, dischi, ecc.) od in altre manifestazioni artistiche che la sposino alla neonata *Computer-Art*. L'importante è che si consideri la funzione che l'esecuzione dell'opera, inserita nella struttura che la accoglie, esercita nell'ambito sociale (*Ibidem*).

*Finalità.* Quello che si vuole proporre è che lo sforzo della ricerca che coinvolge gli aspetti formali e sociali dell'opera musicale, raggiunga un'intensità almeno paragonabile a quello che si sta facendo ora riguardo alla qualità del suono e alle tecnologie annesse; in questa maniera si appianerebbero gli squilibri che tuttogi affliggono la

neonata arte della "musica col *computer*", ambasciatrice sempre più attiva dell'unione fra arte e scienza (Fig. 25).

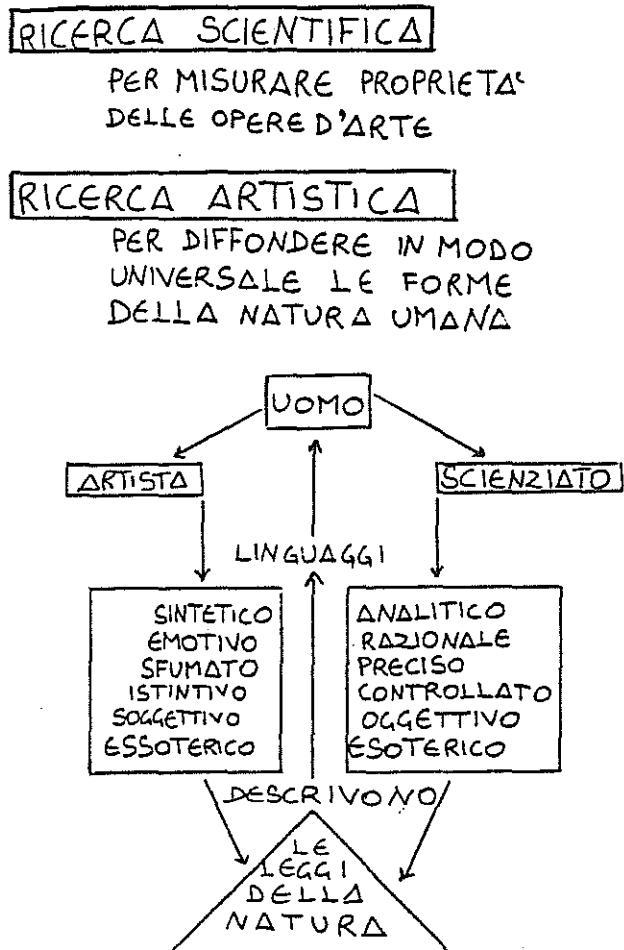


Figura 25 - Opposizioni ed affinità fra la Scienza e l'Arte.

## Bibliografia

- T.W. ADORNO, *Introduzione alla sociologia della musica*, Einaudi, Torino 1972.
- D. AHISTRÖM, "Beyond Music. Metamusic", *Interface*, vol. 11, 1982, pp. 195-211.
- R. ARNHEIM, *Entropia e morte*, Einaudi, Torino 1973.
- J.S. BACH, *Partita a-moll für Flöte allein*, BWV 1013, H.P. Schmitz, Barenreiter Kassel, 1963.
- C. BAFFONI - F. GUERRA - L. TEDESCHINI LALLI, "Music and Aleritory Processes", in *Atti di Musical Grammars and Computer Analysis*, Modena 1982, L.S. Olschki, Firenze 1984.
- M. BARBIERI, *La teoria semantica dell'evoluzione*, Boringhieri, Torino 1985.
- R. BOUDON, *Strutturalismo e scienze umane*, Einaudi, Torino 1970.
- G. CAGLIOTTI, *Simmtrie Infrante*, CLUP, Milano 1983.
- N. CHOMSKY, "Linguaggio", in *Enciclopedia Universale Einaudi*, Einaudi, Torino 1979, vol. 8, pp. 352-399.
- E. FERMI, *Termodinamica*, Boringhieri, Torino 1972, pp. 54 sgg.
- E. FUBINI, *Musica e linguaggio nell'estetica contemporanea*, Einaudi, Torino 1973.
- E.H. GOMBRICH - J. HOCHBERG - M. BLACH, *Arte e percezione della realtà*, Einaudi, Torino 1973.
- G. HAUS, *Elementi di Informatica Musicale*, Jackson, Milano 1984.
- J. HOCHBERG, "La rappresentazione di cose e persone", in *Arte e percezione della realtà* (a cura di E.H. Gombrich), Einaudi, Torino 1973, pp. 55-112.
- D.R. HOFSTADTER, *Gödel, Escher, Bach (GEB)*, Adelphi, Milano 1984.
- D.R. HOFSTADTER, "LISP, linguaggio di elezione dell'IA", in *Le scienze quaderni*, n. 25, Settembre 1985, pp. 101-111.
- J. KUNST, "Music and Communication-On Musicology as a Behavioral Science", in *Interface*, vol. 7, 1978, pp. 189-204.
- O.E. LASKE, "Toward an Explicit Cognitive Theory of Music Listening", in *Computer Music Journal*, vol. 4, n. 2, 1980, pp. 73-83.
- C.I. LEWIS, "I modi del significato", in *Semantica e filosofia del linguaggio* (a cura di L. Linsky), Saggiatore, Milano 1969, pp. 75-95.
- D. LORRAIN, "A. Panoply of Stochastic Cannons", in *Computer Music Journal*, vol. 4, n. 1, 1980, pp. 53-81.
- M. MINSKY, "Music, Mind and Meaning", in *Computer Music Journal*, vol. 5, n. 1, 1981, pp. 28-44.
- J.J. NATIEZ, "Melodia", in *Enciclopedia Universale Einaudi*, Einaudi, Torino 1979, vol. 8, pp. 1042-1067.
- F. OPPO, "Per una teoria del linguaggio musicale", in *Atti di Musical Grammars and Computer Analysis*, Modena 1982, L.S. Olschki, Firenze 1984, pp. 115-130.
- V. RIZZARDI, "Una mutazione culturale", in *Numero e Suono*, catalogo Icmc 1982, ERI, Venezia 1982, pp. 48-49.
- C. ROAD, "Grammars as Representations for Music", in *Computer Music Journal*, vol. 3, n. 1, 1979, pp. 48-55.
- N. RUWET, *Linguaggio, Musica, Poesia*, Einaudi, Torino 1983.
- A. SCHÖMBERG, *Manuale di armonia*, Saggiatore, Milano 1963.
- A. SCHÖMBERG, *Elementi di Composizione Musicale*, Suvini Zerbetti, Milano 1967.
- I. XENAKIS, *Formalized Music*, Indiana University Press, Bloomington 1972.
- I. XENAKIS, *Musica Architettura*, Spirali, Milano 1982.

## A grammatical description of music theory

P. D'Ambrosio, A. Guercio, G. Tortora

Dip. Informatica ed Applicazioni, Università di Salerno

*Introduction.* This paper presents a formalism to represent musical texts and rules in a grammatical fashion.

The interest in this approach is underlined by the existence of a package of programs which implements structures and their transformations (1).

*Musical theory by means of relational structures.* A complete representation of each note, in a musical passage, is given by specifying four parameters: name, lenght, loudness and distance from beginning of the passage. We have used relational structures (4, 5), regarding the representation of a musical passage. The name, the length and the loudness determine, uniquely, the note in the pentagram, whereas the distance determines, uniquely, the location of the note in the passage. These parameters range within the following sets, respectively:

$$\text{Name} = \{\text{C,C\#,D,D\#,E,F,F\#,G,G\#,A,A\#,B,Pause}\}$$

$$\text{Loudness} = \{1,2,3,4\}$$

$$\text{Length} = \{1/64, 1/32, 1/16, 1/8, 1/4, 2/4, 3/4, 4/4\}$$

$$\text{Distance} = \{1, \dots, N\}$$

The lenghts, which are not included in the given set, can be easily obtained by using ligatures. The different values for loudness, characterise the four intervals depicted in the figure 1.

The range of the parameter "degree" is expressed with respect to the tonic and it is the following: Degree = {Unisonous (U), minor second (Sem), major second (Se), minor third (Tem), major third (Te), diminished fourth (Qud), fourth, (Qua), diminished fifth (Qdi), fifth (Q), minor sixth (Ssm), major sixth (Ss), minor seventh (Sm), major seventh (S), diminished octave (Odi), octave (O), pause (P)}.

The range for lenght and loudness are:

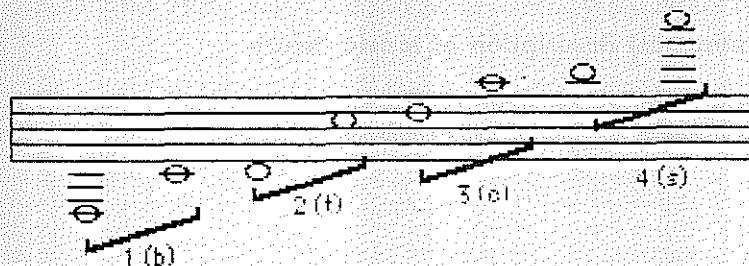


Figure 1

Lenght = {1/64 (Ssq), 1/32 (Trd), 1/16 (Sed), 1/8 (Ott), 1/4 (Qu1),  
2/4 (Qu2), 3/4 (Qu3), 4/4 (Qu4)}.

Loudness = {1 (b), 2 (t), 3 (c), 4 (s)}.

The atoms, in our structure, will be the items in the set  
 $S = \text{Degree} \cup \text{Lenght} \cup \text{Loudness} \cup \text{Distance}$ .

The formulas will describe relations between atoms: there is a group of predicates which models sequential structure of the passage, other predicates including information about tonality and mode, minor or major, of the passage. Moreover, we need to take into account, information about the harmonizing voice (first, second, third voice) to which a single note belongs. This last information is particularly useful in harmonizing melodies.

Generally, a musical passage will be expressed by a structure  $G = (G_A, G_F)$  where:

$G_A \subseteq \text{Degree} \cup \text{Lenght} \cup \text{Loudness} \cup \text{Distance}$

$G_F$  will contain formulas constructed by means of the following predicates:

$\text{Pos}(n, A)$ : the note in position  $n$  is the  $A$  degree of the tonic.

$\text{Alt}(n, m)$ : the note in position  $n$  has a loudness  $m$ .

$\text{Val}(n, q)$ : the note in position  $n$  has a lenght  $q$ .

$L(x)$ : points to the current position of a hypothetical place-marker in the passage.

This predicate enables the sequential analysis of the passage. The activation of each production increases the value of  $x$ , one by one, shifting this pointer to the next note.

$T(n, A)$ : beginning from the note in position  $n$ , the tonic will be the  $A$  degree of the previous tonic. We use the predicate  $T$  to preserve the independence from the musical context, also in areas of changes of tonality.

$M(n, z)$ :  $n$  is the position in the passage,  $z \in \{0, 1\}$ . It is the predicate that indicates the modality. Beginning from the note in position  $n$ , we are in major mode if  $z=1$ , in minor mode if  $z=0$ .

$M_0(z)$ :  $z \in \{0,1\}$ . It is a flag that we will use to know if we are operating in major ( $z=1$ ) or minor ( $z=0$ ) mode, without the need of specifying the previous predicate for any note.

$Ap(A,n,p)$ :  $n$  is the position of the note in the passage,  $A$  is a degree and  $p$  belongs to  $\{1,2,3\}$ . The meaning assigned to this predicate is the following: the note in position  $n$  has a  $p$ -th harmonizing voice that is the  $A$  degree of the tonic.

As an example, let us show how to obtain the representation of a short passage and the automatic harmonization of the following bar



Figure 2

$$G_A = \{U, Se, Te, Q \times U \{Qu1, Qu2, Qu4\} \cup \{t, c\} \cup \{1, \dots, 7\}\}$$

$$G_F = \{\text{pos}(1, U), \text{pos}(2, Se), \text{pos}(3, Te), \text{pos}(4, U), \text{pos}(-5, Q), \text{pos}(6, Te), \text{pos}(7, U), \text{val}(1, Qu2), \text{val}(2, Qu1), \text{val}(3, Qu1), \text{val}(-4, Qu4), \text{val}(5, Qu2), \text{val}(6, Qu2), \text{val}(7, Qu4), \text{alt}(1, t), \text{alt}(2, c), \text{alt}(3, c), \text{alt}(4, t), \text{alt}(5, c), \text{alt}(6, c), \text{alt}(7, t), M(1, 1), T(1, U), M_0(1), L(1)\}$$

To harmonize the first note, let us observe that the tonic is going to the supertonic in major mode. The production

$$p = (\underline{B}_1 \xleftarrow{\underline{b}_1} K \xrightarrow{\underline{b}_2} \underline{B}_2)$$

that realizes the association of the voices in position I, is the following:

$$\begin{array}{lll} pos(x, U) \leftarrow & pos(x, U) \rightarrow & pos(x, U) \\ pos(x+1, Se) & pos(x+1, Se) & pos(x+1, Se) \\ M_0(1) & M_0(1) & M_0(1) \\ L(x) & & Ap(Te, x, 1) \\ & & Ap(Q, x, 2) \\ & & Ap(0, x, 3) \\ & & L(x+1) \end{array}$$

The formulas “ $pos(x, U)$ ,  $pos(x+1, Se)$ ”, on the left hand side, allow us to verify the applicability of the rule. The flag  $M_0(1)$  recognizes if we are in a major mode and activates the group of harmonizing rules concerning this modality. On the right hand side, the three harmonizing voices corresponding to the 3°, 5° and 8° degree of the tonic, respectively, are added to the first note. The application of

$\text{pos}(x, U)$	$\leftarrow \text{pos}(x, U) \rightarrow \text{pos}(x, U)$
$\text{pos}(x+1, \text{Se})$	$\text{pos}(x+1, \text{Se})$
$M_0(1)$	$M_0(1)$
$L(x)$	$A_p(\text{Te}, x, 1)$
	$A_p(\text{Q}, x, 2)$
	$A_p(\text{D}, x, 3)$
	$L(x+1)$

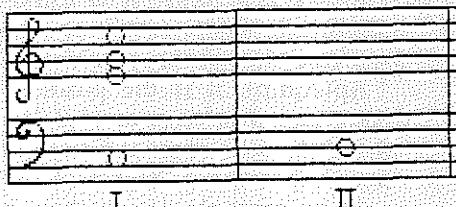


Figure 3

this production produces the pushouts in figure 1, where the function  $g$  that embeds  $B_1$  in  $G$ , is defined as follows:

$$\begin{aligned} g(x) &= \text{the unique atom } n \text{ such that } L(n) \in G_F \\ g('x+1) &= n+1 \quad g(A) = A \text{ for any other atom } A. \end{aligned}$$

The function  $h$ , that embeds  $B_2$  in  $H$ , is defined in a similar way.

*Final remarks.* The results obtained in this direction (2, 3), lead us to predict a growth of the system towards a real "music processor" that is at the musician's, composer's or musicologist's disposal, containing the capacity to elaborate musical texts, automatically. In fact the possibility of furnishing a database with packages of rules, allowing the composition, the analysis and the control of musical instruments is not far off.

The further developments of this system, that will constitute our new research hypothesis, induce us to design a generating and recognizing structure able to receive a passage as input and to decompose it in its structural components (by means of analysis rules), in order to classify them as a first step in the analysis and the recognition of musical styles.

## References

- (1) M. CANNAVALE, *Un package per l'implementazione di trasformazioni di strutture relazionali*, Tesi di Laurea in Scienze dell'Informazione, Università di Salerno, 1979.
- (2) P. D'AMBROSIO, *Una formalizzazione grammaticale della teoria musicale mediante strutture relazionali*, Tesi di Laurea in Scienze dell'Informazione, Università di Salerno, 1984.
- (3) P. D'AMBROSIO - A. GUERCIO - G. TORTORA, *Music theory by means of relational grammars*, Internal Report, Dip. Informatica ed Appl., Università di Salerno (1984).
- (4) H. EHRIG - H.J. KREOWSKI - A. MAGGIOLI-SCHETTINI - B.K. ROSEN - J. WINK-

owski, *Transformations of structures: an algebraic approach*, Math. System Theory, 14, 1981, pp. 305-334.

(5) A. MAGGIOLI-SCHETTINI - J. WINKOWSKI, "Towards a programming language for manipulating data bases", *Formal Description of Programming Concepts II*, ed. D. Bjørner, North-Holland Publish. Company, IFIP, 1983.

## Riproducibilità, Semiotica e Composizione per elaboratore

Nicola Bernardini

In questo saggio viene proposta un'analisi della situazione attuale della composizione musicale nei termini di un'attività culturale dell'era post-industriale della riproducibilità dei suoni.

Il re, che aveva gustato le arance offerte dal contadino, manifestò la sua approvazione con un complimento. Il contadino, contento ed orgoglioso dei suoi frutti, rispose: "Maestà! Non avete visto ancora niente! Queste, le diamo ai porci".

(da una barzelletta che mio nonno raccontava spesso; anche in C. Bernardini, *Che cos'è una legge fisica*, p. 77, Editori Riuniti, Roma 1983).

*Introduzione.* Un recente documento dell'IRCAM inizia con la seguente dichiarazione: "La Ricerca Musicale deve risolvere oggi problemi che non sono più di ordine tecnologico ma piuttosto di ordine cognitivo" (IRCAM - *Recherches Musicales* 85/86, p. 1). Questa frase riassume incisivamente una situazione a prima vista molto confusa. Malgrado i grossi balzi tecnologici di un passato recente e del presente, la *Computer Music* sembra trovarsi, dal punto di vista estetico, in una frase critica. Certo, le idee che circolano sono molte, ma poche sono quelle di rilievo per l'attività compositiva in sé.

Lo scopo di questo saggio è quello di penetrare nei meandri della composizione nell'ambito del mondo Occidentale (includendo in esso l'USSR) e di cercare, in uno spazio limitato, di mettere a fuoco alcune ipotesi di strumenti compositivi – sia fisici che teorетici. Essendo scritto da un compositore di *Computer Music*, questo saggio potrebbe essere considerato una proposta concernente un possibile approccio compositivo (anche se non in un senso strettamente generativo o procedurale). A questo riguardo, bisogna precisare che: 1) non si intende, in alcun modo, proporre un modello assoluto; 2) il saggio è, piuttosto, una raccolta di riflessioni scaturite dall'attività compositiva nel campo della *Computer Music*; 3) il saggio non è un'analisi delle composizioni dell'autore.

Dato che questa memoria si inoltrerà in differenti aree, verranno

citati solo quei lavori che aiutino a chiarire elementi specifici del discorso. Naturalmente, l'autore si assume la piena responsabilità di ogni imprecisione, desiderando tra l'altro incoraggiare le eventuali osservazioni e critiche.

*Sulla condizione del comporre.* Per comprendere il funzionamento di un modello compositivo all'interno del substrato culturale che lo produce sarà prima necessaria un'analisi, seppure sommaria, della realtà alla quale fa riferimento tale modello; nel nostro caso, siamo costretti, per mancanza di termini più appropriati, a chiamare questa realtà la società post-moderna, coscienti delle connotazioni abusate e fuorvianti del termine.

La cultura nella società post-moderna è stata abbondantemente studiata ed analizzata (cf., per es., Hassan 1971; Lyotard 1979; Lyotard 1984; Vattimo 1985): ci sentiamo quindi sollevati dal non facile compito dell'abbozzarne una descrizione approfondita. Sarà utile tuttavia sottolinearne quelle che noi consideriamo le caratteristiche più importanti.

Nelle società postmoderne “[la funzione narrativa] si disperde in nuvole di elementi linguistici narrativi, ma anche denotativi, prescrittivi, descrittivi, ecc. ognuno con una propria valenza pragmatica *sui generis*. (...) Così, questa società dipende meno da un'antropologia Newtoniana ... e più da una prassi delle particelle di linguaggio” (Lyotard 1979, p. 8). Lyotard afferma che, in questo modo, la società produce ciò che egli definisce una *crise du récit*, una crisi dell'impianto narrativo che ha permesso, sinora, la legittimazione del sapere (cf. Lyotard 1979). Tutto ciò che rimane, nella polverizzazione del linguaggio, è soltanto l'infinita catena di frasi separate. L'uniformità e l'omogeneità di questa condizione può essere disturbata soltanto in quell’“istante del linguaggio nel quale ciò che deve essere espresso in frasi non può ancora esserlo” (cf. Lyotard 1984). Questo “ritardo” è ciò che Lyotard ha definito come “differend”, il quale indica quel surplus verbale rispetto alla volontà umana che mette immediatamente in dubbio il concetto di “un linguaggio in pace con se stesso, ‘comunicativo’ ed agitato esclusivamente dalle volontà, passioni ed intenzioni umane” (cf. Lyotard 1984). Naturalmente, tutto ciò comporta, di seguito, implicazioni politiche ed ideologiche le quali, anche se di importanza estrema, non potranno trovare spazio in queste pagine.

Paradossalmente, questo nuovo nihilismo, questo “pensiero debole” (cf. Vattimo et al., 1983) produce una “soggettività senza soggetto” (cf. Blanchot 1983) che incorpora in sé stessa la propria contraddi-

dizione: un elemento "forte" di speranza e di volontà di sopravvivenza. Dato questo quadro, non sono certo sorprendenti le affermazioni delle filosofie ermeneutiche che prospettano un "ritorno del soggetto" (cf. il n. 77 di *Langages*, Paris Marzo 1985), rivalutando pensatori come Benveniste e Ricoeur e la loro opposizione a quel "delineare un trascendentalismo senza soggetto" (cf. Ricoeur 1963) operato dallo strutturalismo di marca levistraussiana.

*Lo status del suono.* Nella società sopradescritta, il suono sta tentando di definire una sua nuova identità dopo l'irreversibile trasformazione dovuta allo sviluppo delle tecniche di riproduzione ad esso riferite. Come è noto, questa trasformazione è stata analizzata in profondità dal punto di vista sociologico (cf., ad es. Adorno 1963; Benjamin 1974; Adorno & Eisler 1977; Mayer 1985). Molte delle riflessioni sviluppate in questi saggi sono di indubbia utilità e di grande valore per il compositore di musica elettronica e di *tape music* (cf. Stoianova 1983). La mancanza del tradizionale *hic et nunc*, di quell'*aura* (cf. Benjamin 1974) dell'opera d'arte riprodotta, la quale diventa tra l'altro "in misura sempre maggiore la riproduzione di un'opera d'arte predisposta alla riproducibilità" (Benjamin 1974, p. 27), sono certo problematiche con le quali gran parte di noi ha a che fare quotidianamente. Ad un altro livello, "l'influsso delle diverse ramificazioni dell'industria dei media ... [ha] indotto ... un profondo mutamento dell'istituzione 'musica' quale è stata tramandata storicamente, delle funzioni e delle strutture della vecchia come della nuova musica" (Mayer 1985, p. 119). Volenti o nolenti, siamo, in qualità di musicisti, parte integrante di questi cambiamenti: ignorare questo sarebbe equivalente a delirare.

Eppure, pensiamo che qualcosa, in questi studi sociologici, è rimasto trascurato. Questo qualcosa è proprio il suono stesso, assieme allo studio della percezione odierna delle strutture musicali nell'era della loro riproducibilità. Fortunatamente, altri autori, operanti in campi non specificamente musicali, hanno approfondito notevolmente la riflessione in questo tipo di problematiche. Uno di questi è McLuhan il quale, analizzando le trasformazioni introdotte dalle tecnologie tipografiche (cf. McLuhan 1962), ci ha fornito un dettagliato resoconto di ciò che succede durante e dopo una rivoluzione nei media di comunicazione.

*La notazione musicale e la riproduzione musicale.* In riferimento alle trasformazioni introdotte dall'alfabeto sonetico, McLuhan scrisse che

"un nuovo tipo di elaborazione dei problemi, uno alla volta, ..., dovrà sostituire il vecchio dialogo, poiché il metodo scolastico era un mosaico simultaneo, un trattare molti aspetti e livelli diversi del significato in una vivace simultaneità. Questo metodo non servirà più nella nuova era lineare [alfabetica e tipografica]" (McLuhan 1962, p. 129). Questa "linearità" d'elaborazione, trasposta all'introduzione della stampa musicale poco dopo l'invenzione della tipografia, ha senza dubbio contribuito allo sviluppo sequenziale della tonalità (un fenomeno che McLuhan stesso aveva notato - cf. McLuhan 1962, p. 61). Anche qui, alcuni fatti apparentemente ovvii nascondono una trasformazione più profonda, i cui effetti si fanno ancora sentire (cf. sotto, sulla notazione convenzionale). La proliferazione del madrigale, della "chanson" polifonica francese, delle intavolature per liuto sono strettamente connesse con l'espansione di un mercato rivolto alle nuove classi borghesi ed all'aristocrazia urbana, mercato potenziato al di là dell'immaginabile dalla neonata industria editoriale musicale. Questo ci permette di pensare, quindi, che se la stampa musicale fu una delle cause del mutamento di obiettivi dell'attività compositiva (schematicamente, dallo scrivere per scopi religiosi allo scrivere per scopi laici prima e borghesi poi), essa pose anche le basi fondamentali per una musica in perpetuo sviluppo lineare. Vale a dire uno sviluppo basato sulla trasgressione sequenziale delle regole grammaticali stabilite in precedenza. Il sistema temperato tonale ha fornito un eccellente terreno di sviluppo data la sua solida grammatica che ha resistito, più o meno, per tre secoli buoni (un lasso di tempo veramente notevole se si considera il grosso indebolimento sintattico provocato da ogni trasgressione). Questo è il modello evolutivo della composizione musicale che noi abbiamo ereditato, il quale, come vedremo, vige tuttora indisturbato.

Ci sembra ragionevole considerare pura coincidenza la simultaneità tra la polverizzazione del sistema tonale (e, conseguentemente, del suo modello di sviluppo) e la nascita della riproducibilità del suono. In ogni caso, questa simultaneità ha reso insostenibile la crisi sofferta dalla musica in questo secolo. Considerando gli sviluppi della tecnologia digitale, potremmo non essere d'accordo con la profezia mcluhaniana riguardo ad un "nostro mondo [che] si sposta da un orientamento prevalentemente visivo ad uno prevalentemente auditivo a causa della sua tecnologia elettrica" (McLuhan 1964, p. 26). I compositori di *tape music* conoscono fin troppo bene i rigori di una vita passata senza speranze nella cosiddetta "civiltà del grande occhio". Malgrado ciò, molte di queste riflessioni hanno già dimostrato la loro utilità. La strutturazione e la configurazione 'elettrica' della vita va sempre più incontro a quei vecchi strumenti di analisi e pro-

cedure frammentari e lineari dell'era meccanica" (McLuhan 1964, p. 26). "Da un lato, l'oscillazione ... dallo spazio visivo a quello acustico riportava ad una totalità sensoriale ...; dall'altro, questo ricupero non si strutturava come un semplice ritorno al passato pre-alfabetizzato" (McCaffery 1983, p. 73). Ciò significa che la mente è ora capace di conservare le proprie abitudini epistemologiche in un mondo percettivo multi-dimensionale, fatto tipicamente post-moderno che ci riporta quindi alla situazione che abbiamo prospettato all'inizio di questo saggio. E siccome sospettiamo che la riproduzione del suono coinvolga trasformazioni ben più radicali di quelle suscite dall'introduzione della stampa musicale, siamo portati a credere che, invece dei sintetizzatori, della tecnologia digitale, ecc., è la riproduzione del suono, in qualità di trasformatore delle nostre strutture percettive orali, il *vero* strumento di un nuovo tipo di evoluzione compositiva (che non dev'essere confusa con un nuovo tipo di composizione).

*Lo status odierno del segno musicale.* A Nelson Goodman (cf. Goodman 1968, p. 99; anche in Eco 1975, p. 241) è attribuibile l'importante distinzione tra arti "autografiche" ed arti "allografiche":

le prime non sono suscettibili di notazione e non ammettono esecuzione, le seconde possono essere tradotte in notazioni convenzionali, e la "partitura" che ne risulta può essere seguita anche con variazioni libere (vedi la musica). (In Eco 1975, nota a p. 241.)

Eco specifica poi che questa distinzione deriva dall'opposizione tra segnali "densi" e segnali "discreti". Per un segnale "denso" o "continuo" è difficile determinare le regole di generazione, rendendo impossibile così qualsiasi sorta di replica esatta (vedi la pittura) (cf. Goodman 1968; Eco 1975). La conseguenza più immediata di questa caratteristica, nelle teorie linguistiche, è stata l'attribuzione ai sistemi di segni "densi" della capacità di costituire soltanto sistemi simbolici monoplanari. In poche parole, i segni di questi sistemi non vengono interpretati; piuttosto, essi tendono ad essere interpretabili (cf. Hjelmslev 1943). E quando lo stesso Eco tenta di stabilire un sistema di segni siffatti, è costretto a limitarsi a vaghe definizioni come "galassie testuali", "segnali aperti", "strutture proposizionali" e così via (cf. Eco 1975, par. 3.6.6). La natura non-segmentata di questi segni non permette, quindi, una precisa articolazione.

In campo musicale, da questo punto di vista, vige una certa confusione. Da un lato, la notazione è indubbiamente costituita da segni "densi", poiché essi rappresentano solo alcune caratteristiche dell'evento sonoro al quale si riferiscono, lasciandone altre alla mercé delle caratteristiche costruttive degli strumenti musicali ed alle capacità

dell'esecutore il quale, per l'appunto, interpreta. Eppure, il segno musicale è riproducibile, segmentabile e quindi "discreto". Soltanto l'evento sonoro, prima dell'era della riproducibilità, rimaneva il vero segno "denso". Questa confusione, legata per lo più alla nostra abitudine di non scindere tra musica e partitura, ci ha spesso portato su strade impraticabili. Considerando la musica costituita da segni "discreti", si direbbe che i segni musicali possano comportarsi come quelli verbali, costituendo così un tipo di dicotomia come quella proposta da Saussure (la dicotomia *langue/parole*; cf. Saussure 1922, cap. III) o quella suggerita da Pike (la suddivisione *emic/etic*; cf. Pike 1947, cap. II). Molti musicologi e linguisti hanno adottato questi schemi per rappresentare la musica in termini di linguaggio (cf. Springer 1956; Buysse 1967; Bright 1963; Nettl 1971; Chenoweth 1972; Nattiez 1975). In particolare, Nattiez (cf. Nattiez 1975, pp. 76 e sgg.), capendo le limitazioni insite nell'adattare la dicotomia *langue/parole* alla musica, cercò di dimostrare che questa dicotomia genera automaticamente, in ambito musicale, la seguente tricotomia (Nattiez 1975, p. 82):

Tuttavia, dato che "il sistema tonale [come sistema di riferimento] esiste soltanto per l'industria manifatturiera dei trattati di Armonia, la quale considera regole 'grammaticali' quelle che possono soltanto essere considerate regole stilistiche" (Nattiez 1975, p. 84), il nostro autore scopre "tra la composizione specifica ed il sistema tonale, ... un'infinità di livelli stilistici" (Nattiez 1975, p. 82). Ma questo non elimina certo l'affinità tra linguaggio verbale e linguaggio musicale, dato che lo stesso Nattiez scrive poco dopo che "è estremamente interessante stabilire che è impossibile, in campo musicale, dipendere da un singolo livello di pertinenza, *per le stesse ragioni per le quali i linguisti sono stati costretti a raffinare la dicotomia saussuriana langue/parole*" (corsivo nostro) (Nattiez 1975, p. 86). È evidente che il problema è altrove.

Il fatto è che, come dicevamo prima, dal punto di vista della "notazione-come-mezzo-di-riproduzione"; il suono si comporta ben più come un segnale "denso" che come un segnale "discreto". Seguendo la definizione di Eco per questi segnali

dato un modello percettivo come rappresentazione "densa" di una data esperienza, assegnando all'oggetto percepito  $\times$  le proprietà  $\times 1, \times 2, \times 3, \dots, \times n$ , non appena l'esperienza culturale si realizza, il modello percettivo dà origine ad un modello semantico che conserva *solo alcune* delle proprietà della rappresentazione densa (corsivo nostro) Eco 1975, p. 312).

Il che è proprio ciò che accade con la notazione musicale.

Crediamo che l'errore del considerare il suono un segnale "discreto" più che "denso" è stato indotto dal contrasto tra il nostro modo antiquato di pensare alla musica ed il fatto di viverla invece nel mondo contemporaneo della riproduzione e dei media. Questo errore ha dato luogo a grosse inconsistenze nell'analisi del segno musicale. Tanto per cominciare, pensiamo che le difficoltà incontrate nello stabilire i livelli di pertinenza in musica attraverso la classica operazione di commutazione (cf. Hjelmslev 1961), hanno, tra le altre cose, spinto molti musicologi a considerare la musica un sistema monoplane (prerogativa, tra l'altro, dei sistemi "densi!") (cf., per es., Imberty 1975, p. 90; Jakobson 1983, p. 14; Delalande 1953, p. 53) schierandosi così assieme agli esponenti della cosiddetta teoria formalista tradizionale (cf. Hanslick 1893; Stravinsky 1942; Langer 1951; ecc.). D'altra parte, i teorici di un linguaggio musicale non puramente sintattico ma provvisto di spessore semantico sono stati portati a pensare alle connotazioni semantiche della musica esclusivamente in termini di connotazioni referenziali (cf. l'esempio estremo di Cooke 1962; ma anche: Meyer 1956; Osmond-Smith 1972; Imberty 1976; e, per certi versi, Lissa 1976; Stefani 1976). Comunque, vale la pena di notare che è ormai almeno da un secolo che si dibatte sul livello semantico della musica, senza venirne a capo.

Ancora una volta, la riproducibilità del suono rappresenta la via d'uscita (al momento giusto!), grazie alla sua proprietà di riuscire a suddividere il *continuum* sonoro in segmenti piccoli a piacere, di "discretizzare" il suono stesso, e non la sua rappresentazione. È evidente quindi che la riproducibilità dei suoni è un'innovazione paragonabile a quella dell'alfabeto sonetico e dei tipi mobili, mentre la rappresentazione del suono e della musica mediante la notazione convenzionale è, nel migliore dei casi, paragonabile alla rappresentazione che una buona fotografia può dare di un'opera d'arte visiva. La mancanza dei mezzi di segmentazione in musica ha orientato la percezione di essa, in passato, verso un sistema di segni puramente denotativo (eccetto nel caso della musica a programma nella quale, pur essendo i referenti codificati in maniera del tutto artificiale, alcune capacità semantiche della musica vengono di fatto dimostrate). La riproduzione del suono (ed i suoi corollari, come la diffusione del suono, ecc.) ha permesso al nostro impianto percettivo di cogliere livelli connotativi prima semplicemente inconcepibili. Naturalmente, è la comparsa delle tecnologie digitali che chiarifica al di là di ogni dubbio le potenzialità di segmentazione, falsificazione, e produzione di connotazioni inerenti alla riproducibilità del suono. Altre questioni sollevate dai musicologi nell'epoca della riproducibilità analogica del suono, come ad esempio il problema di un'analisi scientifica dell'in-

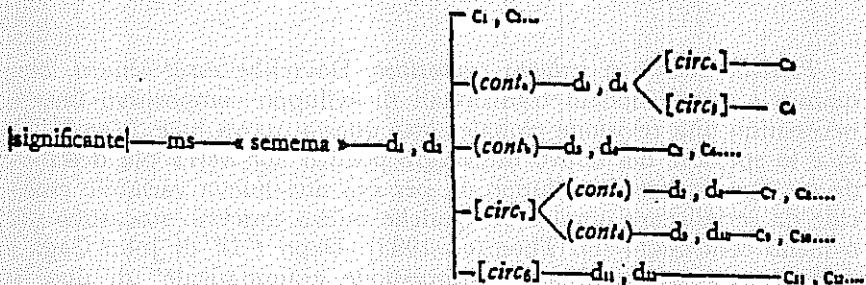
terpretazione (cf. Ruwet 1975, p. 34) (tanto per fare un esempio di un problema chiaramente dettato dal nuovo status del segno musicale), possono ora essere risolte con mezzi digitali (cf. Clynes 1984). In questo ordine di idee, non è sorprendente che la comunità della *Computer Music* abbia lavorato molto per cercare di stabilire se tale tecnica o tale macchina può o meno riprodurre suoni naturali, insistendo sul fatto che questo lavoro non era svolto per motivi musicali ma per motivi di ricerca. Ci sono buoni motivi musicali per ricerche di questo genere, e finalmente i compositori di *Computer Music* stanno iniziando ad accorgersene (cf. Barriere 1984, p. 182).

*Possibili modelli di sviluppo compositivo.* Dovrebbe esser chiaro, ora, quanto i nostri modelli tradizionali di sviluppo compositivo lineare necessitino una revisione globale sotto questa nuova luce. L'ambiguità e lo spessore del nuovo messaggio poetico non verrà più descritta da un tipo lineare di sviluppo di, per es., una nuova variabile musicale da serializzare oppure un qualche nuovo processo stocastico più o meno controllato (cf. Thomson 1983). Dopo 4'33" di John Cage è difficile accettare qualsiasi "trasgressione grammaticale" di tipo lineare, in musica (un fatto significativo: Cage inizia il suo libro *Silence* con le seguenti frasi (cf. Cage 1973, p. xii):

nothing is accomplished by writing a piece of music nothing is accomplished by hearing a piece of music nothing is accomplished by playing a piece of music	our ears are now in excellent condition
--	--

Piuttosto, la scintilla poetica della musica potrebbe nascere, oggi, dalle ambiguità connotazionali dell'odierno linguaggio musicale multi-dimensionale. Ciò significherebbe che i meccanismi di funzionamento della musica si stanno avvicinando sempre più ai meccanismi di funzionamento della poesia. Insomma, la musica potrebbe finalmente acquisire pienamente la possibilità di diventare il proprio meta-linguaggio. Questa possibilità le è già stata riconosciuta da alcuni studiosi perspicaci (cf. Levi-Strauss 1964; Court 1971; Eco 1975) e da alcuni compositori (tra i quali Mahler, Berg, Nancarrow, e più consciamente Ives, Berio, Snitke). Ma, a causa di limitazioni tecnologiche e teoriche, l'intero potenziale di questo modello è ben lungi dall'esaurirsi. Gli autori sopracitati non si spingono molto oltre alcune sofisticate tecniche di citazione e di *quodlibet*.

Un modello generale per la rappresentazione semantica che funziona piuttosto bene in musica è il *Modello Semanticamente Riformulato* (MsR), elaborato da Eco (cf. Eco 1975, Par. 2.11) e adattato da Stefani ad esempi musicali specifici (cf. Stefani 1976, pp. 200 e sgg.). Sinora, però, esso è servito per dimostrare alcune capacità connotative referenziali specifiche della cosiddetta musica funzionale. Un particolare significativo è il fatto che nello studio di Stefani gli esempi utilizzati siano le colonne sonore degli spot pubblicitari televisivi, un genere fortemente dipendente dalla riproducibilità dei suoni. Il modello è rappresentato in figura 1.



dall'oggetto  $||\alpha||$ , che deve essere inteso come un significante appartenente a un altro sistema semiotico" (Eco 1975, p. 153).

Le selezioni contestuali registrano altri sememi ... *comunemente* associati col semema rappresentato; le selezioni circostanziali registrano altri significanti ... che appartengono a diversi sistemi semiotici, oppure oggetti ed eventi assunti come segni ostensivi, *comunemente* occorrenti col significante corrispondente al semema rappresentato (Eco 1975, *ibid.*).

Questo modello è un buon punto di partenza per capire come viene percepita la musica nel nostro tempo. Pur avendo sviluppato un approccio limitato all'analisi di una musica "fortemente programmatica" (cioè la musica che accompagna gli spot televisivi), Stefani riesce a dimostrare che

Il MSR permette di integrare in modo omogeneo in un unico grado occorrenze segnifiche comunemente considerate "speciali" se non anomale dai musicologi, come la *citazione* ... Nel MSR infatti la citazione si riduce ad una marca come le altre, semplicemente decodificata in base ad una data selezione (Stefani 1976, p. 210).

A questo possiamo aggiungere che il MSR può descrivere connotazioni senza referente esterno. Alcuni rozzi esempi di queste connotazioni, espresse verbalmente, potrebbero essere: "puntillista" oppure "sembra Debussy" o anche "articolazione pianistica", ecc. – espressioni che servono se non altro ad indicare quanto il linguaggio verbale sia inadeguato per descrivere connotazioni musicali. Altra caratteristica importante del MSR è la sua capacità di spiegare con chiarezza i meccanismi secondo i quali una stessa composizione può venir ascoltata in maniere quanto meno differenti se non, talvolta, opposte, da individui diversi. Il tipo di ascolto dipende dalle diverse quantità di selezioni connotative (e denotative, anche se in misura minore) che ogni ascoltatore può eseguire sul pezzo in questione (per un approccio simile pur se impostato diversamente, cf. Nattiez 1975, p. 74). Questo significa che il MSR permette di spiegare diversi livelli culturali nell'ascolto (cf. Stefani 1976, *ibid.*).

Tuttavia, il modello MSR non è perfetto. Lo stesso Eco ne sottolinea alcune defezienze, notando che

Ciascuna marca costituisce ..., all'interno del semema, una sorta di "*embedded*" semema che genera il proprio albero e così via all'infinito ... Come rappresentare allora un simile universo semantico, che ha la ventura di essere proprio l'universo semantico in cui vivono gli esseri umani? (Eco 1975, p. 174)

Questo problema si fa particolarmente sentire in musica, dove marche sintattiche e marche semantiche di significanti di natura diversa (per es. l'altezza dei suoni, il ritmo, la forma sincronica e diacronica, il timbro, l'agogica strumentale, le tecniche, le relazioni spaziali, ecc.) sono spesso tutte inestricabilmente legate insieme in risultati molto specifici e significativi (questa problematica è stata notata anche da Stefani; cf. Stefani 1976, p. 209). Sarebbe come se, per esempio, oltre ad enumerare le denotazioni e le connotazioni di un certo discorso parlato, cercassimo di specificare tutta l'attività paralinguistica (come le espressioni facciali, l'intonazione, i gesti, ecc.) (non è certo un caso che una manipolazione di alcuni di questi parametri è stata già effettuata in campo musicale, come in *The Real Perpetuum Mobile* di Charles Amirkhanian o alcune composizioni di Charles Dodge).

Una possibile soluzione a questo problema, citata dallo stesso Eco, è il *modello Q*, dal suo creatore M. Ross Quillian (cf. Quillian 1968). Il modello Q è un modello di memoria semantica che permette un certo grado di analisi dei processi semantici della conoscenza. A differenza del modello MsR, nel quale la struttura si basa su un certo numero di elementi diversi e tutti gli elementi operano nella stessa dimensione, la caratteristica principale del modello Q risiede nei suoi due elementi di base o nelle sette categorie di collegamenti con le quali gli elementi possono disporsi su n dimensioni (o *piani*), dove n è il numero degli elementi che il modello include. Diversamente dal MsR il quale è strutturato sulle categorie di elementi, il modello Q è quindi basato essenzialmente su categorie di collegamenti (tuttavia, vedremo in seguito che è possibile trovare tra i due modelli alcune similitudini di fondo).

Di base, il modello consta essenzialmente di una massa di *nodi* interconnessi da diverse specie di *collegamenti associativi*. Ogni nodo può essere pensato come designato da una parola inglese, ma ciò che è di gran lunga la caratteristica più importante del modello è che un nodo può venir correlato al significato (o concetto) che la suddetta parola designante esprime in due possibili modi. Nel primo caso lo esprime direttamente, cioè i suoi collegamenti associativi portano direttamente ad una configurazione di altri nodi che rappresenta il significato espresso dalla parola designante. Chiameremo un nodo siffatto "*nodo tipo*". Il secondo tipo di nodo nella memoria si riferisce invece indirettamente ad un concetto possedendo un tipo speciale di collegamento associativo che lo lega al nodo tipo di quel concetto. Chiameremo un nodo siffatto "*nodo token*", o semplicemente "*token*" (Quillian 1968, p. 234).

Si può notare la similarità tra i concetti di *nodo tipo* e denotazione e quelli di *nodo token* e connotazione.

Nel modello di memoria, gli ingredienti utilizzati per costruire un concetto sono rappresentati dai *nodi token* i quali designano altri concetti, mentre il significato configurazionale del concetto è rappresentato dalla particolare struttura dei legami che connettono quei *nodi token* tra di loro. Sarà utile pensare alla configurazione dei *nodi token* interconnessi che rappresentano un concetto singolo come disposta tutta su uno stesso *piano* nella memoria. Ognuno di questi *nodi token* in tutta la memoria appartiene ad un qualche piano di questo tipo e possiede le sue connessioni associative particolari che lo legano ad altri elementi *token* della configurazione che giacciono sullo stesso piano. In breve, i *nodi token* rendono possibile la ricostruzione di un significato di una parola mediante significati di altre parole, come ingredienti, ed allo stesso tempo essi possono modificare e ricombinare questi ingredienti in una nuova configurazione (Quillian 1968, *ibid.*).

Un esempio che riguarda la rappresentazione dei tre significati della parola inglese [plant], così come sono definiti in un dizionario, è riportato in figura 2.

- PLANT.**
1. Living structure which is not an animal; frequently with leaves, getting its food from air, water, earth.
  2. Apparatus used for any process in industry.
  3. Put issued, plant, etc., in earth for growth.

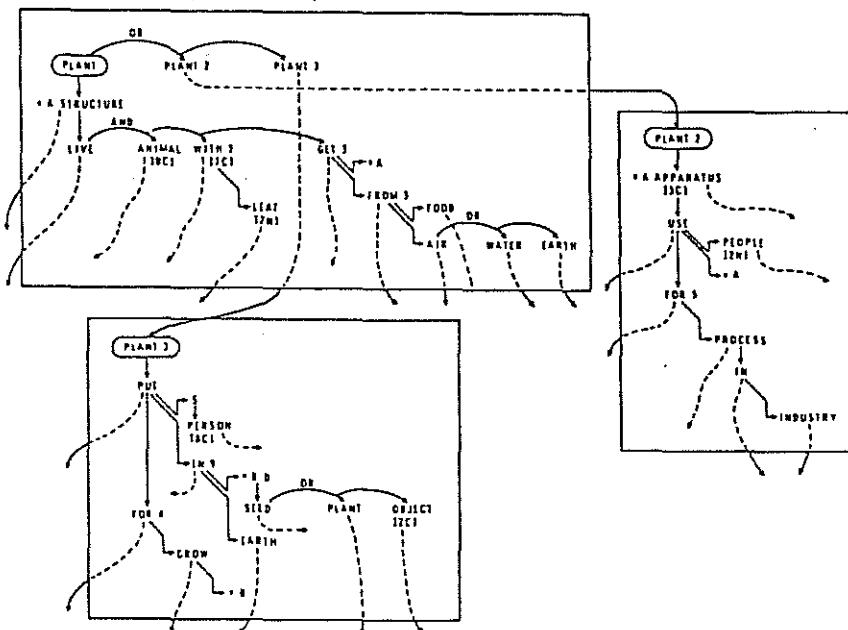


Figura 2 - "Semantic Memory" in *Semantic Information Processing*, Minsky M. (a cura di), MIT Press, p. 236 (da Quillian, M.R. 1968).

Le tre parole incorniciate, "plant", "plant2" e "plant3", poste a capo (negli angoli superiori sinistri) dei tre piani rappresentano i *nodi tipo*; tutte le altre parole illustrate nei piani in figura 2 stanno a rappresentare *nodi token*. Le frecce tratteggiate che si dipartono dai *tokens* indicano che ognuno di essi possiede un puntatore speciale che porta fuori dal piano alla sua definizione tipo, cioè al suo *nodo tipo* il quale si trova a capo di un suo proprio piano da qualche altra parte della memoria. Ciascuno di questi piani è interamente composto a sua volta da *tokens*, con l'eccezione del *nodo tipo* che ne sta a capo. (...) La struttura globale della memoria completa forma quindi un'enorme aggregazione di piani, ognuno dei quali è costituito interamente da *nodi token* con l'eccezione del *nodo "capo"*, il quale è sempre un *nodo tipo* (Quillian 1968, pp. 234 e ss.).

Per quanto riguarda la natura dei nodi stessi, verrà dato per scontato che questi corrispondono non tanto a nomi, frasi, immagini visive, ma piuttosto a ciò che normalmente chiamiamo "proprietà" ... Rappresentare una proprietà richiede il nome di un qualcosa che è una variabile, un attributo, ed in più un qualche valore o gamma di valori pertinente a quell'attributo. Questa caratteristica è stata realizzata nel modello di memoria considerando aggiunta ad ogni *token* la specifica della quantità o dell'intensità appropriata alla definizione del concetto che si intende descrivere ... Questi valori permettono di codificare restrizioni con una finezza di nove gradazioni diverse, cioè permettono di rappresentare nove gradi di "discriminazione assoluta" (Quillian 1968, p. 242).

Questo significa che

la lettura sulle etichette [aggiunte ad ogni *nodo token*] del *valore*, caratteristica di questo modello, assieme alla sua capacità di formare insiemi disgiunti di attributi, forniscono questi ultimi di un meccanismo rapido per rappresentare informazione molto vaga. Questo è essenziale. È proprio la vaghezza del significato nella maggior parte dei termini dei linguaggi che li rende utili (corsivo nostro) (Quillian 1968, p. 245).

Pensiamo che questa descrizione abbastanza dettagliata del modello Q sia necessaria per poter chiarire le potenzialità ed i problemi dell'uso di un simile modello in musica. Il modello Q sembra essere un buon metodo di analisi perché, non essendo un modello generativo ma piuttosto un modello semantico, possiede le seguenti caratteristiche: 1) come abbiamo visto, esso permette di definire ambiguità e indeterminatezze di significato; 2) il sistema può compiere delle inferenze (descritte da Quillian come "Plane-hopping", "saltabecare di piano in piano": cf. Quillian 1968, p. 251); 3) il sistema può apportare autonomamente modifiche alla sua stessa struttura; 4) infine, esso è n-dimensionale, permettendo così il collegamento e la sovrapposizione dei differenti piani semiotici della musica (o di qualsiasi

altro linguaggio). A questo punto, le possibilità di adattamento di questo modello alla musica sembra dipendere per lo più dalla possibilità di esprimere correlazioni (i "collegamenti" del modello) in termini di elementi musicali, possibilità che appare, al primo approccio, piuttosto remota. Tuttavia, parlando della memoria visiva, Quillian afferma che

sembra quantomeno ragionevole supporre che un singolo immagazzinamento di informazione costituisca la base sia di una memoria "semantica" che di una memoria "spazio-visiva", poiché la loro differenza non risiede nella struttura dell'immagazzinamento dell'informazione ma piuttosto nel modo in cui quell'informazione statica viene utilizzata (Quillian 1968, p. 239).

Ancora una volta, la segmentazione di un *continuum* (in questo caso, quello visivo) è la condizione *sine qua non* per una proliferazione semantica; questa condizione è ormai completamente risolta in musica grazie ai suoi mezzi di riproduzione dei suoni.

La versione del 1968 del modello Q presentava alcune incertezze, molte delle quali più di natura tecnica e probabilmente già risolte da tempo (cf. Quillian 1968, par. 4.5). Ma una difficoltà di natura strutturale minava molte delle sue possibilità: continuava a rimanere, di fatto, un modello deterministico. L'elaborazione di un modello di memoria come di un grosso dizionario, derivata dal modello Katz-Postal (cf. Katz & Postal 1964) (modello criticato dallo stesso Quillian, tra l'altro: cf. Quillian 1968, p. 265) gonfia il modello Q sino a farlo diventare "un abnorme aggregato di piani" (Quillian 1968, p. 237) il quale non sembra aver molto a che spartire con una normale memoria umana (come ha scritto Minsky nell'introduzione dello stesso libro: "Non ho mai sentito parlare di un'ipotesi che suggerisce seriamente che una persona possa contenere nella sua testa molti milioni di fatti indipendenti"; cf. Minsky 1968, p. 25). Nel suo libro, Eco afferma che la competenza di un soggetto è più simile ad un'encyclopédia che ad un dizionario (cf. Eco 1975, par. 2.10.2) e che

il fatto che, ..., l'encyclopédia assomigli più ad uno *Speculum Mundi* medievale che non all'*Encyclopédia Treccani*, suggerisce l'idea che l'universo dei linguaggi naturali sia molto lontano dall'universo dei linguaggi formalizzati e abbia molti punti di contatto con un universo "primitivo" (Eco 1975, p. 162).

Un modello che potrebbe forse avvicinarsi ancora di più a questo obiettivo è il modello di memoria della retorica antica: un "contenitore" non-infinito (un "palazzo") nel quale ogni "contenuto" ("immagini di memoria" e "simboli") occupa spazi discreti e definiti. Il contenitore viene "riempito" di contenuti ogniqualvolta viene richie-

sta una ricerca di memoria e la mente "va a passeggiare" nell'"edificio" per trovare ciò che andava cercando (cf. a questo proposito Yates 1966).

Ad ogni buon conto, una possibile soluzione a questo problema potrebbe risiedere nello stesso modello Q. Andrebbe cercata in quelle *etichette di valori* aggiunte ad ogni *token*: queste *etichette* determinano i percorsi di significato primari e secondari che potrebbero spiegare sia il funzionamento della memoria umana che quello delle ambiguità di significato.

I *nodi token* e le loro etichette costituiscono ciò che si considera oggi un *insieme di tipo fuzzy*, cioè "una classe di oggetti i cui gradi di appartenenza alla suddetta formano un *continuum*" (Zadeh 1965, p. 338; sugli insiemi *fuzzy*, cf. anche Zadeh 1968, 1971a, 1971b; Kaufmann 1973; Zadeh, Sun Fu, Tanaka & Shimura 1975; Mamdani & Gaines 1981; Gupta & Sanchez 1982; Schmucker 1983; Wang 1983; Skala, Termini & Trillas 1984; Pal 1985). Un insieme *fuzzy* viene formalmente definito come segue:

un *insieme (o classe) fuzzy A* in  $X$  è caratterizzato da una *funzione (caratteristica) di appartenenza*  $f_A(x)$  la quale viene associata in ogni punto in  $X$  con un numero reale nell'intervallo  $[0,1]$ , con  $x$  che rappresenta quindi "il grado di appartenenza di  $x$  in  $A$ ". In questo modo, con un valore di  $f_A(x)$  sempre più vicino a uno, si riesce a rappresentare un sempre maggiore "grado di appartenenza" di  $x$  ad  $A$  (Zadeh 1965, p. 339).

Intuitivamente, un insieme *fuzzy* è una classe con contorni poco definiti, cioè una classe in cui la transizione tra appartenenza e non-appartenenza può anche essere graduale piuttosto che discontinua (Zadeh 1968, nota in calce p. 161).

$[f_A]$  può essere definita in vari modi; in particolare, (a) da una formula, (b) da una tavola di valori, (c) da un algoritmo (ricorsivamente) e (d) in relazione con altre relazioni di appartenenza (come, ad esempio, in un dizionario) (Zadeh 1968, p. 161).

Senza dilungarci troppo sull'argomento, sarà qui sufficiente sottolineare il fatto che gli insiemi *fuzzy* possono, come gli altri tipi di insiemi, sottostare ad un certo numero di operazioni come l'identità, la complementazione, il contenimento, l'unione, l'intersezione, il prodotto e la somma algebrici, la differenza assoluta, le relazioni (*fuzzy*), e possono essere convessi, non-convessi, limitati ed illimitati (cf. Zadeh 1965). Le operazioni di unione, di intersezione e di complementazione seguono le leggi di De Morgan e le leggi distributive; le operazioni di unione e di intersezione possono essere rappresentate da

reti a setaccio (analoghe alle reti di interruttori degli insiemi ordinari) (cf. Zadeh 1965, p. 342 e sgg.). È evidente quindi che la ricchezza di possibilità di operazioni su questi insiemi permette una formalizzazione quantitativa di concetti quali *significato* ("un sottoinsieme fuzzy di [un universo discorsivo]  $U$ "; cf. Zadeh 1964, p. 164 e sgg.) e *linguaggio* ("una relazione fuzzy binaria di un insieme di termini  $T$  con un universo discorsivo  $U$ "; cf. Zadeh 1968, pp. 168 e sgg.). Benché "di natura completamente non-statistica" (Zadeh 1965, p. 340), gli insiemi fuzzy diventano così gli strumenti adatti a risolvere "problemi estremamente complessi ... o di difficile definizione" (Zadeh 1969, p. 469). La messa a punto di una teoria degli *insiemi fuzzy tempo-dipendenti* (cf. Lietz 1972, p. 367) potrebbe giovare in modo particolare all'analisi di alcuni aspetti sintagmatici della musica. In generale, la teoria degli insiemi fuzzy potrebbe servire da complemento al modello  $Q$  per fornire alcuni schemi progettuali spesso utilizzati nella composizione musicale.

*I riferimenti di questi modelli nella teoria musicale.* La semiologia della musica sembrerebbe il campo adatto in cui sviluppare questi concetti. Da parte sua, la semiotica della musica cominciò a svilupparsi, come disciplina, negli anni sessanta e conobbe una notevole diffusione, in concomitanza con l'espansione di tutti gli altri studi semiotici, negli anni settanta. Seguì a questi periodi una disgregazione in una miriade di piccoli gruppi di lavoro: a causa di ciò eviteremo qui una descrizione accurata degli sviluppi in questo campo, dato che tra l'altro descrizioni sufficientemente accurate di questo tipo esistono già (cf. Nattiez 1971; Nattiez 1973; Nattiez 1975). Molti strumenti musicologici sono stati elaborati, seguendo vari approcci linguistici: abbiamo già menzionato (cf. *supra*) quelli che ci sembrano più importanti nella definizione di modelli compositivi. In ogni caso, verso la metà degli anni settanta la semiotica della musica sembrò perdere il suo impatto iniziale. I contrasti fra le diverse correnti (cf., per es., Nattiez 1975; Ruwet 1975; Avron 1975; ecc.) ed i tempi mutati (cf., per es., le teorie sulla *desemiotizzazione* e sulla *decostruzione* di Lotman 1973; Restivo 1985; Vattimo et al., 1983; ecc.) indebolirono notevolmente il movimento.

Vale la pena, ad ogni buon conto, di sottolineare che la maggior parte di questi approcci sono stati definiti e perfezionati da musicologi e tendono a funzionare in un contesto musicologico: la loro utilizzazione rimane un fatto abbastanza marginale per i compositori (eccetto, ovviamente, nel periodo di apprendistato di questi ultimi). Ciò non significa che la semiotica musicologica o la musicologia di per sé

è priva di utilità: al contrario, il ruolo dei musicologi è e rimane quello di sviluppare il discorso sulla musica, cosa indubbiamente fuori dalla portata dei compositori (con alcune eccezioni rilevanti). In ogni caso, ognqualvolta tentiamo di utilizzare il sapere sviluppato dalla semiotica musicologica incorriamo in una serie di problemi. Analizziamone rapidamente alcuni.

Il primo problema è che parecchi musicologi e linguisti non credono che la musica possa essere il proprio meta-linguaggio, e tendono a designare il linguaggio verbale come il meta-linguaggio adatto alla musica (cf., ad es., Nattiez 1975, p. 45; Stefani 1976, p. 33; Nattiez 1976, p. 3; Jakobson 1983, p. 14). È vero che altri nutrono grossi dubbi sull'uso del linguaggio verbale come meta-linguaggio musicale (cf., ad es., Baroni 1980, p. 35; Imberty 1975, p. 90; Osmond-Smith 1972, p. 32). Cionondimeno usano, nelle loro dissertazioni, proprio il linguaggio verbale, non trovando strumenti migliori. Un terzo gruppo asserisce che il linguaggio verbale è assolutamente incapace di veicolare significati musicali, negando così la possibilità di esistenza della musicologia stessa (cf., per es., Harweg 1972; Barthes 1972; Rosset 1979; Levi-Strauss 1971). Ma nessuno pensa alla musica come proprio meta-linguaggio (l'eccezione, in questo caso, è costituita da Barthes, il quale vedeva un uso meta-musicale della voce parlata e cantata; cf. Barthes 1972).

Il secondo problema concerne la fede assoluta di questi studiosi nei riguardi della notazione grafica lineare, convenzionale e non (cf., per es., Nattiez 1975; Molino 1975) quando sappiamo fin troppo bene quanto questo aspetto sia oggi estremamente problematico (cf. Manoury 1984). Basandosi sulla notazione grafica, è chiaro che queste analisi, anche le più precise e dettagliate (cf. per es., le analisi distribuzionali proposte da Ruwet 1972; Nattiez 1975; ecc.), si limiteranno ad alcuni aspetti particolari (per es., agli aspetti formali, ai contorni melodici, alla ridondanza degli elementi, alla suddivisione ritmico-metrica, ecc.) ignorandone altri (per es., tutti gli aspetti connotativi e, in generale, tutti gli aspetti meta-musicali) i quali vengono di solito rilevati invece da critici musicali spesso giudicati "poco-scientifici" (cf., ad es., Ivaskin 1985). Un approccio completamente differente, a questo riguardo, è stato proposto da Cogan, il quale ha realizzato spettrogrammi di intere composizioni e di passaggi specifici (cf. Cogan 1984). Questo approccio funziona nel modo opposto: non riducendo l'informazione nell'elaborazione grafica, permette al lettore di selezionare liberamente quale aspetto privilegiare: la riduzione dei parametri, necessaria al controllo del processo, è *soggettiva*, similmente a ciò che avviene ascoltando un brano musicale.

Il terzo problema riguarda la "legittimità scientifica". È vero in

passato l'analisi e la critica musicale hanno spesso sconfinato nella imprecisione e nella fumosità. È comprensibile quindi una reazione della musicologia moderna verso una formalizzazione più severa (cf. Stefani 1976; Nattiez 1973; Nattiez 1975). Al tempo stesso, dovrebbe risultare chiaro da tutti i problemi che abbiamo elencato sinora che un approccio "scientifico" nell'analisi musicale e nella musica in generale può essere preso in considerazione soltanto da chi, evidentemente, non ha una chiara idea di quali siano le basi e le caratteristiche di un "discorso scientifico", prestando così il fianco a forti critiche da parte di figure autorevoli (cf., per es., Ruwet 1975; Groddeck 1972). In effetti, la stretta necessità di una "legittimazione scientifica" delle asserzioni in campo musicale è, a questo punto, quantomeno discutibile.

Tra l'altro, questi problemi non esistono quando si considera l'altra faccia della medaglia, la composizione. Dato che nella composizione la musica riempie di fatto il ruolo di proprio meta-linguaggio, l'uso di principi e metodi provenienti dalla semiotica non può che aumentare la profondità ed il controllo dei processi musicali messi in atto dal compositore.

*Il calcolatore come strumento musicale: i primordi.* È evidente da ciò che abbiamo detto sinora che lo Strumento per eccellenza dello sviluppo della musica nell'era della sua riproducibilità è il calcolatore. Le capacità di segmentazione infinitesima che un sistema digitale può mettere in atto sul *continuum* sonoro non hanno bisogno di ulteriori dimostrazioni. Oltretutto queste caratteristiche forniscono un tale controllo sulle selezioni connotative musicali che è possibile prevedere una stabilizzazione abbastanza definita di un modello percettivo basato su un sofisticato sistema di doppia articolazione (cf. Martinet 1960), in cui il primo livello verrebbe ad essere costituito dalla molteplicità delle particelle del linguaggio musicale mentre il secondo si costruirebbe sull'articolazione delle connotazioni stabilite dalle particelle suddette. Questa preferenza verso il *computer* non pregiudica l'uso degli strumenti tradizionali, ma indica piuttosto che alcuni di essi saranno più adatti di altri in questo ordine di idee (per es., la voce, gli strumenti a percussione, l'orchestra d'archi, piuttosto che il pianoforte, l'organo, il sassofono, ecc.). Come abbiamo già accennato all'inizio, le tecnologie per l'elaborazione digitale dei segnali e tutte le questioni affini riguardanti i calcolatori debbono considerarsi oggi abbastanza sviluppate per quanto riguarda la musica. Certo, ci sono ancora molti progressi da fare, ma la base (i.e. le tecniche di sintesi, lo hardware, ecc.) è già piuttosto avanti. Il grosso problema nell'uso

dei calcolatori risiede piuttosto nella concezione che la maggior parte dei compositori ha sulla loro utilizzazione.

In linea generale, la nostra tendenza è stata di prendere il modello ereditato dalla musica elettronica analogica e di espanderlo alla tecnologia digitale; in altre parole, insomma, nutriamo una talvolta incondizionata "speranza-nella-macchina" (ed il suo opposto, uno "scetticismo-sulle-macchine") temperata solamente dalla difficoltà di accesso, per un musicista, al mondo digitale. Riguardo alle tecniche digitali, una descrizione quale la seguente: "il materiale elettronico, il suono sintetizzato danno – in teoria – la possibilità di *creare* un universo decisamente nuovo, liberato dai limiti imposti in precedenza" (Boulez 1975, p. 28) è sorprendentemente somigliante con un'altra descrizione collegata, venti anni prima, alle tecnologie analogiche ("siamo alle porte di un mondo di suoni inauditi, ricco di possibilità e praticamente inesplorato" – Boulez 1954, p. 34). Mentre i commenti entusiasti rispetto alle possibilità dei calcolatori in campo musicale non sono certo rari, è interessante rilevare che i mediocri risultati nella musica per elaboratore sono spesso giustificati con argomenti simili a quelli usati in maniera chiara e definita da Xenakis in un suo intervento relativamente recente (Xenakis 1981, p. 17):

a) I musicisti che usano l'elaboratore ignorano teorie generali, in particolare quelle matematiche, fisiche ed acustiche [e perché non quelle del linguaggio? n.d.r.]. Il loro talento, quando ne hanno uno, non è in grado di penetrare gli spazi vergini dove soltanto l'astrazione può guidare la loro esperienza...

b) Gli scienziati che hanno accesso alla tecnologia digitale hanno una sorta di complesso d'inferiorità nei riguardi dell'estetica musicale ... Ad essi manca l'esperienza in un campo estetico per cui sono incapaci di decidere la direzione da prendere.

Xenakis si accinge poi a definire tale direzione, specificandola nella fusione tra macrocomposizione e microcomposizione basata su particolari proprietà geometriche e matematiche (cf. Xenakis 1981, pp. 18 e sgg.). Ora, queste proprietà hanno poco a che fare con la semantica musicale in senso stretto, il che sta ad indicare una certa altezzosità da parte del compositore nei confronti del dato, indubbiamente empirico ma pur sempre di una certa utilità, di "come suonerà la sua composizione". Resta chiaro che non stiamo criticando qui la musica di Xenakis, la quale riesce ad essere bella ed enigmatica, né l'uso della matematica in musica (uso di cui abbiamo appena dato un esempio – cf. *supra*, riguardo agli insiemi *fuzzy*). Ciò che ci preme sottolineare è che, in questi casi, il controllo degli aspetti semantici della musica è poi relegato ad un "gusto del compositore"

assolutamente empirico (al quale, evidentemente, Xenakis si riferisce parlando di "talento") nella selezione dei dati prodotti dagli algoritmi prescelti per la propria composizione, oppure è completamente affidato al caso (il che, come è stato dimostrato in passato, non è poi un guaio così grande in musica). Nello stesso ordine di idee, è facile dimostrare che il serialismo integrale, uno degli ultimi prodotti dell'evoluzione lineare del linguaggio musicale, più che essere "un metodo per strutturare le altezze [ed i ritmi, le dinamiche, gli attacchi, i timbri, ecc.]" (Boulez 1966, p. 151; cf. anche Boulez 1966, p. 152), rappresenta, dal punto di vista semantico, la supremazia assoluta del timbro su tutti gli altri sistemi semiotici che operano nella musica (giacché in questo caso si contrappongono strutture naturali forti al primo livello – i timbri – a strutture astratte del secondo livello di articolazione – i parametri serializzati – le quali non sono fondate sui loro rispettivi primi livelli) (cf. sull'argomento la lucida e provocatoria – nonché criticata oltre il dovuto – *Ouverture* in Levi-Strauss 1964, pp. 22-38; cf. anche Martinet 1960).

Questi sono soltanto due esempi molto grezzi dell'ideale lineare (nonché romantico, checché se ne dica) delle modalità di sviluppo del discorso musicale che i compositori hanno ereditato da linguaggi forti e non-frammentati, insieme a concetti quali "talento", "genio", ecc. di cui si fa ancora oggi un gran parlare. Siamo convinti che queste concezioni siano abbastanza fuori luogo: riteniamo, ad esempio, che Bach fosse considerato dai suoi contemporanei (guarda caso, sempre intorno alla data di nascita della stampa musicale) come noi potremmo oggi considerare un eccellente compositore di musica da film più che un genio nel senso romantico del termine. Queste stesse concezioni hanno poi portato alcuni compositori a discutibili speculazioni concernenti la psicoacustica.

Alcuni compositori hanno spesso dichiarato di vedere nella psicoacustica una nuova "arte dell'orchestrazione". Vorremmo invertire questa affermazione: c'è poca teoria, tutto sommato, prodotta dalla psicoacustica che non può essere ritrovata nei classici testi di orchestrazione in termini musicali esplicativi. Naturalmente, non si tratta qui di sottovalutare l'immenso sforzo compiuto dalla psicoacustica (tra i tanti meriti di questa scienza) per spiegare l'orchestrazione nei termini delle scienze psicosistiche, ma risulta evidente persino agli stessi specialisti del campo che le teorie psicoacustiche si sviluppano in un ambito *infra-semiotico*, molto vicino ai fenomeni naturali (per dirla rozzamente, questo significa che la ricerca psicoacustica si ferma a pochi centimetri di profondità nell'apparato uditivo, il che, lo ripetiamo, non toglie nulla al suo valore). Tanto per citare uno degli esempi più ovvii, il fatto stesso che la segmentazione semantica mol-

to limitata (e, nonostante tutto, piuttosto arbitraria) fornитaci da alcuni modelli (cf. McAdams 1982) sia stata sufficiente ad alcuni compositori per fondare processi compositivi su di essa: testimonia la difficoltà di sradicare le strutture tradizionali del nostro modo di pensare (legato ancora, cioè, a vecchi schemi lineari della evoluzione nella composizione, come ad esempio quello di vedere nei timbri creati algoritmicamente come un "nuovo" strumento compositivo da sfruttare e – dovremmo forse dire – da consumare). Ciò che vorremmo sottolineare qui è che, invece, il sapere psicoacustico ci sarà di grande utilità (e.g., a chiarificare le marche sintattiche e le proprietà fisiche di "monemi musicali") quando avremo trovato il legame al campo semiotico. Non ci risulta che, a tutt'oggi, ciò sia accaduto.

Considerando la situazione esposta in questo paragrafo, non è certo sorprendente che i risultati nella *computer music* siano in generale piuttosto mediocri. Altra buona scusa – piuttosto sorprendente, a dire il vero – ripetutamente usata per giustificare questo stato di cose è comunque l'intero campo della musica contemporanea si trova in crisi. Mentre questo non è completamente vero, ciò che è comunque indifendibile è che la *computer music* soffre già di una forte connotazione in termini generali. Potremmo facilmente definire un genere "*computer music colta*", un difetto imperdonabile quando si pensa che gli elaboratori sono strumenti che possiedono veramente, anche se virtualmente, capacità illimitate di sintesi e di riproduzione dei suoni.

*L'elaboratore: un nuovo strumento musicale per un nuovo pensiero musicale*. Dato il cambio di prospettiva proposto, suggeriremo brevemente alcune possibili direzioni di sviluppo immediato.

La prima, nonché la più importante, è lo studio dello strumento musicale elaboratore sotto il profilo di ciò che potremmo chiamare "trasparenza" (o "neutralità"). La trasparenza è una non-qualità; essa è precisamente la mancanza di connotazioni linguistiche e culturali di un *medium* espressivo (l'assenza di "rumore culturale"; cf. Shannon 1949). Il pianoforte è un chiaro esempio di strumento poco trasparente (i.e. "opaco"). Qualsiasi suono proveniente dallo strumento pianoforte non mancherà di rimandarci ad uno dei diversi "universi di linguaggio" rappresentati dalla letteratura per pianoforte. Da questo possiamo già dedurre che la "trasparenza" totale è un ideale praticamente impossibile da raggiungere. La trasparenza significa, in questo senso, l'accesso del compositore alla manipolazione delle microstrutture dei suoni sintetizzati (i.e. al singolo campione o gruppo di campioni) in termini di quanti parametri egli debba definire per realizzarle. Le macchine già definite in "hardware", ad esempio, non

sono certo trasparenti. Esse costringeranno il compositore ad utilizzare sempre le stesse tecniche di sintesi, fatto problematico se si pensa che le stesse tecniche di sintesi sono, come vedremo in seguito, "opache". Da questo punto di vista, le macchine micro-programmabili (cf., ad es., Di Giugno & Kott 1981; Samson 1980) debbono essere considerate un'innovazione solidamente radicata in un nuovo modo di pensare musicale. Il problema di queste macchine è che sono intrinsecamente, strutturalmente limitate alla maniera degli strumenti tradizionali. Anche quando sono estremamente potenti, esse continuano ad essere perfettibili (e.g. eseguono calcoli con aritmetica in virgola fissa, hanno poca memoria, e così via) e continuano ad essere un po' "forza bruta", piuttosto difficili da usare (fattore, questo, di indubbia "opacità" per molti compositori). In generale, le restrizioni poste dalla necessità di produrre campioni in tempo reale, necessità dettate dalla tendenza, anche qui retriva, di "leggere" lo strumento elaboratore nella chiave delle prassi esecutive tradizionali, riportano tutte queste problematiche ad ottiche evolutive di tipo lineare. In effetti, è pensabile che con i grossi passi compiuti dallo sviluppo delle tecnologie VLSI (cf., ad es., le chip Tms 32020, 32025, la tecnologia *wordslice*, i microprocessori veloci a 32 bit reali, i *semi-customs* dedicati, ecc.) alcuni problemi verranno risolti in un futuro non troppo distante. Non pensiamo, tuttavia, che sarà possibile risolvere completamente i problemi di trasparenza. Una tecnica di sintesi "efficiente" tenderà sempre ad essere connotata a causa dei suoi schemi per la riduzione dei dati ("opaca" nei suoi risultati), mentre una tecnica "flessibile" non sarà mai semplice da utilizzare a causa del numero dei parametri coinvolti ("opaca" nel suo controllo). Queste due facce di una stessa medaglia non potranno mai essere evitate, ma un tentativo di "misura di trasparenza" dovrebbe essere portato avanti in modo da selezionare tecniche di sintesi più "potenti musicalmente". Una proposta in questa direzione potrebbe essere l'analisi delle varie tecniche di sintesi che sono già a nostra disposizione (cf. Risset 1969; Rabiner & Gold 1974; Crochiere & Rabiner 1983) per stabilire un "fattore trasparenza" basato su un rapporto del tipo "flessibilità del campione/numero dei parametri" (confrontato, forse, con il metodo di approssimazione lineare di Lagrange o metodi di approssimazione non lineare come funzioni di *spline* ecc.). Questo potrebbe risultare particolarmente utile nella valutazione di tecniche di sintesi-per-modelli o di aggregati di tecniche di sintesi. L'intelligenza artificiale potrebbe venir utilizzata per realizzare controlli automatizzati "intelligenti" dei parametri per migliorare la "trasparenza" di tecniche di sintesi poco efficienti. Inoltre, seguendo quel processo generalizzato di convergenza tra la strutturazione di strumenti di sintesi e stru-

menti compositivi (cf., ad es., il progetto "Chant/Formes" in Rodet, Potard & Barrière 1984; Rodet & Cointe 1984) potrebbero essere definiti alcuni nuovi metodi di analisi musicale di tipo quantitativo, sulla scia di teorie formatesi (anzitempo) qualche decina di anni fa (cf. Shannon & Weaver 1963; Meyer 1967; Coons & Krahenbuel 1958; Moles 1960). Altri problemi che dovrebbero essere affrontati e risolti sono quelli concernenti le "opacità" degli altoparlanti, le quali giocano un ruolo molto importante in qualsiasi musica-prodotta-dai-altoparlanti (un genere nel quale si potrebbe, a questo punto, convogliare tutta la musica riprodotta). Questi problemi si possono dividere in due categorie di base, che potremmo chiamare "localizzazione del suono" e "irradiazione degli strumenti vs. irradiazione degli altoparlanti". Dalle fonti a nostra disposizione ci risulta che queste due categorie sono a tutt'oggi elaborate separatamente (per la prima, cf. Kendall & Martens 1984a, 1984b; Bennett, Barker & Edeko 1985; Borish 1985; per la seconda, cf. Benade 1985). A nostro avviso è molto importante, nella prospettiva indicata in questa memoria, che questi due campi si ravvicinino per fornire una teoria generale sulla "trasparenza" degli altoparlanti (teoria che, sappiamo bene, è ancora abbastanza di là da venire).

*Conclusione.* Sono ancora parecchi gli argomenti che potrebbero venir messi in discussione sotto il punto di vista proposto qui. Il ritorno della soggettività, nuove concezioni di "tonalità" ed "atonalità" nell'era della riproducibilità, l'approccio generativo all'analisi ed alla composizione, l'intelligenza artificiale, le tecniche di sintesi incrociate, la nozione di coerenza strutturale e quella di "materiali musicali" in questo ordine di idee, ecc.; questi ed altri argomenti non trovano posto in questo scritto. Ad ogni modo, ci sembra importante ripetere ciò che abbiamo sottolineato all'inizio. Speriamo che questa memoria abbia introdotto un altro modo di pensare alla musica, assieme ad alcuni (non certo tutti) dei suoi aspetti e strategie più importanti. Ancora una volta, desidereremmo che fosse chiaro che ciò che intendiamo rimettere in questione non è l'utilità di sistemi e teorie (nella composizione musicale, *tutto* è utile) ma *come* essi vengono utilizzati.

## Bibliografia

- T.W. ADORNO, *Der getreue Korrepitor*, Frankfurt/Main 1963.
- T.W. ADORNO - H. EISLER, *Komposition für den Film*, Leipzig 1977.
- D. AVRON, "Energetique musicale ou semiologie de la musique", in *Musique en Jeu*, n. 18, Avril 1975 Paris.
- M. BARONI, "Musicologia Semiotica e Critica Musicale", in *Musica/Realtà*, 2, Reggio Emilia 1980, pp. 29-49.
- J.B. BARRIERE, "Chreode 1: the pathway to new music with the computer", in *Contemporary Music Review*, Vol. 1 Part 1, London 1984, pp. 181-202.
- R. BARTHES, "Le grain de la voix", in *Musique en Jeu*, n. 9, Novembre 1972 Paris.
- A.H. BENADE, "From Instrument to Ear in a Room: Direct or via Recording", in *Journal of the Audio Engineering Society*, Vol. 33 n. 4, 1985, pp. 218-233.
- W. BENJAMIN, "Das Kunstwerk im Zeitalter seiner Technischen Reproduzierbarkeit", in *Gesammelte Schriften*, Vol. 1/2, Frankfurt/Main 1974.
- J.C. BENNET - BARKER - F.O. EDEKO, "A New Approach to the Assessment of Stereophonic Sound System", in *Journal of the Audio Engineering Society*, Vol. 33, n. 5, 1985, pp. 314-321.
- M. BLANCHOT, *La Communauté Inavouable*, Editions de Minuit, Paris 1983.
- J. BORISH, "An Auditorium Simulator for Domestic Use", in *Journal of the Audio Engineering Society*, Vol. 33, n. 5, 1985, pp. 330-341.
- P. BOULEZ, "Tendances de la musique récente", in *La Revue Musicale*, n. 236, 1954.
- P. BOULEZ, "Eventuellement...", in *Rélevés d'Apprenti*, Editions du Seuil Paris, 1966, pp. 147-182.
- P. BOULEZ, "Donc on remet en question", in *La Musique en Projet*, Gallimard-IRCAM, Paris 1975.
- W. BRIGHT, "Language and Music: areas for cooperation", in *Ethnomusicology* 7, 1963, pp. 26-32.
- E. BUYSSENS, *La Communication et l'Articulation Linguistique*, Presses Universitaires de France Paris 1967.
- J. CAGE, *Silence*, Wesleyan University Press Middletown Ct, 1973.
- V. CHENOWETH, *Melodic Analysis and Perception*, Summer Institute of Linguistics, Papua New Guinea 1972.
- M. CLYNES - N. NETTHEIM, "Musical Score + Microscore = Living Music", *Proceedings of the International Computer Music Conference 1984*, CMA San Francisco 1984.
- R. COGAN, *New Images of Musical Sound*, Harvard University Press, 1984.
- D. COOKE, *The Language of Music*, Oxford Paperbacks, London 1962.
- E. COONS - D. KRAHENBUHL, "Information as a Measure of Structure in Music", in *Journal of Music Theory*, n. 2, 1958, pp. 127-161.
- R. COURT, "Langage verbal et Langage esthétiques", in *Musique en Jeu*, n. 2, Mars 1971, pp. 14-27.
- R.E. CROCHIERE - L.R. RABINER, *Multirate Digital Signal Processing*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs NJ 1983.
- F. DELALANDE, "L'analyse des musiques électro-acoustiques", in *Musique en Jeu*, n. 8, Septembre 1972, pp. 50-56.
- G. DI GIUNO - J. KOTT, "Présentation du Système 4X", *Rapport IRCAM* 32/81, Paris 1981.
- U. ECO, *Trattato di Semiotica Generale*, Bompiani, Milano 1975.
- H. GOODMAN, *Languages of Art*, Bobbs-Merrill, New York 1968.
- G. GRODDECK, "Musique et Inconscient", in *Musique en Jeu*, n. 9, Novembre 1972, pp. 3-6 (originalmente pubblicato in *Psychoanalytische Schriften zur Literatur und Kunst*, Limes Verlag Wiesbaden 1964).
- M. GUPTA - E. SANCHEZ, *Fuzzy Information and Decision Processes*, Elsevier Science Pub. Co., New York 1982.
- E. HANSLIK, *Vom Musikalisch-Schönen*, Wien 1893.

- R. HARWEG, "Langage et Musique: une approche immanente et semiologique", in *Musique en Jeu*, n. 5, 1972, pp. 19-30.
- I. HASSAN, *The Dismemberment of Orpheus: Towards a Post Modern Literature*, Oxford University Press, New York 1971.
- L. HJELMSLEV, *Prolegomena to a Theory of Language*, University of Wisconsin Press, 1943.
- L. HJELMSLEV, *Essais Linguistiques*, Travaux du Cercle Linguistique de Copenhague, Nordisk Sprog-og Kulturforslag, Copenhagen 1961.
- M. IMBERTY, "Perspectives Nouvelles de la Semantique Musicale Experimental", in *Musique en Jeu*, n. 17, 1975, pp. 87-130.
- M. IMBERTY, "Le probleme de la mediation semantique en psychologie de la musique", in *Vs-Versus*, 13, Bompiani, Milano 1976, pp. 35-48.
- A. IVASKIN, "Dall'immagine e la forma al simbolo ed alla metafora. L'arte sovietica negli anni '20-'30 e la musica di oggi", in *Musica/Realtà* 15, Reggio Emilia 1985, pp. 85-106.
- R. JAKOBSON, "Musicology and Linguistics", in *Somus*, Vol. 3, n. 2, 1983, pp. 12-15 (originalmente *Musikwissenschaft und Linguistik* in «Präger Presse», Dezember 1932).
- J.J. KATZ - P.M. POSTAL, *An Integrated Theory of Linguistic Descriptions*, MIT Press, Cambridge 1964.
- K. KAUFMANN, *Introduction à la Théorie des Sous-ensembles Flous à l'Usage des Ingénieurs (Fuzzy Sets Theory)*, Masson, Paris 1973.
- G.S. KENDALL - W.L. MARTENS, "Spatial Reverberation - Simulating the Spatial Environment", *Proceedings of the International Computer Music Conference 1984*, CMA San Francisco 1984a.
- G.S. KENDALL - W.L. MARTENS, "The role of spectral cues in sound localization with speakers", *Proceedings of the International Computer Music Conference 1984*, CMA San Francisco 1984b.
- S. LANGER, *Philosophy in a New Key*, Mentor Books, New York 1951.
- B.P. LIENTZ, "On Time Dependent Fuzzy Sets", in *Information Sciences*, 4, 1972, pp. 367-376.
- C. LEVI-STRAUSS, *Le Cru et le Cuit*, Plon, Paris 1964.
- C. LEVI-STRAUSS, *L'Homme Nu*, Plon, Paris 1971.
- Z. LISSA, "Fonctions esthétiques de la citation musicale", in *Vs-Versus*, 13, Bompiani, Milano 1976, pp. 19-34.
- J. LOTMAN, "Il problema del segno e del sistema segnico nella tipologia della cultura russa prima del XX secolo", *Ricerche Semiotiche* (a cura di Lotman & Uspenskij), Einaudi, Torino 1973.
- J.F. LYOTARD, *La Condition Postmoderne*, Editions de Minuit, Paris 1979.
- J.F. LYOTARD, *Le Différend*, Editions de Minuit, Paris 1984.
- P. MANOURY, "The Role of the Conscious", in *Contemporary Music Review*, Vol. 1, Part 1, London 1984, pp. 147-156.
- E.H. MAMDANI, B.R. GAINES (a cura di), *Fuzzy Reasoning and its Applications*, Academic Press, New York 1981.
- A. MARTINET, *Éléments de Linguistique Générale*, Colin, Paris 1960.
- G. MAYER, "Dalla musica nei media alla musica per i media. Pensieri per un'estetica della musica radiogenica", in *Musica/Realtà* 16, Reggio Emilia 1985, pp. 119-143.
- M. McLUHAN, *The Gutenberg Galaxy*, University of Toronto Press, 1962.
- M. McLUHAN, *Understanding Media*, McGraw-Hill, New York 1964.
- L. MEYER, *Emotion and Meaning in Music*, University of Chicago Press 1956.
- L. MEYER, "Meaning in Music and Information Theory", in *Music, the Arts, and Ideas*, University of Chicago Press, 1967, pp. 5-21.
- M. MINSKY (a cura di), *Semantic Information Processing*, MIT Press, Cambridge 1968.
- A.W. MOLES, *L'analyse des structures du message poétique aux différents niveaux de la sensibilité*, in *Poetics*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1960.
- J. MOLINO, "Fait Musical et Sémiologie de la Musique", in *Musique en Jeu*, n. 17, 1971, pp. 37-62.
- J.J. NATTIEZ, "Situation de la Sémiologie Musicale", in *Musique en Jeu* n. 5, 1971, pp. 3-17.

- J.J. NATTIEZ, "Trois modèles linguistiques pour l'analyse musicale", in *Musique en Jeu*, n. 10, 1974, pp. 3-11.
- J.J. NATTIEZ, "De la sémiologie à la sémantique musicales", in *Musique en Jeu*, n. 17, 1975, pp. 3-10.
- J.J. NATTIEZ, *Fondements d'une Sémiologie de la Musique*, 10×18, Paris 1975.
- J.J. NATTIEZ, "La Funzione Semantica nella Musica", in *Vs-Versus*, 13, Bompiani, Milano 1976, pp. 2-4.
- B. NETTL, "De quelques méthodes linguistiques appliquées à l'analyse musicale", in *Musique en Jeu*, n. 5, 1971, pp. 61-66.
- D. OSMOND-SMITH, "The iconic process in musical communication", in *Vs-Versus*, 3, Mauri Editore, Milano 1972, pp. 31-42.
- S.K. PAL, *Fuzzy Mathematical Approach in Pattern Recognition Problems*, Wiley, New York 1985.
- K.L. PIKE, *Phonemics*, University of Michigan Press Ann Arbor, 1947.
- M.R. QUILLIAN, "Semantic Memory", in *Semantic Information Processing* (a cura di Minsky M.), MIT Press, Cambridge 1968.
- L.R. RABINER - B. GOLD, *Theory and Application of Digital Signal Processing*, Prentice-Hall Englewood Cliffs NJ 1974.
- G. RESTIVO, "La Desemiotizzazione", in *Alfabeta*, n. 70, Milano 1985, p. 26.
- P. RICOEUR, "Structure et Hermeneutique", in *Esprit*, n. 322, Paris 1963.
- J.C. RISSET, *An Introductory Catalog to Computer Synthesized Sounds*, Bell Telephone Laboratory Official File Copy, 1969.
- X. RODET - P. COINTE, "Composition and Scheduling of Processes", in *Computer Music Journal*, 8: 3, 1984, pp. 15-31.
- X. RODET - Y. POTARD - J.B. BARRIERE, "The Chant Project: from Synthesis of the Singing Voice to Synthesis in General", in *Computer Music Journal*, 1984, pp. 32-50.
- C. ROSSET, *L'objet singulier*, Editions de Minuit, Paris 1979.
- N. RUWET, *Langage, Musique, Poésie*, Editions du Seuil, Paris 1972.
- N. RUWET, "Théorie et Méthodes dans les Etudes Musicales: quelques remarques rétrospectives et préliminaires", in *Musique en Jeu*, n. 17, 1975, pp. 11-36.
- P. SAMSON, "A General-Purpose Digital Synthesizer". in *Journal of the Audio Engineering Society*, Vol. 28, n. 3, 1980, pp. 106-113.
- F. DE SAUSSURE, *Cours de Linguistique Générale*, Payot, Paris 1922.
- K.J. SCHMUCKER, *Fuzzy Sets, Natural Language Computations, and Risk Analysis*, Computer Science Press, Rockville MD, 1983.
- C. SHANNON, "The Mathematical Theory of Communication", in *Bell System Technical Journal*, July and October 1948.
- C. SHANNON - W. WEAVER, *The Mathematical Theory of Communication*, University of Illinois Press, 1963.
- H.J. SKALA - S. TERMINI - E. TRILLIAS (a cura di), *Aspects of Vagueness*, Reidel Pub. Co., Boston MA, 1984.
- G.P. SPRINGER, "Language and Music: Parallel and Divergencies". in *For Roman Jakobson*, Mouton, The Hague, 1956, pp. 504-613.
- G. STEFANI, *Introduzione alla Semiotica della Musica*, Sellerio, Palermo.
- I. STOIANOV, "Musica e Tecnologia. Note sull'attuale ricerca musicale", in *Musica/Realtà*, 11, Reggio Emilia 1983, pp. 123-134.
- I. STRAVINSKY, *Poetics of Music*, Harvard Paperback, 1942.
- W. THOMSON, "Functional Ambiguity in Musical Structures", in *Music Perception*, Vol. 1, n. 1, 1983, pp. 3-27.
- G. VATTIMO - P.A. ROVATTI (a cura di), *Il Pensiero Debole*, Feltrinelli, Milano 1983.
- G. VATTIMO, *La Fine della Modernità*, Garzanti, Milano 1985.
- C.K. WONG, *Fuzzy Points and Local Properties of Fuzzy Topology*, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1973.
- I. XENAKIS, "Les Chemins de la Composition Musicale", in *Le Compositeur et l'Ordinateur*, Centre Georges Pompidou IRCAM/EIC, Paris 1981, pp. 13-32.
- F. YATES, *The Art of Memory*, Routledge & Kegan Paul, London 1966.

- L.A. ZADEH, "Fuzzy Sets", in *Information and Control*, 8, 1965, pp. 338-353.
- L.A. ZADEH, "Fuzzy Algorithms", in *Information and Control*, 12, 1968, pp. 94-102.
- L.A. ZADEH, "Quantitative Fuzzy Semantics", in *Information Sciences*, 1971a; 3 pp. 159-176.
- L.A. ZADEH, "Similarity Relations and Fuzzy Orderings", in *Information Sciences*, 1971b; 3, pp. 177-200.
- L.A. ZADEH - F. KING-SUN - S. KOKICHI - M. SHIMURA, *Fuzzy sets and their Applications to Cognitive and Decision Processes*, Academic Press Inc., New York, 1975.

## **Modelli generativi e compositivi nella computer music**

Michela Mollia  
*Conservatorio G. Rossini, Pesaro*

La stretta simbiosi tra teoria, linguaggio e strumento musicale è una delle materia più affascinanti e rivelatorie della musica. Questi elementi ed altri ancora non possono essere estrapolati e isolati dal loro universo per poter essere spiegati: essi fanno parte di un unico organismo che vive proprio grazie all'apporto funzionale e indipendente di ognuno di essi. Neppure l'introduzione di strumentazioni elettroniche, o l'esclusione dell'interprete, hanno cambiato le cose: la vera essenza della musica è rimasta tale mentre, semmai, le implicazioni si sono fatte ancora più esclusive ed esigenti una chiara visione di tutto il fare musicale.

In generale, si può riscontrare come la mancanza di coerenza tra pensiero musicale e modello di sintesi del suono utilizzato per quella data composizione faccia sì che l'ascoltatore riconosca il "suono elettronico" come categoria, non riuscendo poi ad operare delle differenziazioni all'interno di tale classe. Al contrario, la disposizione nel tempo di "timbri diversi" si ricollega, il più delle volte, ad un procedimento di "orchestrazione" su soggetti sonori precostituiti.

L'entusiastica consapevolezza di poter essere in grado di produrre qualsiasi suono si possa immaginare non è più sufficiente. Ci si trova cioè a dover rispondere alle semplici, ma fondamentali domande "quali suoni? e quale composizione? e perché il *computer*?". Si può essere tentati di creare un insieme di "strumenti" che stiano a significare una sorta di selezione operata tra un infinito di possibilità oppure pensare in termini astratti di contrasto, somiglianza o per classi. E poi scoprire che più si cerca un'infinità di timbri e più si giunge ad una loro indifferenziazione. Misurare suoni e altezze può far parte di una ricerca oggettiva di laboratorio: la difficoltà (e la soluzione) sta allora nelle consapevoli limitazioni imposte naturalmente dal nostro sistema di percezione e culturalmente dal linguaggio musicale con cui operiamo.

Considererò come esemplificativi di questo stato di cose, due modelli ben conosciuti, quello per modulazione di frequenza e quello per sintesi additiva.

Quando venne presentata l'applicazione della modulazione di frequenza in campo musicale – nel 1973 da John Chowning – il maggior rilievo veniva dato alla semplicità e flessibilità dell'algoritmo utilizzato. Come si può leggere nell'introduzione della presentazione fatta dall'autore, il riferimento ai suoni naturali è di basilare importanza: "Per il ricercatore la sintesi dei suoni naturali rappresenta l'ultimo test acustico, mentre per il compositore essa può rappresentare un punto di partenza straordinariamente ricco nel dominio del timbro"!<sup>1</sup>

La caratteristica "mancanza di vita" del suono elettronico veniva risolta tramite la modulazione di frequenza, processo che permette il mutamento dinamico dello spettro nel tempo. Infatti, molti suoni naturali sono caratterizzati da un'evoluzione spettrale che, oltre a fornire la loro peculiarità distintiva, è largamente responsabile per quella che noi definiamo la loro vivezza. Invece, nella maggior parte dei suoni sintetizzati, è la proporzione rigida tra le componenti lo spettro che fornisce all'ascoltatore un'impressione di una qualità "elettrica" e senza vita.

Come ben si sa, lavorando con la modulazione di frequenza si ha a disposizione un "pacchetto", uno spettro sonoro le cui caratteristiche e relazioni interne tra le componenti sono determinate dal rapporto frequenziale tra la portante e la modulante. Viene quindi ridotta al minimo la quantità di dati necessari alla definizione di un suono più o meno complesso, a discapito però della possibilità di andare "oltre" una pre-costituita organizzazione interna delle sue componenti che risultano comunque sempre separate frequentiamen-te dalla stessa differenza lineare.

In questo senso i suoni così ottenuti si avvicinano molto, nelle loro caratteristiche intrinseche, a quelli degli strumenti tradizionali. Non per la varietà dei timbri possibili, né per il controllo, ma proprio nel fatto che una volta determinato il principio di costituzione del suono, al compositore non resta che prendere atto di quella certa struttura timbrica che si presenta comunque impenetrabile e chiusa a qualsiasi eventuale tipo di intervento "interno".

A questo proposito si può osservare che sembra impossibile, tramite sintesi additiva, ricostituire uno spettro generato in modulazione di frequenza. Si ottengono cioè delle forme d'onda completamente differenti. Questo può essere spiegato dal fatto che in un caso si genera un blocco originato da un unico processo unificatore che lega

<sup>1</sup> JOHN CHOWNING, "The Synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Frequency Modulation", *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 21, n. 7, Settembre 1973; ristampato su «Computer Music Journal», vol. 1, n. 2, 1977.

indissolubilmente le componenti tra loro, mentre nell'altro ogni componente è individuata singolarmente e indipendentemente dalle altre.

Che cosa comporta allora lavorare con la sintesi additiva?

Questa tecnica potrebbe riportarci ad un periodo storico in cui si tendeva a raggiungere una certa coerenza tra natura del generatore e linguaggio compositivo, in una nuova relazione tra materiale e forma ambedue derivati dalla stessa idea musicale. Ma c'era anche la convinzione che nuove forme richiedono nuovi materiali, come del resto avviene in architettura in cui la funzionalità reciproca di questi due elementi è sostanziale.

Tornando ai giorni nostri, e considerando il fatto che abbiamo a disposizione uno strumento come il *computer* molto più affidabile e versatile di quanto non lo fossero gli oscillatori analogici, scegliere di lavorare con la sintesi additiva significa principalmente ribaltare il rapporto che tradizionalmente esiste tra compositore e strumento musicale.

Qui infatti nulla è pre-definito, o meglio, portato ad un livello di base in cui sia impossibile operare ulteriormente, ma al contrario si parte costituendo "atomicamente", se così possiamo dire, la materia sonora. E più precisamente, come spiega Walter Branchi, "l'unità generante del suono subentra soltanto *dopo* che tutte le grandezze che definiscono la natura del materiale compositivo sono state elaborate ed è quindi proprio la *necessità* di fissare tali grandezze che porta alla produzione del suono" <sup>2</sup>.

È in questo ordine di considerazioni che la scelta di lavorare tramite sintesi additiva trova la sua ragione d'esistere; dove cioè sia possibile "costruire" o "sintetizzare" il suono come in una sorta di laboratorio chimico; suono che risulti dalla diversa combinazione di elementi semplici le cui grandezze deriveranno solo da una scelta compositiva fatta a priori e non limitata dal sistema stesso. Così il suono si integra con il sistema, invece di essere applicato ad esso. E il sistema diventa suono.

A questo punto vorrei ricordare che il senso di queste considerazioni non sta nell'esaltare o considerare inefficace un modo di procedere piuttosto che un altro, quanto di sottolineare in che modo il pensiero, il linguaggio musicale trovino delle ben precise corrispondenze con il tipo di modello che si vuole adottare e in che misura questi elementi si modifichino vicendevolmente.

E vorrei anche aggiungere che se vogliamo parlare di limitazioni di un sistema rispetto ad un altro lo facciamo tenendo conto di una

<sup>2</sup> WALTER BRANCHI, "Lo stato d'ansia", *Prospettive Musicali*, n. 4, Aprile 1982.

certa situazione oggettiva che però si plasma e si può modificare a contatto di una azione compositiva pertinente e coerente.

Nell'ambito di questa ricerca esiste un procedimento che può essere considerato come risultante dalla confluenza dei modelli di sintesi di cui ho parlato prima, e che ho addottato per la mia composizione *A State of Silence*. Esso può essere considerato come risultato della coesistenza di questi due modelli: la modulazione di frequenza viene qui utilizzata come modello *generativo* mentre la sintesi additiva come modello *operativo*.

In questa applicazione, l'algoritmo della modulazione di frequenza permette non solo di conoscere in precedenza il tipo di spettro derivato da un certo rapporto tra portante e modulante, ma anche di creare timbri in cui si possa dedurre precisamente l'intervallo esistente tra la portante e il fondamentale dello spettro, intervallo che può essere dedotto da una qualsiasi scala temperata o naturale<sup>3</sup>.

Vediamo più in dettaglio come questo avviene.

Per poter organizzare in modo sistematico gli spettri generati tramite modulazione di frequenza osservando la disposizione dei parziali, occorre ricordare la formula base di uno spettro FM:

$$|p + nm| \quad \text{dove } n=0,1,2\dots$$

In questa formula  $n$  rappresenta l'ordine della coppia di componenti laterali, il segno  $+$  e  $-$  le componenti superiori e inferiori rispettivamente mentre i valori assoluti stanno a significare che le componenti inferiori negative vengono riflesse nel dominio positivo della frequenza subendo però uno sfasamento di  $180^\circ$ . Le componenti laterali vengono a disporsi quindi simmetricamente intorno alla portante.

Come noto, la frequenza portante non coincide sempre con la frequenza del fondamentale nello spettro. In molti casi può rendersi necessario sapere esattamente quale sarà il fondamentale di un qualsiasi rapporto FM. E possibile distinguere due casi:

1. La portante coincide con il fondamentale per un rapporto  $p:m$  dove  $m > 2p$ ; ad esempio nel rapporto 1:2 e per tutti quei rapporti dove  $m:p$  sia maggiore di 2.
2. Il fondamentale si trova al di sotto della portante ed è:
  - a) la più bassa componente non riflessa, oppure;
  - b) la prima componente riflessa inferiore.

<sup>3</sup> Per ulteriori approfondimenti vedi: BARRY TRUAX, "Organizational Techniques for C:M Ratios in Frequency Modulation", *Computer Music Journal*, vol. 1, n. 4, 1977

Consideriamo il primo caso.

Se vogliamo sapere quale sarà il rapporto  $p:m$  che abbia un determinato fondamentale, seguiremo questo procedimento: indichiamo il rapporto della portante con il fondamentale con  $a/b$ , intervallo che, come già detto, può essere desunto da qualsiasi scala naturale o temperata.

Perciò:

$$\frac{p}{p - nm} = \frac{a}{b} \text{ dove } n = 1, 2, 3, \dots$$

Dato un rapporto  $a/b$  troveremo il rapporto  $p:m$  secondo la formula seguente:

$$\frac{c}{m} = \frac{na}{a-b} \text{ dove } n = 1, 2, 3, \dots$$

Ad esempio per  $a/b = 15/8$ , il rapporto  $p:m$  che esprimerà questa relazione tra la portante e il fondamentale sarà 15:7 con uno spettro così risultante:

$$a/b = 15/8$$

$$\begin{aligned} p &= 100 \text{ Hz} \\ m &= 46.6 \text{ Hz} \end{aligned}$$

$\frac{p : m}{15 : 7}$							
-6	1	8	15	22	29	36...	ordine componenti
39.8	6.8	53.4	100	146.6	193.2	239.8...	Hz

Il fondamentale risulta quindi essere di 53.4 Hz, frequenza che si trova in relazione 15/8 con la portante di 100 Hz.

A prescindere quindi dall'importanza di poter essere in grado di sistematizzare e di conseguenza organizzare il proprio materiale sonoro, quello che mi interessava in questo caso, era il poter avere a disposizione delle "mixture timbriche" le cui portanti erano relate dal medesimo intervallo in cui stavano le componenti spettrali, ottenendo una coerenza tra struttura intervallare verticale e struttura intervallare interna allontanandosi molto dal suono "tipico" modulato in frequenza a ragione di un maggiore interallacciamento delle componenti tra loro.

Inoltre, l'attenzione posta al fatto che il termine "rapporto portante-modulante" sta proprio ad indicare un intervallo, si fa determi-

nante in quanto è possibile scegliere tutta una serie di intervalli-rapporti che oltre ad essere generatori di frequenze-timbri, possono essere impiegati anche per la definizione di altri parametri sia del suono che formali. È in questa continua proiezione tridimensionale (prima nell'oggetto sonoro che a sua volta si proietta verticalmente e poi orizzontalmente) che *A State of Silence* prende forma.

Per concludere, quello che mi sembra importante mettere in evidenza è la *necessità* che sottintende ogni gesto musicale e una decisione diviene necessaria nel momento in cui potremmo quasi dire che il suono si "genera" da un pensiero compositivo che necessita di quella e solo quella estrinsecazione sonora in cui, paradossalmente, non esistono alternative perché tutto è già implicitamente contenuto nella scelta iniziale. Non grazie a tabelle numeriche che possano dettare comportamenti estranei al suono che si sta trattando, ma proprio perché l'elaboratore – perlomeno nei suoi principi teorici di funzionamento – ci costringe a definire il suono nei suoi parametri costitutivi proprio così come noi vogliamo e non per sue ineliminabili modalità di comportamento come avviene per gli strumenti tradizionali.

In questo indissolubile intreccio tra teoria, linguaggio e forma, potremmo pensare all'elaboratore come l'elemento di sintesi, l'anello mancante alla catena che si era spezzata nel momento in cui sistema di intonazione, strumento e linguaggio non erano più uno l'espressione degli altri. Il compositore può rivestirsi non solo dell'abito di "esecutore" delle proprie musiche, ma anche di quello di "teorico" raggiungendo una ritrovata armonia ed equilibrio tra pensiero, suono e forma.

# Sessione: COMPOSIZIONE

---

**Metodo compositivo basato sull'algoritmo del volo di Lévy  
per la generazione di composizioni autosimili**

Bruno Fagarazzi

*Centro di Sonologia Computazionale dell'Università di Padova.  
Conservatorio Benedetto Marcello, Venezia*

La caratteristica precipua dei fenomeni autosimili è che, da qualsiasi punto di osservazione ed a qualsiasi livello di approfondimento lo si analizzi, la loro struttura non cambia, ricalcando costantemente un modello di base che, elemento nella gerarchia superiore, diventa struttura organizzata autosimilmente appena si approfondisce l'analisi o si cambi la prospettiva.

In questo articolo si vuole descrivere un programma che genera delle composizioni autosimili. In una prima parte sarà descritto il metodo compositivo generale e nella parte seguente l'applicazione, in via di realizzazione, da cui è stato tratto l'esempio sonoro esibito durante l'intervento.

Usando un modulo basato sull'algoritmo che genera un volo di Lévy e che nelle prime applicazioni controllava tutti i parametri di uno strumento di sintesi, abbiamo cercato di organizzare una struttura compositiva che riflettesse un pensiero autosimile universale.

Il modulo base è un volo di Lévy a tre ingressi (Fig. 1):  
 $N$  = numero delle dimensioni di uscita

$D$  = dimensione frattale del volo

$P$  = numero di passi del volo

più un altro ingresso opzionale:

$K_N$  = *kernal number* (numero di partenza per la generazione pseudoaleatoria alla base del volo di Lévy). Se non gli si dà un valore verrà assunto, per *default*, l'ultimo numero aleatorio generato in precedenza. Le uscite sono le  $N$  coordinate relative alle  $N$  dimensioni dello spazio in cui si muove per salti successivi il volo, che ad ogni salto genera un nuovo evento musicale (in totale  $P$  eventi successivi).

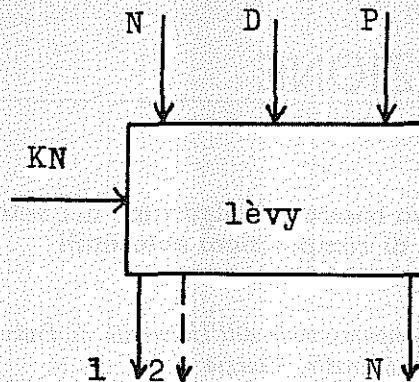


Figura 1 - Modulo base per la generazione di un volo di Lévy.

Per quanto sopra detto, la struttura più adatta a realizzare questa ipotesi compositiva, mantenendosi in linea con le esigenze della teoria dell'autosimilitudine, ci è sembrata senz'altro un'organizzazione a gerarchia verticale.

Al livello più alto di tale gerarchia si trova un volo, detto *volo pilota* che dà alla composizione una fisionomia "a sezioni". Le  $N'$  dimensioni di uscita di questo volo danno, alcune direttamente, altre campionando opportune funzioni, le caratteristiche generali di ogni sezione. Tali caratteristiche circoscrivono opportunamente la varianabilità dei parametri fisico-acustici all'interno degli ambiti percettivi. Il numero di passi di questo volo corrisponde quindi al numero di sezioni della composizione; esso è stabilibile a priori, ma, dato lo strettissimo legame con i parametri temporali a livello più basso, la scelta iniziale sarà orientativa e sicuramente suscettibile di variazioni.

La generazione di eventi musicali è demandata ad un gruppo di dieci voli di Lévy chiamati *voli dipendenti*. Tali voli, ognuno dei quali è caratterizzato da  $N'$  dimensioni di uscita, dalla dimensione frattale  $D'$  e da un numero di passi  $P'$  dedotto attraverso un processo di ottimizzazione che spiegheremo più avanti, costituiscono dieci linee indipendenti che possono essere considerate le "voci", diversamente caratterizzate in spazi timbrici paralleli. La partecipazione di dette linee alla composizione è, sezione per sezione, decisa dal volo pilota.

La gestione dei tempi è risultato il problema più critico in quanto, essendo la durata di ogni singolo evento una delle dimensioni di uscita di ognuno dei voli dipendenti, non si può sapere quanti passi

dobbiamo far fare ad ogni volo per esaurire la durata della sezione che è fissata dal volo pilota.

Si è pensato quindi ad un processo di ottimizzazione dei passi dei singoli voli dipendenti basantesi sul fatto che la stessa sequenza pseudo-aleatoria può essere generata quante volte si vuole partendo dallo stesso punto iniziale ( $K_N$ ), di conseguenza anche il volo di Lévy, che ha alla base del suo algoritmo tale generazione, sarà esattamente lo stesso. Si fa pertanto eseguire al volo dipendente un giro di prova con un numero di passi  $P'$  presunto (ad esempio 100) il quale genererà tanti eventi quanti sono necessari affinché la somma delle durate sia uguale al valore indicato dal volo pilota dopodiché questo numero di passi verrà usato come ingresso nella generazione vera e propria della sequenza di eventi (Fig. 2a).

Si sottolinea il fatto che i voli dipendenti agiscono parallelamente ma ognuno genera individualmente la sua sequenza per cui è necessario fare il volo di prova per tutte le linee poiché ciascuna di esse avrà un numero di passi differente.

L'impronta timbrica data alla composizione è decisa, ad ogni sezione, dal volo pilota attraverso un processo in cui si possono distinguere due fasi successive (Fig. 2b).

In un primo momento una delle dimensioni di uscita del volo pilota, relativa alle caratteristiche generali, va a campionare, contemporaneamente,  $N'-1$  funzioni dando in uscita  $N'-1$  valori diversi per ogni passo o sezione. In un secondo tempo questi valori modificheranno i codomini delle funzioni campionate dalle uscite dei voli dipendenti, centrandoli su un valore proporzionale a loro stessi, all'interno della fascia timbrica che caratterizza ogni linea.

Le funzioni sono  $N'$  per ogni linea ma solo  $N'-1$  di esse vengono influenzate dal volo pilota in questa fase poiché la prima dimensione di uscita di ogni linea è relativa alla durata e, come abbiamo visto, è già stata condizionata nel momento dell'ottimizzazione dei passi. Da dette funzioni si ottengono i valori dei parametri fisico-acustici, necessari a comandare gli algoritmi di sintesi.

Con questo procedimento ogni sezione assumerà un aspetto unico ed irripetibile all'interno della composizione e ciò dipende quasi esclusivamente dalla dimensione del volo pilota chiamata caratteristica generali.

Si vuole porre l'enfasi sulla modularità di questo sistema che ci permette, volendo, di pensare all'intera struttura come ad un blocco elementare con il quale poter costituire altre strutture diverse, oppure del tutto simili alla nostra ma ad un livello gerarchico superiore proprio secondo i più ortodossi canoni dell'autosimilitudine.

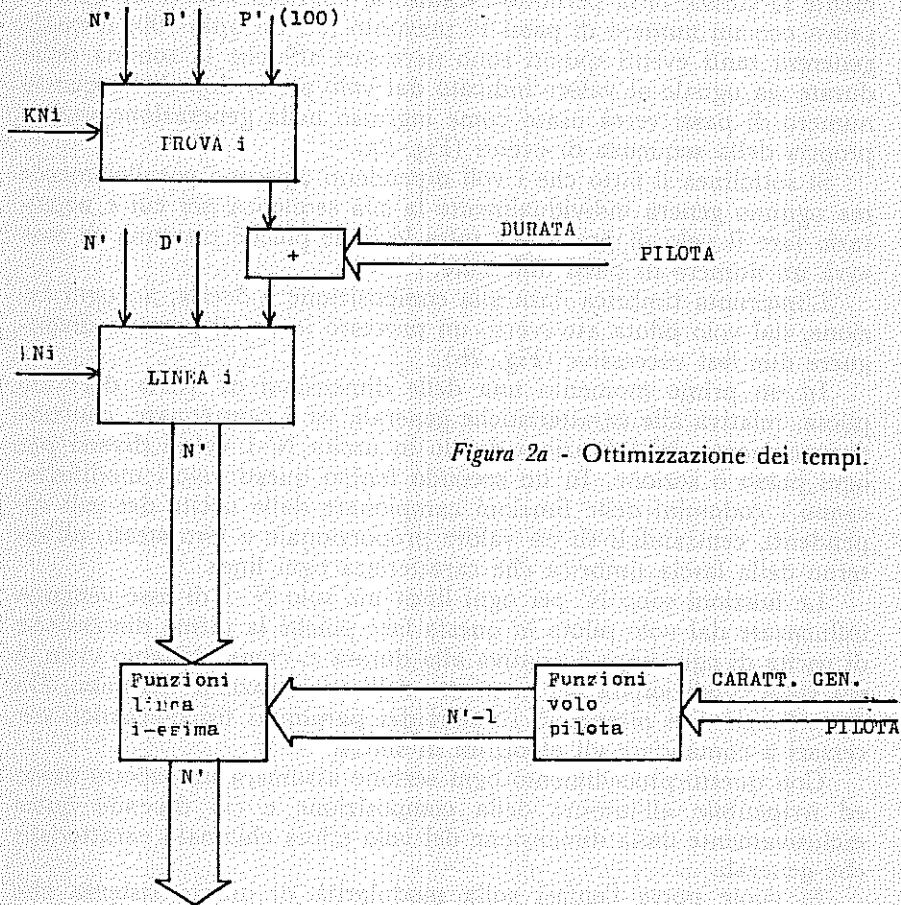


Figura 2b - Effetto del volo pilota sul timbro.

Questo metodo compositivo è in fase di applicazione nella realizzazione di una composizione dal titolo *Birdwatching*. In tale lavoro si è creato un volo pilota con quattro dimensioni di uscita, rispettivamente:

- durata della sezione
- numero delle linee interessate nella sezione
- linea centrale interessata (serve per decidere quali linee siano da attivare in base alla dimensione precedente)
- caratteristiche generali (dimensione che va a campionare le funzioni relative).

Ogni volo dipendente (Nvoce) ha invece cinque dimensioni di uscita che andranno a campionare cinque funzioni relative a:

- durata dell'evento (Dur)
- ampiezza (Amp)
- frequenza (Fre)
- caratteristiche timbriche 1 (Ct1)
- caratteristiche timbriche 2 (Ct2).

Siccome le dimensioni di uscita sono cinque per ogni volo dipendente, le funzioni campionate dalla dimensione relativa alle caratteristiche generali del volo pilota saranno quattro (N'-1).

In questo ambiente di lavoro si situa l'esempio sonoro presentato, che si sviluppa secondo lo schema strutturale di figura 3.

Le funzioni usate in questo caso ed a titolo semplificativo, sono molto semplici in maniera da rendere più evidenti i rapporti di causalità e poter seguire meglio le variazioni in uscita. Il gruppo di funzioni campionate dalla dimensione relativa alle caratteristiche generali del volo pilota è in figura 4.

In figura 5, invece, sono rappresentate le cinque funzioni campionate dalle uscite dei voli dipendenti. Anche in questo caso le funzioni, mantenendo sempre la massima semplicità, sono, per ovvi motivi di spazio, raggruppate per tipo e non sono quindi segnati i codomini che sono diversi per ogni volo dipendente assegnandogli un ben determinato spazio timbrico. Si noti come i codomini varino al massimo tra 1 e 10 poiché l'attribuzione dei valori veri e propri avviene in una fase seguente affinché, volendo cambiare il codominio, non si debba ricalcare la partitura.

Per quanto riguarda la sintesi essa è stata realizzata con il *Music5*.

L'algoritmo di sintesi usato è del tipo distorsione non lineare con inviluppo di ampiezza ed inviluppo di distorsione realizzati con il modulo *env* ed uscita stereo con bilanciamento (fig. 6). In questa figura vengono riportate anche le relazioni di dipendenza di questi P-campi dai dati di uscita dei voli. Anche in questo caso la maggior

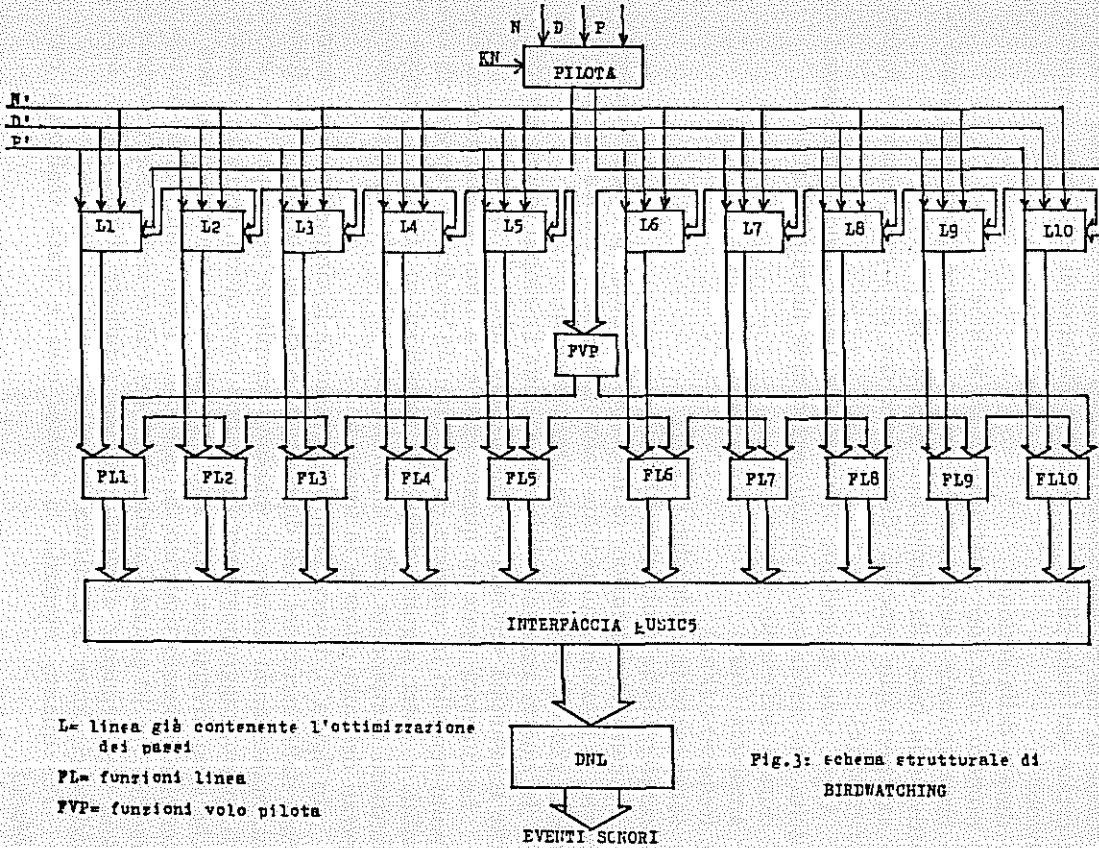


Figura 3 - Schema strutturale di *Birdwatching*.

Fig.3: Schema strutturale di  
BIRDWATCHING

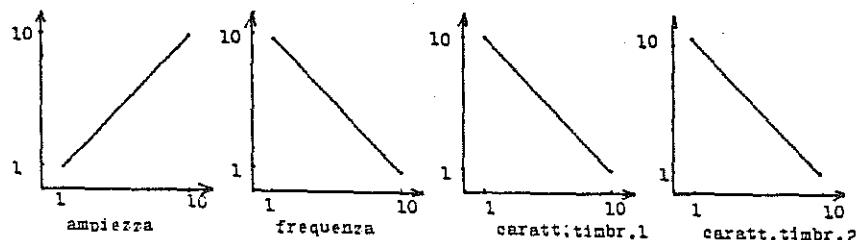


Figura 4 - Funzioni relative alle caratteristiche generali.

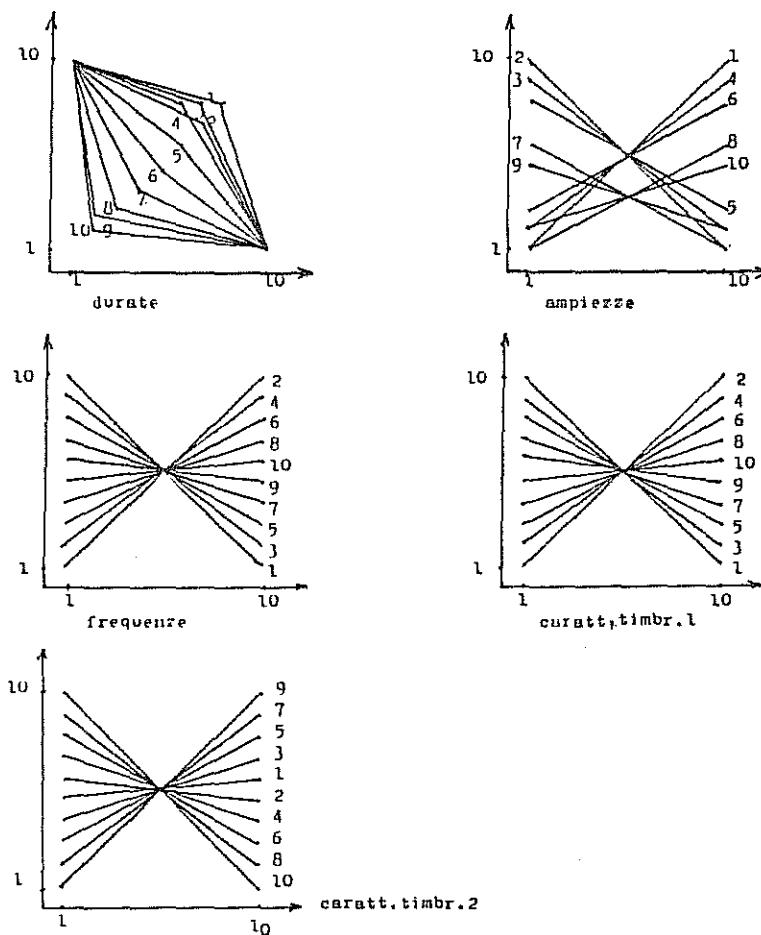


Figura 5 - Funzioni relative ai valori dipendenti.

parte delle relazioni vengono definite mediante apposite funzioni di conversione a segmenti di retta.

Come si può notare l'identità del singolo volo dipendente (*Nvoce*) determina la famiglia timbrica di appartenenza e quindi influisce sulla scelta del rapporto tra frequenza portante e modulante, sulla funzione di distorsione e sul bilanciamento stereofonico:

**DUR** influisce sulla durata fisica e sui tempi di inviluppo del suono  
**AMP** influisce sulle ampiezze

**FRE** determina la portante e la modulante

**Cr1** determina le caratteristiche spettrali del suono attraverso l'indice di distorsione ed il suo incremento

**Cr2** agisce sugli inviluppi di ampiezza e di distorsione determinando la dinamicità del suono.

La conversione attuata, sempre in ambiente Music5, tra i dati in uscita dei voli dipendenti, per ogni singolo evento, ed i campi di ingresso dello strumento (Fig. 6) esclude gli istanti di inizio di ciascun evento dal momento che essi vengono calcolati, in base alle durate degli eventi stessi, nella fase anteriore al Music5 e vengono assegnati, assieme a quest'ultime, direttamente allo strumento.

Questo sistema ha il pregio di un'alta versatilità dato il gran numero di parametri su cui si può intervenire.

L'implementazione di questa struttura ha messo in luce che il lavoro del compositore si sviluppa principalmente nella messa a punto delle funzioni di uscita e si è constatato come queste possano soddisfare una vasta gamma di esigenze compositive. Questo lavoro diventa oneroso se si agisce con macchine in tempo differito. Pertanto il passo successivo, volto ad una fruizione più immediata nella fase di taratura, sarà l'implementazione su processori in tempo reale, non tralasciando però uno studio più approfondito sulla gestione di parametri più specificatamente timbrici utilizzando diversi modelli di sintesi.

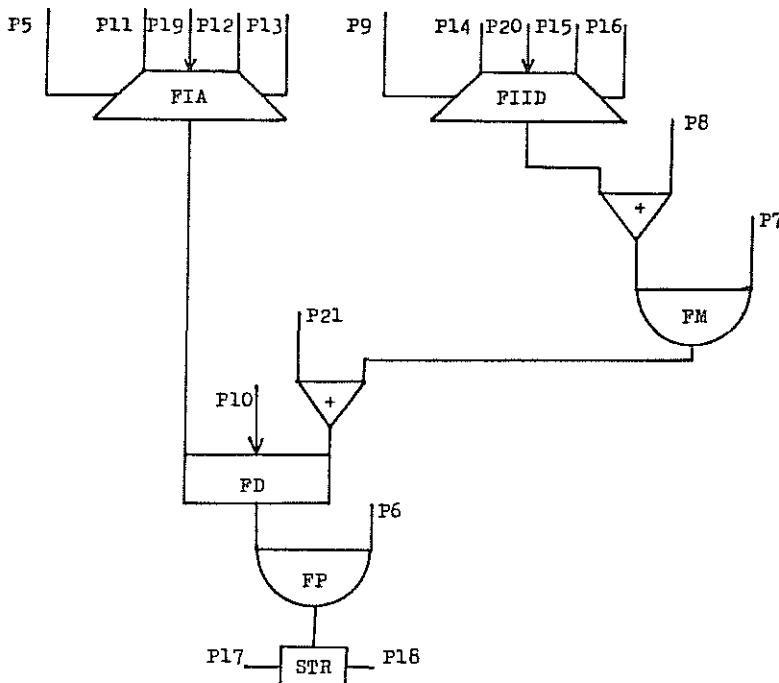
### Bibliografia

B. FAGARAZZI, *Programma per il controllo di parametri timbrici mediante il volo di Lévy applicato al Music5*, Atti V CIM 1983, Università di Ancona.

B.B. MANDELBROT, *Fractals, form, chance and dimension*, Freeman and Co., S. Francisco 1977.

M.V. MATHEWS, *The technology of computer music*, MIT press 1969, Cambridge, Mass.

A. VIDOLIN, "Interazione fra i modelli di rappresentazione dell'informazione musicale nella composizione mediante computer". *Automazione e strumentazione*, febbraio 1980.



**Significato dei P-campi:**

P5 = ampiezza	$P5=f(AMP)$
P6 = frequenza portante	$P6=f(FRE,NVOCE)$
P7 = frequenza modulante	$P7=f(FRE,NVOCE)$
P8 = indice di distorsione minimo	$P8=f(CT1,CT2)$
P9 = incremento indice di distorsione	$P9=f(CT1,CT2)$
P10= funzione distorcente	$P10=f(NVOCE)$
P11-P13= tempi inviluppo ampiezza	$P11-P13=f(CT2,DUR)$
P14-P16= tempi inviluppo indice di distorsione	$P14-P16=f(CT2,DUR)$
P17-P18= bilanciamento stereofonico	$P17-P18=f(NVOCE)$
P19= funzione inviluppo ampiezza	$P19=f(CT2)$
P20= funzione inviluppo indice di distorsione	$P20=f(CT2)$
P21= posizionamento distorsione (255.5)	

*Figura 6 - Strumento in distorsione non lineare.*

## **Un sistema di regole per l'improvvisazione col computer**

**Marco Ligabue**

*Studio di informatica musicale, Conservatorio L. Cherubini, Firenze*

Riportiamo qui gli attuali risultati di una ricerca, condotta mediante elaboratore, sull'improvvisazione musicale. Il processo di analisi, condotto tanto nell'aspetto melodico quanto in quello armonico, si basa sul presupposto fondamentale che la musica possa essere concepita come un "linguaggio" nel quale siano identificabili precise regole grammaticali e stilistiche che permettano di individuarlo in quanto tale.

Tale tipo di analisi, pertinente alla semiotica musicale, si colloca in un campo di indagine parallelo a quello della linguistica trasformazionale e si pone come fine non tanto la verifica dell'applicabilità dei modelli linguistici alla musica quanto la creazione di un sistema di regole che permettano la generazione di un modello rispondente a quei requisiti stilistici e grammaticali che connotano, in questo caso, l'improvvisazione musicale.

L'elaboratore diviene perciò mezzo di verifica, i cui prodotti musicali, generati automaticamente, vengono sottoposti all'ascoltatore "educato" che, confrontandoli con gli originali, giudicherà la validità del sistema di regole che compongono la grammatica.

Per quanto riguarda l'improvvisazione, patrimonio comune ed originario di ogni cultura musicale, lo stilema adottato per la ricerca è quello jazzistico, data la sua estrema ricchezza sotto il profilo creativo e quindi l'interesse che presenta da un punto di vista cognitivo.

Del resto, visto il larghissimo ambito in cui questo tipo di invenzione musicale è inscrivibile, si è preferito, proprio al fine di una miglior verificabilità delle ipotesi teoriche, restringere il campo di indagine armonica a quello del blues in dodici misure che si presenta per altro come una struttura tipica dello standard jazzistico dalle sue origini fino anche alle forme più recenti.

Ci è sembrato che questo tipo di struttura potesse essere sufficientemente rappresentativa tra le molte che si presentavano sottomano volendo affrontare un discorso di carattere analitico nel campo delle armonie jazzistiche.

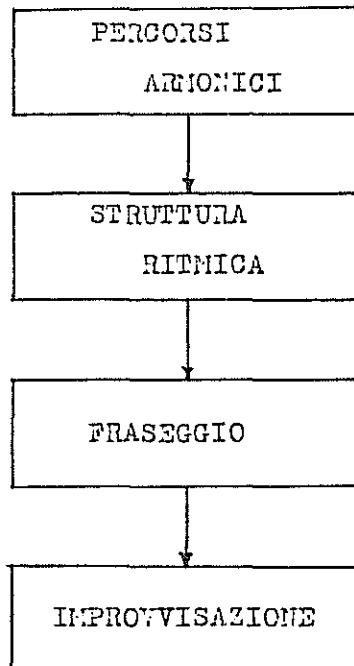
Tali limitazioni hanno permesso, in un campo di per sé tendente

a sfuggire ad ogni tipo di "regolamentazione" come quello del jazz, di lavorare in un ambito ben preciso e di individuare al suo interno quegli elementi costitutivi di uno stile sia da un punto di vista ritmico, che armonico e melodico e che lo connotano in quanto tale anche attraverso i suoi processi evolutivi.

Si è arrivati perciò alla definizione di una grammatica e ad una verifica di quegli elementi di grammaticabilità come, ad esempio, particolari strutture ritmiche, forme di fraseggio e *swing* che, pur proprie e peculiari di ogni esecutore, sono però individuabili in forma generale.

Il programma di ricerca è diviso sostanzialmente in due settori fondamentali: il primo riguarda lo studio e la generazione delle armonie, mentre il secondo, suddiviso a sua volta in due sottocategorie, riguarda da una parte lo studio e la generazione delle strutture ritmiche e dall'altra quello delle formule melodiche (Fig. 1).

Abbiamo già riferito in proposito alle limitazioni poste alla prima



*Figura 1 - Diagramma dello schema di generazione dei parametri.*

sezione del progetto, quella riguardante cioè le armonie. Attraverso l'analisi di testi si è arrivati alla definizione di quella che chiamiamo struttura "originaria", un tipo di struttura cioè in dodici misure che trova i suoi capisaldi nella prima, nella quinta e nella nona battuta con passaggi dal I grado al IV ed infine al V spesso con cadenza plagale di ritorno sul primo.

In realtà sappiamo che le prime forme di blues, quelle di cui perlomeno si ha informazione, presentavano nuclei di quattro, sei od otto battute e solo successivamente di dodici oltre che essere spesso in tempo ternario o pari terzinato.

Non sono comunque state accettate le dodici battute ed il tempo pari in maniera del tutto arbitraria; abbiamo potuto notare infatti che tanto per le strutture di dodici come per quelle con minor numero di battute non cambiava la struttura originaria rimanendo in ogni caso validi i passaggi dal I al IV al V(IV) grado per poi ritornare al I; non ci è sembrato inoltre che la transizione da una ritmica ternaria ad una pari abbia influito in modo essenziale sulle strutture armoniche; per cui si è deciso, appunto come partenza, per le dodici misure con tempo in 4/4.

Si è sottinteso perciò tutta quella fase con la quale il blues passa al jazz attraverso una dilatazione formale ed una "pianificazione" (o dovremmo forse meglio dire "chiarificazione") ritmica al fine di lasciare maggior spazio e dare maggior risalto all'improvvisazione tanto da un punto di vista melodico quanto ritmico; si lascia cioè all'improvvisatore uno spazio via via sempre più ampio per la sua invenzione oltre che delegare a lui maggiori possibilità ritmiche, di contrasto con la base, cosa questa che influirà in modo determinante sulla formazione di quello che nel jazz viene denominato *swing*. Questo almeno inizialmente. Ad ogni modo si è potuto riscontrare che proprio in questa fase di passaggio dalle strutture minori a quella di dodici misure si ha lo sviluppo maggiore di quel processo di arricchimento armonico che interessa ai fini del nostro studio.

Partendo perciò dalla struttura "originaria" si procede, attraverso sostituzioni progressive degli accordi, dalle strutture semplici fino a quelle più complesse.

Riscontrati i vari processi di arricchimento, essi sono stati sintetizzati in un tipo di struttura ad albero sulla quale il programma di generazione armonica si muove; regola di base è che ogni battuta non può avere più di due accordi diversi al suo interno.

Partendo dall'accordo iniziale di tonica si passa, secondo precise regole stocastiche, alla generazione degli accordi successivi; ogni accordo esclude o rende possibili certi percorsi e si passa quindi da un nodo a quello successivo solo se viene soddisfatta la plausibilità sin-

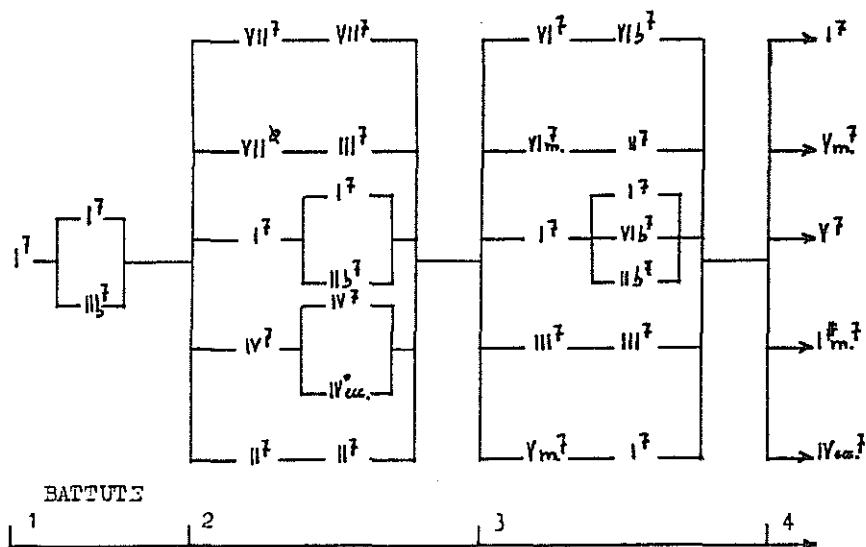


Figura 2 - Percorsi armonici.

tattica del percorso. Vengono così evitati tutti quei percorsi non corretti sintatticamente (Fig. 2).

Si possono avere quindi esempi, sempre corretti, di strutture semplici, assai vicine a quella originaria, con il minimo di sostituzioni possibili (Fig. 3), come di strutture complesse in cui gli elementi generatori sono appena avvertibili (Fig. 4).

Nella seconda parte del progetto, come premesso, si procede alla generazione delle strutture ritmiche e delle formule melodiche; queste due fasi sono, comprensibilmente, strettamente connesse.

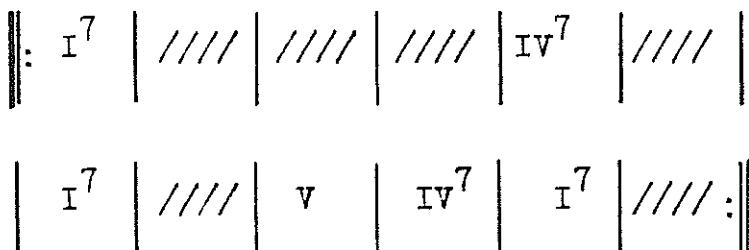
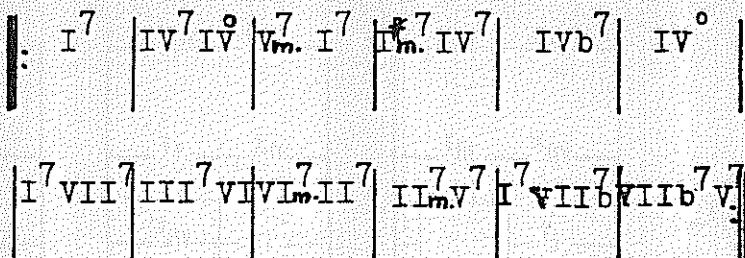


Figura 3 - Esempio di struttura armonica.



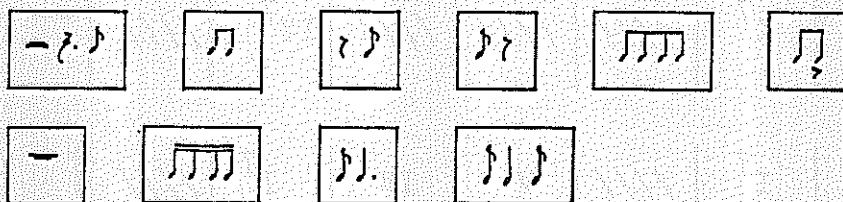
*Figura 4 - Esempio di struttura armonica.*

Vista la complessità delle formulazioni ritmiche possibili nel fra-seggi jazzistico si è posto il problema della articolazione dei valori nel processo di generazione. Ci è sembrato opportuno, oltre che pertinente alla pratica del jazz, l'individuare una serie di moduli ritmici che rispondono, nel complesso, a buona parte delle combinazioni praticate nel genere del blues jazzistico.

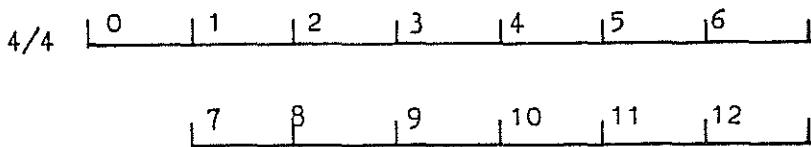
Tali nuclei vengono, anche qui, concatenati tra loro in base a precise regole di priorità e di preferenza che permettono la creazione di schemi ritmici che devono rispondere complessivamente a regole di plausibilità sintattica.

Dato che gran parte della ricchezza di una improvvisazione risiede proprio nell'invenzione ritmica si è cercato di dare al programma una maggiore flessibilità che non per i percorsi armonici, permettendogli maggiori possibilità di scelta, sia per l'ampio numero di moduli disponibili sia per il limitato numero di vincoli posti per la concatenazione e ridotti solo ad alcuni di carattere fondamentale ed irrinunciabile (Fig. 5).

Il programma, quindi, procede alla scelta tra una serie di moduli disposti in gruppi diversi, secondo un ordine di preferenza, sempre in base a regole di carattere probabilistico, che permette però il pas-



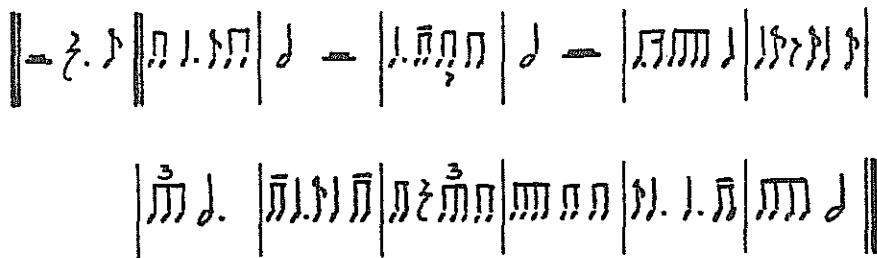
*Figura 5 - Esempi di nuclei ritmici.*



*Figura 6 - Schema delle battute ritmiche.*

saggio da un gruppo ad un altro con un buon grado di libertà; verificata la plausibilità metrica dei valori scelti con la durata della battuta il programma passa alla successiva, sempre seguendo le medesime regole, fino alla battuta finale.

In realtà le battute generate, in questo caso, non sono dodici bensì tredici dato che si è voluto contemplare la possibilità, da parte del programma, di cominciare "in levare" rispetto all'accompagnamento (Fig. 6). Ovviamente si ha anche la possibilità che nella battuta iniziale (batt. 0) venga generata una pausa per cui si possono avere diversi tipi di attacco (Fig. 7).



*Figura 7 - Esempio di schema ritmico.*

Elaborati i nuclei ritmici richiesti, il programma entra nella seconda fase, quella cioè riguardante la generazione delle formule melodiche del fraseggio o, più propriamente, delle altezze.

In pratica il programma procede ad un conteggio delle note trovate nella prima fase ossia il numero di note costituenti i nuclei ritmici delle tredici battute ed in base a questo conteggio genera il numero di altezze richiesto. Più specificamente diremo che il programma ha la capacità di scegliere una prima nota in un ambito, mediamente, di quattro ottave (all'incirca le quattro centrali) e dalla quale, una volta generata, può procedere, sempre stocasticamente, in vari modi. Si può verificare una situazione di salto, tanto ascendente

quanto discendente, da un "minimo" della stessa nota (per cui si ha il caso della nota ribattuta) ad un "massimo" di due ottave, valore medio stabilito, in questa prima fase del progetto, in base ad osservazioni di carattere pratico e stilistico.

Altra possibilità è rappresentata dalla generazione di scale, anche qui, tanto in senso ascendente che discendente; le capacità del programma sono piuttosto ampie in questo caso dato che, oltre la scelta dei vari tipi di scala su cui procedere (pentatoniche maggiori, minori

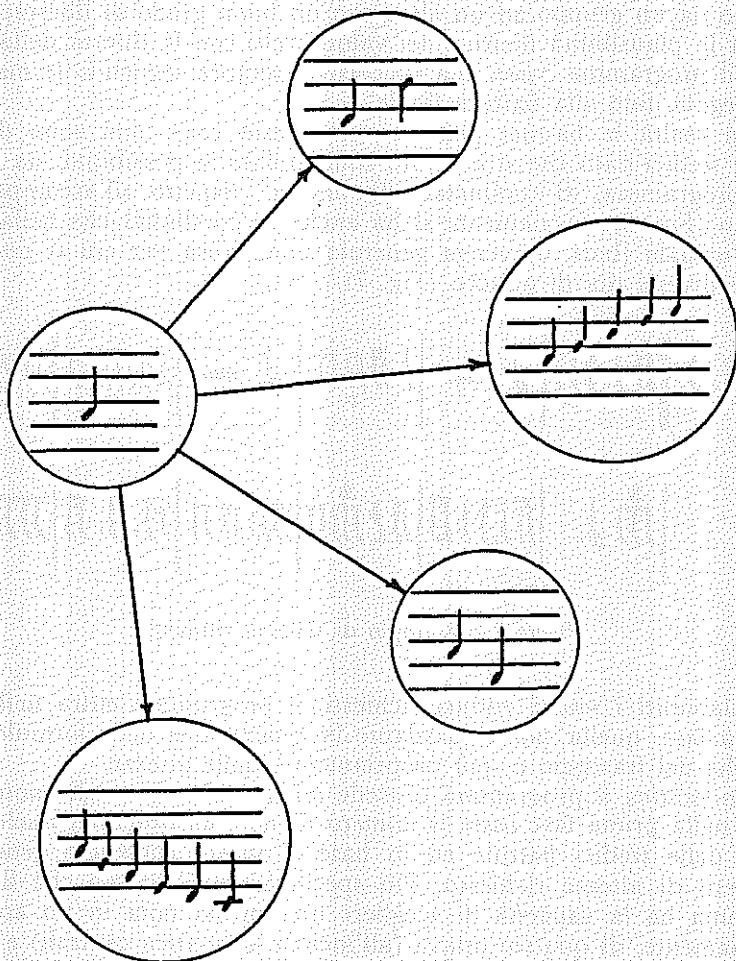
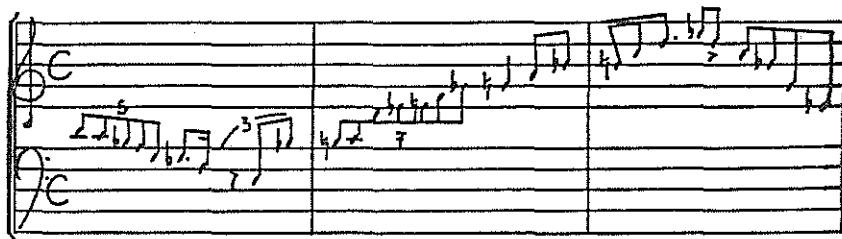


Figura 8 - Possibilità di scelta del programma nel fraseggio melodico.

ed alterate; diatoniche semplici maggiori e minori; cromatiche; "scale blues"; modo dorico), l'elaboratore è in grado di determinare anche la lunghezza della scala, tanto casualmente quanto perché vicino a dei limiti imposti (per esempio scale che partono in vicinanza ai limiti delle quattro ottave) oltre che stabilire, secondo determinate regole, se sia preferibile un percorso ascendente od uno discendente in base alle note che lo precedono, scegliendo anche, volendo, di saltare, casualmente, quali e quante note si voglia nelle scale generate (Fig. 8).

Si capisce che, combinando con la struttura ritmica le varie possibilità di generazione melodica, si coprono buona parte delle probabilità di andamento del fraseggio dai salti alle scale, alle note ribatteute a quelle di passaggio, di volta ecc. (Fig. 9).



*Figura 9 - Esempio di improvvisazione melodica.*



*Figura 10 - Esempio di improvvisazione armonico-melodica.*

Fase finale del lavoro è quella in cui vengono riuniti i risultati delle due sezioni del programma: si unisce cioè la parte armonica a quella melodica ottenendo in pratica, come risultato finale, un accompagnamento su di un giro di blues, con diversi tipi di sostituzio-

ni, sul quale si sviluppa un'improvvisazione, ritmico-melodica, in accordo con la base armonica (Fig. 10).

Rimane ora solo il confronto grammaticale tra il risultato ottenuto ed i vari esempi di improvvisazione jazzistica scelti.

Per ora la ricerca si trova ancora in fase iniziale e, per quanto alcuni risultati possano dirsi positivi, molto resta da fare. Innanzitutto si sta cercando di unire in maniera più stretta le due parti del programma dato che, se pure erano stati posti tra loro diversi vincoli, questi sono di carattere soprattutto teorico, e di fatto, in sede di programma, le due sezioni non risultano così strettamente connesse come si vorrebbe.

Ciò permetterebbe di ovviare a tutta una serie di inconvenienti, primo fra tutti quello di ottenere un tipo di fraseggio saldamente legato alla struttura armonica consentendo così l'uso di scale diverse per ogni diverso accordo come di modi diversi a seconda dei casi, lavoro che, per ora, il programma non è in grado di svolgere.

Anche per quanto riguarda la ritmica si sta cercando di fare in modo che ne venga generata una autonoma per la parte armonica e che solo successivamente, in base a questa, venga generata la metrica dell'improvvisazione. Relativamente quindi anche al carattere dell'accompagnamento si potrebbe regolare l'andamento dell'improvvisazione (lento, moderato, veloce ecc.) valutando quindi le diversità stilistiche, attraverso l'uso dei vari tipi di valori ritmici, in maniera senz'altro più ampia. Si otterebbe, insomma, un positivo allargamento di tutte le possibilità di analisi ritmico-melodica per ora contemplate.

Si sta lavorando, inoltre, per fare in modo che l'elaboratore possa confrontare la parte generata con altre strutture-modello simili, così da ottenere dei risultati in parte già selezionati per grammaticalità e plausibilità sintattica generale.

Dai primi e modesti risultati cui abbiamo accennato traiamo speranza di poter affrontare positivamente il lavoro futuro.

### Bibliografia

L. CAMILLERI, "Linguistic theory and Music", in *Proceedings of the International Symposium of Music Reason and Emotion*, Gent 1985, University of Gent, Communication and Cognition.

N. DE ROSE, *Tecnica dell'improvvisazione jazzistica*, Edizioni Melodi, Milano 1979.

N. DE ROSE, *Piano jazz*, Edizioni Melodi, Milano 1982.

N. DE ROSE, *Armonia e fraseggio jazz*, Edizioni Melodi, Milano 1982.

A. ZANO, *Mechanics of modern music*, Berben, Ancona 1973.

Un interessante nucleo di trascrizioni si può trovare in:

O. NELSON, *Blues and the abstract truth*, Marks Music, s.d.

# **Studi intermedi per l'ideazione e strutturazione di un sistema personalizzato di progettazione e composizione musicale assistiti da elaboratore**

Sergio Cappuccio  
*Roma*

*Sommario.* Sono già ampiamente diffusi sul mercato vari sistemi hardware-software di aiuto alla progettazione chiavi in mano (*Computer Aided Design*) completati da appositi pacchetti software per le applicazioni più richieste, come ad esempio: progettazione meccanica, elettronica, edilizia, ecc. Meno sviluppati sono invece settori come la progettazione e composizione intese come attività artistiche piuttosto che ingegneristiche. Nelle pagine che seguono si affronterà il tema della strutturazione di un ipotetico sistema di aiuto alla composizione e progettazione musicale.

Molti sono i termini in voga per indicare l'uso dell'elaboratore a seconda del ramo che si intende supportare ed in alcuni testi già si mette in guardia da false interpretazioni del termine CAD. Per quel che ci riguarda faremo riferimento ad una teoria CAD da noi estratta dalla lettura di due testi di base E/M(1984) e L/G(1983)<sup>1</sup>, di cui illustreremo qui di seguito le parti essenziali come necessaria premessa a quanto diremo più avanti.

*Teoria CAD (estratta).* Naturalmente ci riferiamo al termine teorico nel suo significato generale, cioè teoria e risoluzione separate dalla pratica, che viene affrontata in un secondo tempo.

Si dà per scontato che la progettazione è un'attività svolta per successive fasi su di uno o più oggetti tecnici; e per ogni fase è necessario registrare su medium comunemente accettati la descrizione di essi (modello tecnico dell'oggetto).

<sup>1</sup> M. EIGNER - H. MAIER, *CAD. Impiego dei sistemi di progettazione assistita da calcolatore*, Milano, «Tecniche Nuove», 1984 e Y. GARDAN - M. LUCAS, *Le tecniche grafiche interattive applicate al CAD/CAM*, Milano, «Il Rostro», 1984.

oggetto tecnico → modello tecnico

in forma verbale  
in forma reale  
in forma fisica  
in forma grafica  
in forma simbolica  
ecc.

Ogni modello contiene solamente una parte di tutte le informazioni insite nell'oggetto stesso.

Nel momento della registrazione all'interno dell'elaboratore è necessaria la produzione di un modello interno il più esaustivo possibile, dal quale siano poi derivabili vari modelli specifici alla fase applicativa corrente.

modello	→	rappresentazione	→	produzione	modØ
pensato		interna		modelli	.
				applicativi	modn

Quindi alla base di un sistema CAD è l'ideazione di un buon modello dell'oggetto di produzione.

In generale un sistema CAD chiavi in mano è caratterizzato da:

- un'immediata possibilità d'impiego, almeno dal punto di vista grafico,
- una stretta dipendenza *hardware-software*,
- l'apparire come un *black box*<sup>2</sup> all'operatore/progettista, dato che le cognizioni essenziali per lui sono quelle riguardanti la propria attività ed il contesto in cui si svolge.

La struttura di un sistema CAD può essere intesa in questo modo:

– utilizzatore	questi tre elementi
– <i>hardware</i> di sistema	concorrono alla
– <i>software</i> del sistema	soluzione di un ... PROBLEMA

Quindi tre componenti, un problema e l'attività di soluzione svolta da essi in modo interattivo.

*Hardware.* Configurazione tipica di un sistema CAD:

- calcolatore centrale CAD (caso di più stazioni di lavoro che lavorano in parallelo, collegate ad un sistema centrale)
- stazioni di lavoro CAD (vari gradi di intelligenza)
- ulteriori periferiche di input/output e di archiviazione.

<sup>2</sup> *Scatola nera o scatola chiusa;* s'intende l'uso di un'apparecchiatura, conoscendone solo il sistema di cause ed effetti esterni ed indispensabili all'utilizzo da parte dell'operatore, tralasciandone invece la conoscenza del funzionamento interno, ovvero il processo di passaggio da causa ad effetto.

*Software.* Il *software* disponibile in un sistema CAD ed EDP in genere è suddivisibile secondo due piani funzionali: il piano del sistema operativo inteso come *software* di accoppiamento *hardware* di sistema e programmi applicativi ed ulteriormente suddivisibile in programmi

- di sistema (monitor)
- di servizio (*editor*, gestione *files*, ecc.)
- traduttori, compilatori e correlatori di programmi.

Il piano del *software CAD* classificabile secondo cinque complessi funzionali:

1. elaborazione di *input* (descrizione di oggetti)
2. manipolazione progettuale e geometrica (applicazione di oggetti)
3. raffigurazione interna all'elaboratore (memorizzazione di oggetti)
4. elaborazione di *output* (rappresentazione di oggetti)
5. esecuzione automatica di programmi (descrizione ed applicazione automatica di oggetti).

Quest'ultima classificazione va intesa soprattutto legata al modello ed all'oggetto di progetto; una classificazione più generale del *software CAD* può essere la seguente:

1. un supervisore di progettazione
2. un supervisore di comunicazione
3. un insieme di *databases* relativi alla progettazione.

*L'operatore.* Con il termine si intende tanto il progettista totale, completo padrone di tutto il processo di progettazione, quanto il progettista locale, elemento di una rete di progettisti concorrenti alla soluzione di parti separate dello stesso oggetto progettuale. In generale si può dire che compito dell'operatore è quello di essere addentro al problema progettuale, conoscere gli obiettivi di progetto e, cosa da non sottovalutare, l'avere un chiaro rapporto con il metodo od i metodi progettuali usati, i quali possono essere già alla base dello sviluppo del sistema CAD o implementabili, con opportuni programmi e fasi di lavoro con operazioni elementari, su sistemi CAD di tipo generale. Ed ancora egli deve essere in grado di interagire con gli altri due componenti (*hardware* e *software*), il che è certamente qualcosa di più dell'inserire dati e riceverne l'*output*.

*Le tecniche di lavoro con sistemi CAD.* Dunque dall'attività di questi tre elementi scaturiscono alcune tecniche di lavoro, sia intese come rapporto operatore-strumento all'interno di un processo strutturato di progettazione o composizione, sia intese come tecniche interne al sistema *hardware/software* orientate ad ottenere determinati obiettivi di aiuto alla progettazione (automazione di procedure ripetitive, eliminazione delle parti nascoste nei disegni, FFT, ecc.).

Uno dei fattori maggiormente condizionanti le tecniche di lavoro CAD è la distinzione tra le varie attività, che possono essere raggruppate nelle seguenti:

- attività di costruzione
- attività di comprensione
- attività di comunicazione
- attività di elaborazione.

Ognuna di queste attività può essere a sua volta legata ad un particolare strumento *hardware* o *software* ed alla relativa tecnica di uso.

Prima di procedere, cerchiamo di dare in questo ambito la nostra interpretazione del significato dei termini progettazione e composizione.

*Progettazione* perché – visto che si sta parlando non solo di musica, ma anche di suono, spazializzazione del suono, ambienti di ascolto adatti al tipo di musica, nuovi strumenti musicali, sistemi di sintesi del suono, ecc. – ci sembra giusto considerare la possibilità di progettazione all'interno di un sistema dedicato. Inoltre, con il termine *progettazione* è nostra intenzione considerare l'aspetto di puro calcolo, di dimensionamento di oggetti, di ottimizzazione di risultati e prestazioni, tutte attività che male sono descritte dal termine *composizione*, ed intenderemo quest'ultima come un'attività volta alla realizzazione di oggetti artistici mediante uso di algoritmi, idee, concetti ed altro, secondo vari processi, il più delle volte legati al singolo autore.

Entrambi questi due termini saranno per noi a loro volta legati strettamente al concetto di *processo*: processo compositivo, processo progettuale. Composizione e progettazione dunque come oggetti inventati dall'uomo e come altri allo stesso modo manipolabili, controllabili, scomponibili, ecc.; infatti *processo* sarà per noi una sequenza strutturata, preferenziale o no rispetto ad altre, di azioni ed attività volte ad arrivare al risultato finale od oggetto progettato, ed a sua volta oggetto di controllo, manipolazione ed altro. Allo stesso modo considereremo un processo ad un livello più generale, inglobante sia processi compositivi, sia processi progettuali, secondo le più varie strutturazioni; e chiameremo tale processo con uno dei seguenti appellativi: *processo creativo*, *processo globale di composizione e progettazione*, *processo creativo totale*.

Dichiariamo ora i nostri fini relativamente al campo musicale:

- semplificare alcune fasi del processo creativo in campo musicale tramite l'uso di un elaboratore,
- utilizzare i portati di una teoria CAD e di eventuali pacchetti CAD in commercio (*general purpose*),

- arrivare quindi ad una strutturazione possibile di un sistema CAD generico collegato ad un sistema di *computer music*.
- Faremo poi le seguenti distinzioni tra:
- fasi riguardanti la produzione o realizzazione del suono,
- fasi di lavoro che richiedono l'esecuzione di prove ed esempi sonori,
- fasi precedenti alla realizzazione fisica del suono.

*Perché l'uso di un sistema Cad?* In primo luogo perché chi scrive sta portando a termine una tesi di laurea sull'uso di sistemi CAD in genere e sul CAAD, cioè progettazione architettonica assistita da elaboratore, SE.CAP. (1985)<sup>1</sup>, e ne sta traendo utili confronti con la contemporanea attività di compositore di *computer music* svolta fino ad ora in modo differente per la produzione, e mediante tecniche interattive per alcune fasi di montaggio e trasformazione di materiale presintetizzato digitale. Tale confronto si sta concretizzando nello sviluppo parallelo dei due temi, quello musicale e quello architettonico, sulla base di una teoria generale dei sistemi CAD, in parte estratta, come già detto, da libri sull'argomento, ed in parte estrapolata ed usata sistematicamente.

Nelle pagine che seguono è sintetizzato lo stato della ricerca riguardo agli usi musicali.

Inoltre va aggiunto che a giudizio di chi scrive il CAD sta cominciando a configurarsi come una disciplina a sé, nata come applicazione delle macchina elaboratore alla soluzione di alcune parti del compito progettuale e facente uso di linguaggi compilati e ridotte strutture di dati; è poi diventata una delle applicazioni della scienza informatica, con il conseguente uso della terminologia consolidata in tale disciplina ed è ora una base comune ad ulteriori approfondimenti, dotata di una propria struttura ed estensioni terminologiche. A tutto ciò si aggiunga quanto da noi detto e quanto diremo in seguito sulla composizione assistita da elaboratore per evidenziare la necessità e la potenzialità di una estensione della teoria CAD e dei relativi sistemi chiavi in mano in questa direzione.

*Perché un sistema personalizzato?* I sistemi offerti sul mercato sono caratterizzati da due fatti concomitanti ma stridenti.

Tutte le operazioni possibili da parte dell'operatore sono solo

<sup>1</sup> S. CAPPUCIO, *Le problematiche dei sistemi CAD/CAAD e l'evoluzione dei processi progettuali nella teoria e nella prassi. Applicazioni di progettazione assistita da computer*, tesi di laurea, Facoltà di Architettura di Roma, Dipartimento di Progettazione Architettonica e Urbana, Corso di Teoria dei Modelli della Progettazione, 1985.

quelle non riducibili nella loro elementarità, ed è solo l'attività nell'arco di una sessione di lavoro che fa diventare il tutto un processo di progettazione.

Allo stesso tempo però i programmi che girano, sia per lo scopo cui sono adibiti sia per le motivazioni che portano alla progettazione di oggetti d'uso, ed i relativi processi, sono in pratica ben determinati da anni di precedente prassi progettuale, che potremmo definire manuale o al massimo meccanica, e da essa e dai suoi processi manuali si differenziano solo per l'automazione di alcune procedure, per la riduzione del personale coinvolto, per la velocità di variazione di parti o di tutto il progetto.

Può cambiare qualche metodo di calcolo, ma non il processo globale di progettazione, ed una sessione di lavoro si può distinguere dalle altre solo per l'ordine di esecuzione dei programmi, il numero di iterazioni, ecc.; sono cioè sistemi orientati a determinati metodi progettuali (ciò è vero per la prima fase di informatizzazione delle aziende, poiché già vari autori affrontano l'argomento dell'informatica come fattore innovativo).

È chiaro invece come, volendo trattare di processi compositivi e di produzione artistica non sia possibile non fare riferimento al singolo autore, alla sua teoria artistica o corrente, alla sua personalizzazione del sistema *hardware/software*, soprattutto in un periodo storico-artistico in cui oltre alla varietà di stili, modi e culture musicali passate e contemporanee, molti autori compiono ricerca per proprio conto.

Quindi personalizzazione come scelta di una particolare configurazione del proprio sistema CAD; ed ancora personalizzazione come sviluppo di proprie tecniche composite e progettuali, mediante opportuni programmi.

*Fasi metodologiche.* Illustriamo ora le fasi metodologiche secondo le quali si è sviluppata la nostra ricerca:

- Teoria CAD (estrapolata).
- Formalizzazione e classificazione.
- Teoria della progettazione e composizione.
- Un sistema per la produzione di programmi CAD.
- Definizione del sistema finale.

*Teoria CAD.* Si è cercato di fare un uso esaustivo dei concetti fin qui esposti riguardo la teoria CAD estratta, ed estrapolata in alcune parti che ci sono sembrate in grado di fornire lo spunto per estensioni e per idee di ulteriore sviluppo.

Quindi appropriazione di tale teoria, con l'apporto di leggere modifiche, necessarie ai propri scopi compositivo-progettuali, quali il

considerare oltre alla struttura globale dei sistemi CAD, anche la struttura interna ai suoi elementi, cioè la struttura del problema progettuale-compositivo, destinata ad essere analizzata prima di ogni altra azione, per poterne poi tener conto nelle seguenti operazioni di progetto; ed ancora la struttura dell'operatore/progettista, intesa sia come *struttura mentale*, ovvero i procedimenti logici attraverso i quali egli determina nella propria mente l'oggetto-soluzione, sia come *struttura della cultura progettuale* del singolo operatore, ovvero dei metodi o dei procedimenti seguiti nel settore che lo riguarda, siano essi consolidati da precedente prassi musicale che legati alle recenti innovazioni tecnologiche. A ciò si aggiunge ovviamente la struttura dell'*hardware* e del *software*, delle quali la seconda vogliamo immaginare sufficientemente malleabile ed adattabile alle particolari esigenze dell'u-tente.

Fondamentale per il sistema CAD così strutturato è la comunicazione dell'informazione tra un elemento e l'altro, unita ad opportune rappresentazioni dell'oggetto-soluzione in ognuno degli stessi; il nome dato a queste rappresentazioni è *modelli*, i quali potrebbero in teoria essere di molti tipi differenti, ma che in realtà, parlando di modelli specifici per il CAD, si riducono ad un certo numero di modelli geometrici a varie dimensioni e direttamente collegabili ad una rappresentazione grafica su schermo video, che al momento è l'applicazione più diretta ed immediata dei sistemi CAD chiavi in mano.

Nella figura 1 si è voluto mettere in evidenza il cambiare dell'informazione inherente l'oggetto, nel suo entrare all'interno del sistema CAD, nel suo cambiare di stato in seguito ad esigenze applicative e di memorizzazione interna, e nel suo tornare in forma di *output*. In altre parole, per ogni fase di lavoro è necessaria un'opportuna forma di memorizzazione dell'oggetto, e noi abbiamo basato la strutturazione del nostro sistema personalizzato (pacchetto *software*) sulla base di questi modelli, considerando quindi le corrispondenze illustrate nella figura 2, dove fra l'altro si è posto in evidenza come possa essere terreno di fertili riflessioni il tentativo di riempire i due rettangoli con un punto interrogativo.

In altre parole si è voluto mettere in evidenza tutto quel *software* (ed eventualmente anche quell'*hardware*) che può essere d'aiuto all'ideazione di un oggetto indipendentemente dalla sua rappresentazione geometrica o d'altro tipo.

Quindi produzione di *software* per aiutare a pensare a degli oggetti di progetto o compositivi, nella loro completezza, per poi riportarli in modello di *input* come normale prassi CAD.

Si è poi presa una chiara posizione nei confronti della contrapposizione fra automazione di un processo e processo interattivo, deci-

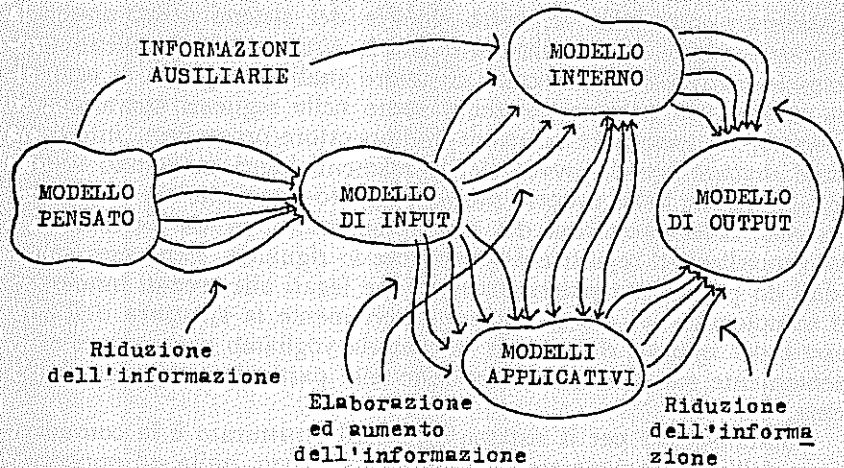


Figura 1

HARDWARE	?	HARDWARE DI INPUT	HARDWARE DI ELAB.	HARDWARE DI MEM.	HARDWARE DI OUTPUT
OPERATORE	ATTIVITÀ MENTALE	COMANDI DI INPUT	COMANDI DI ELAB.	COMANDI DI MEM.	COMANDI DI OUTPUT
SOFTWARE	?	SOFTWARE DI INPUT	SOFTWARE DI ELAB.	SOFTWARE DI MEM.	SOFTWARE DI OUTPUT
FORMA DEL OGGETTO	MODELLO PENSATO	MODELLO DI INPUT	MODELLI APPLICAT.	MODELLO INTERNO	MODELLO DI OUTPUT

Figura 2

dendo quindi di poter svolgere qualsiasi programma o processo sia in modo interattivo che in modo automatico (Fig. 3).

*Formalizzazione e classificazione.* Si è cercato di portare avanti il discorso nel modo più generale ed astratto possibile (*top-down*); e per ottenere ciò si è scelta un'opportuna formalizzazione di tutti gli elementi in gioco, quali modelli vari, programmi, elementi di varia complessità, ecc.; si è inoltre ipotizzata la possibilità di classificare e

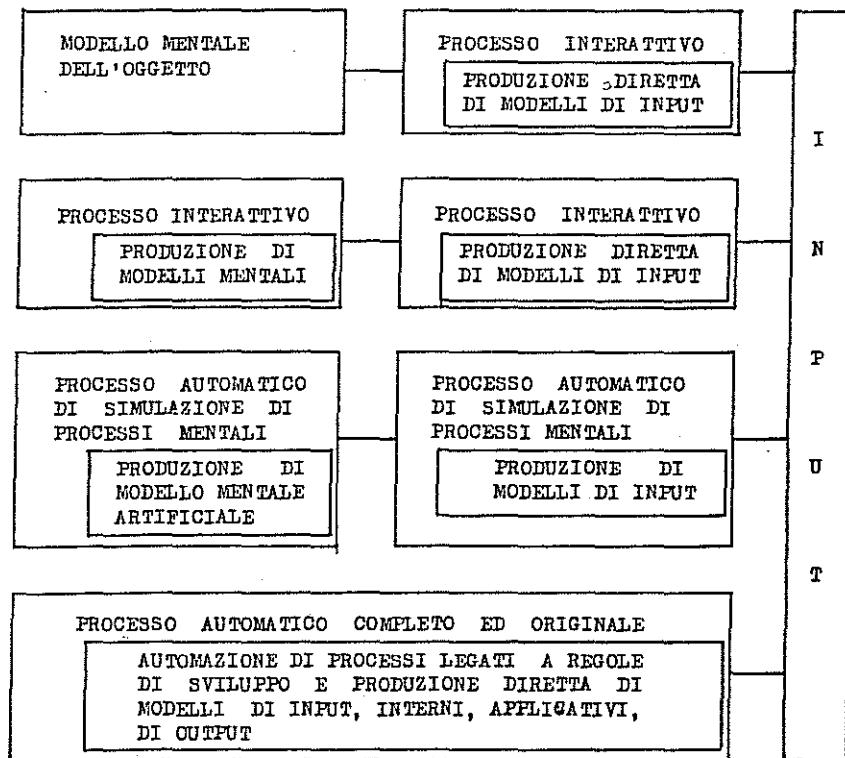


Figura 3

partizionare ognuno di questi insiemi secondo più criteri, il tutto allo scopo di risolvere il più possibile della nostra ipotetica strutturazione di un sistema personalizzato in questo modo astratto-formale, per poi cercarne la realizzazione ed applicazione su un sistema reale con minimi cambiamenti.

Il punto di partenza è stato la divisione in differenti modelli, dai quali si è risaliti, idealmente, ai relativi programmi di realizzazione e trasformazione; si è inoltre considerato come predominante il distribuire opportunamente questi elementi nella memoria centrale o di massa, senza troppa ridondanza di dati, il che si è cercato di ottenere creando una suddivisione in più sottoelementi addizionabili e destinati a formare il singolo modello o programma, oltre ad una stretta corrispondenza sottomodello/sottoprogramma.

Qui di seguito si riportano a titolo d'esempio alcuni dei simboli ed espressioni usati in tale sviluppo.

Es. n. 1

$$(1) \quad M_i = K(M_{Ap}) + J(M_{Ap}) = M_i(\emptyset) * a_0 + M_i(1) * a_1 \dots + M_i(n) * a_n.$$

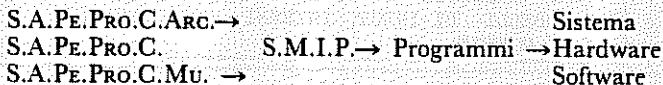
Es. n. 2

$$(2) \quad IP_i = P_{In}(IP_i) + P_{Ap}(IP_i) + P_{It}(IP_i) + P_{Op}(IP_i).$$

Es. n. 3

$$(3) \quad IPA = IPA \{GLB\} + IPA \{Ip_i\} + IPA \{VAR\}.$$

*Teoria della progettazione e composizione.* Precedentemente a questi discorsi legati al CAD si era portata avanti una ricerca riguardo ad una propria teoria della composizione, da intendere ovviamente come proprio modo di vedere il problema compositivo-progettuale, sfociata nella ideazione di un ipotetico sistema astratto per la progettazione e composizione, il cui scopo era quello di dare un certo ordine alle proprie idee composite, crearne una catalogazione, fornire dei processi di sviluppo, ecc. Ed il tutto non era direttamente finalizzato né al CAD, né all'elaborazione elettronica; anzi in più occasioni ne era stato fatto un uso manuale, oltre ovviamente ad uno sdoppiamento per i due principali campi d'interesse (progettazione e composizione in campo musicale ed in campo architettonico). Nel seguito chiameremo tale sistema S.A.PE.PRO.C.



Solo recentemente, ed in parallelo ai precedenti discorsi, si è cercato di formare un modo di approccio alla realizzazione di questa strutturazione astratta, all'interno di un sistema CAD, e si è fatto quindi ricorso ad un'ulteriore organizzazione concettuale, usata a mo' d'interfaccia tra l'astratto ed il reale e destinata a condizionare la stesura dei programmi corrispondenti al primo sistema astratto, permettendo perciò una costruzione di tipo modulare e scaglionabile nel tempo.

La sigla usata per quest'ultimo è SMIP e sta per *Strutturazione Modulare di Interfaccia Prerrealizzativa*.

*Un sistema per la produzione di programmi CAD.* In stile con quanto detto fino ad ora, si sono uniti i tre elementi astratti fin'ora esposti per formare un ulteriore sistema astratto, all'interno del quale essi interagiscono autocondizionandosi e condizionando la stesura reale dei programmi destinati a realizzare un pacchetto software per la

composizione e progettazione musicale personalizzato ed in stretta relazione con un eventuale sistema CAD (Fig. 4).

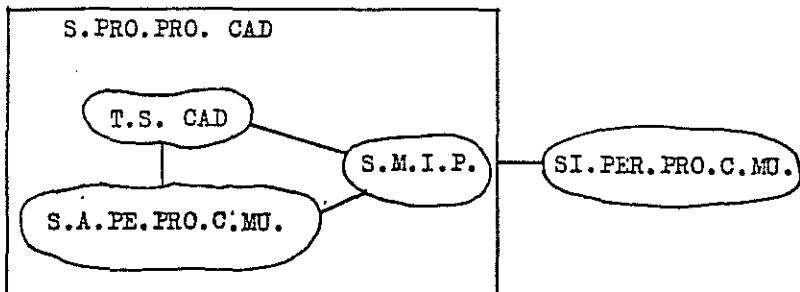


Figura 4

Tale autocondizionamento tra le parti ad esempio si concretizza nello spiegare le relazioni esistenti tra l'oggetto sonoro pensato ed il relativo modello di *input* e tra questo ed i successivi.

Infatti, mentre per il caso della progettazione di un oggetto dotato di una certa consistenza fisica e tridimensionale, come una stanza od un edificio od un seghetto elettrico, ci si può direttamente riferire ad una rappresentazione geometrica in scala opportuna, nel caso della musica invece la questione del modello si presta a maggiori scelte e differenze rispetto alle varie fasi di elaborazione e manipolazione, basti pensare alla differenza tra una partitura tradizionale, una in Music5, o una rappresentazione geometrica di eventi spazio-temporali di tipo sonoro, per non parlare poi di eventuali linguaggi comando-descrittivi od altro ancora.

In altre parole, per la musica possiamo avere un *input* simbolico tradizionale o similare come l'inserimento di una partitura in Music5, contrapposti ad un *input* di tipo grafico, sempre destinato a segnalare scelte ed istruzioni del compositore, oppure una serie di comandi diretti di costruzione e manipolazione. Per ognuno di questi casi esisterà un apposito programma destinato a produrre un opportuno modello di *input*, che costituirà l'entrata per una serie di programmi applicativi destinati a trasformare e manipolare l'informazione iniziale producendo una serie di ulteriori modelli intermedi di tipo applicativo. Da questi ultimi andranno ricavate delle ulteriori forme di memorizzazione compatta, in grado di fornire a distanza di tempo tutta la informazione necessaria ad illustrare la situazione attuale dell'oggetto in elaborazione, le manipolazioni subite, ecc., fornire l'*input* per ulteriori programmi applicativi. Anche per il modello di *output* dovremo fare una distinzione fra visualizzazione della partitura

od altro tipo di informazione inerente, contrapposta all'effettivo ascolto del brano in uscita ai DAC, od ancora il controllare un elaboratore musicale esterno.

La completa o parziale (in quanto modulare) risoluzione di questi programmi ci porta alla formazione di un pacchetto *software* che indichiamo con la sigla S.I.PER.PRO.C.MU. (Fig. 4).

*Definizione del sistema finale.* Definiti in linea generale tutti gli elementi di S.I.PER.PRO.C.MU. e la loro strutturazione, mediante il formalismo suaccennato ed una serie di riflessioni pratiche, si è preso in esame il reale inserimento di tale pacchetto all'interno di un sistema CAD per formare il nostro sistema personalizzato per la progettazione e composizione musicale assistita da elaboratore. Tra le situazioni possibili:

S.I.PER.PRO.C.MU. più un elaboratore dotato di un certo numero di apparecchiature di comunicazione uomo-sistema.

S.I.PER.PRO.C.MU. più un sistema CAD chiavi in mano dove il pacchetto CAD ha un ruolo principale ed i programmi di S.I.PER... devono essere chiamati da opportuno ambiente.

S.I.PER.PRO.C.MU. viene organizzato su due livelli, uno di controllo del proprio livello inferiore e del pacchetto CAD, i quali giacciono ora sullo stesso piano, l'altro è costituito appunto dal livello inferiore. Dal primo livello possiamo immaginare di poter accedere normalmente a tutti i programmi del pacchetto CAD, ed anche a quell'insieme di sottoprogrammi di tipo grafico di supporto al nostro, ed ancora avere l'accessibilità al modello interno CAD, e poter passare con una certa disinvolta da questo ambiente al nostro e viceversa.

Quest'ultima soluzione è più difficile da realizzare a causa della scarsa accessibilità interna offerta dai *graphics* o *CAD package*. In ogni caso chiameremo tale sistema risultante S.I.PER.PRO.C.MU. e ne cercheremo il collegamento con un sistema musicale, il che vuol dire trovarsi in una delle seguenti situazioni:

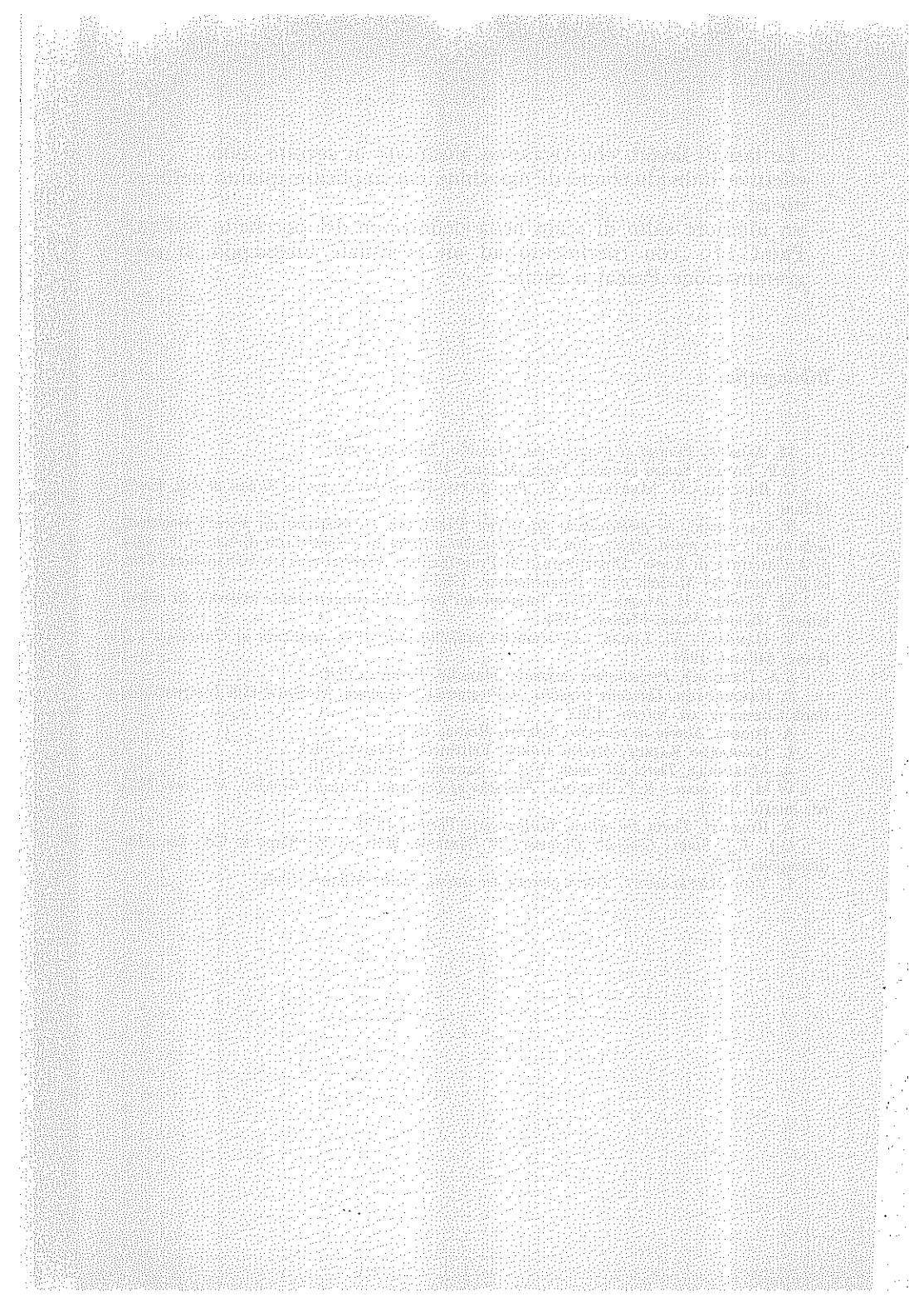
- Colleghiamo il nostro sistema intelligente ad un *music-box* passivo, cioè controllabile esternamente ma privo di capacità elaborative.
- Il collegamento avviene invece con un *music-box* intelligente ed ovviamente in grado di dialogare con l'altro elaboratore.
- Il nostro *music-box* è un sistema integrato "CAD + Computer Music" ed il nostro pacchetto gira al suo interno.

Per quel che ci riguarda, nel seguito della nostra ricerca ipotizzeremo di trovarci in presenza di due elaboratori, in quanto situazione più funzionale, completa e vicina ai nostri intenti.

- Le fasi di lavoro che verranno affrontate in seguito sono:
- effettiva individuazione di macchine cui applicare quanto detto fino ad ora,
  - un ulteriore salto di scala nella definizione del pacchetto Si.PER.-PRO.C.MU. con riferimento ad un eventuale linguaggio di programmazione Pascal o simile.

### *Bibliografia*

- M. ASIMOW, *Principi di progettazione*, Marsilio, Padova, 1968.  
 D.P. BOVET, *Sistemi operativi*, Isedi, Milano, 1977.  
 G. BRACCHI - G. MARTELLA - G. PELAGATTI, *Sistemi per la gestione di basi di dati*, Isedi, Milano, 1979.  
 S. CAPPUCCIO, *Le problematiche dei sistemi CAD/CAAD e l'evoluzione dei processi progettuali nella teoria e nella prassi. Applicazioni di progettazione assistita da computer*, tesi di laurea, Facoltà di Architettura di Roma, Dipartimento di Progettazione Architettonica e Urbanistica, Corso di Teoria dei Modelli della Progettazione, 1985.  
 M. EIGNER - H. MAIER, "CAD. Impiego dei sistemi di progettazione assistita da calcolatore", *Tecniche Nuove*, Milano, 1984.  
 Y. GARDAN - M. LUCAS, "Le tecniche grafiche interattive applicate al CAD/CAM", *Il Rostra*, Milano, 1984.  
 S.A. GREGORY, *Progettazione razionale*, Marsilio, Padova, 1970.  
 S. HARRINGTON, *Computer Graphics. A Programming Approach*, McGraw Hill International Book Company, ed. intern., 1983.  
 A. ISIDORI, *Sistemi di controllo*, Siderea, Roma, 1979.  
 L. LOMBARDO RADICE, *Algebra astratta*, Feltrinelli, Milano, 1965.  
 A. MARCOLLI, *Teoria del campo*, Vol. 2, Sansoni, Firenze, 1978.  
 W.M. NEWMAN - R.F. SPROULL, *Principles of Interactive Computer Graphics*, McGraw Hill, ed. intern., 1979.  
 A. RUBERTI, *Teoria dei sistemi*, Boringhieri, Torino, 1979.  
 C.J., R.J. SIPPL, *Computer Dictionary & Handbook*, Howard W. Sams & Co., Inc., Indianapolis 1966.  
 L. VON BERTALANFFY, *Teoria generale dei sistemi*, Isedi, Milano, 1969.



# Sessione: POSTERS

---

## Disarmonia della sfera

Patrizia Politelli  
*Conservatorio Santa Cecilia, Roma*

*Introduzione.* Sin dall'antichità la sfera è stata oggetto di stupore e indagine: simbolo di perfezione e compiutezza, sembra essere il substrato segreto di ogni concezione formale armonica (vedi arti figurative<sup>1</sup> e il fondamento stesso del bene).

Parmenide, nel V secolo a.C., sostiene che la realtà non può avere che forma sferica: la sfera è l'essere, l'intelligibile, l'ordine, l'unità, la compattezza, l'intero pieno, la totalità, l'infinito limitato.

Spetterà a Platone, tuttavia, il compito di portare la teoria della sfera a livelli sublimi. Nel *Timeo*<sup>2</sup>, riprendendo temi pitagorici, ci rappresenta il mondo come una grande macchina matematica e la matematica come il suo codice di funzionamento: il mondo va verso il bene perché il bene è incorporato nella sua stessa struttura e la garanzia del bene nel mondo è costituita dagli astri. Questi sono dei e la loro divinità è provata dalla loro eternità e dalla immutabile regolarità del loro movimento. L'“armonia delle sfere”, il ritmo ordinato delle loro orbite sono l'oggetto dell'astronomia, la sola scienza in grado di penetrare nell'ordine provvidenziale del mondo. E l'amore?

Nel *Simposio* Platone, per bocca di Aristofane, ci parla di un essere originario, l'androgino, che aveva una divertente forma di palla a quattro gambe, quattro braccia, ecc.

Questo essere si muoveva rotolando, era pieno e felice e talmente

<sup>1</sup> G. ANTONUCCI, *Vedere e disegnare*, vol. 1 e 2, Laterza, Bari, 1983.

<sup>2</sup> PLATONE, *Timeo*, in «Opere», vol. 2, Laterza, Bari 1966.

potente che gli dei cominciarono a temerlo. Zeus decise di indebolirlo e lo spaccò a metà: da allora "ciascuna parte ardentemente agognava l'altra sua metà e insieme a quella cercava di andare"<sup>3</sup>.

Nasce il desiderio che si placa solo nella ricongiunzione, nella ritrovata unità, nella pienezza dell'amore che ci riporta alla originaria totalità.

Queste tematiche vennero riprese dalle correnti esoteriche dell'umanesimo (in particolare Giordano Bruno) per le quali l'unità originaria, unità di contraddizioni, identità di opposti può essere raggiunta soltanto con l'amore e la magia. Magia intesa "come sistema intellettuale dell'universo, presagio della scienza, movimento morale e riformatore, strumento per unire fedi religiose in contrasto fra loro entro un generale movimento di riforma ermetica"<sup>4</sup>.

L'uso dell'elaboratore, come già ha indicato Edgar Varèse, offre la "possibilità di ottenere qualsiasi frequenza si desideri", "qualsiasi differenziazione timbrica", "un senso di proiezione sonora nello spazio"<sup>5</sup>. Questo strumento libera il suono, offre ai compositori "possibilità di espressione senza fine ed ha aperto loro l'interno, misterioso mondo del suono", ma "più di tutto ha liberato la musica dal sistema temperato"<sup>6</sup>.

Ciò a dire ha liberato la mente del compositore da schemi, limiti che sembravano invalicabili, gli ha ridato la curiosità dell'esplorazione, una materia infinita da plasmare.

Il problema diventa a questo punto quello del limite ossia la "definizione dello spazio entro cui creatività e fantasia possono essere esercitate"<sup>7</sup>; il problema è quello di dare ordine ed unità a ciò che è disordinato e molteplice.

*Disarmonia della sfera* nasce da questi assunti e da questi problemi.

La metodologia seguita per questo lavoro è quella improntata ad una organizzazione che Walter Branchi ha definito "sistema sonoro", ossia "un sistema di rapporti originata da una stessa unità"<sup>8</sup>. Il risultato di tale organizzazione si traduce musicalmente in una dimensione sonora globale, la quale, a seconda del tipo di interrelazio-

<sup>3</sup> PLATONE, *Convito*, in «I dialoghi dell'amore», Rizzoli, Milano 1953, p. 110.

<sup>4</sup> F. YATES, *Gli ultimi drammì di Shakespeare*, Einaudi, Torino 1979, p. 81; e ancora per queste tematiche: *Giordano Bruno e la tradizione ermetica*, Laterza, Bari 1981.

<sup>5</sup> E. VARESE, da una conferenza tenuta all'Università della Southern California 1939, in CHOU-WEN-CHUNG ed., *Edgar Varèse: the Liberation of Sound, Contemporary Composers on Contemporary Music*, Elliott Schwartz and Barney Childs, eds. (New York 1967) (Trad. Michela Mollia).

<sup>6</sup> E. VARESE, da una conferenza tenuta all'Università di Yale 1962, *Ibidem*.

<sup>7</sup> W. BRANCHI, *Lo stato d'ansia*, in «Prospettive Musicali», n. 4, Aprile 1982, p. 274.

<sup>8</sup> W. BRANCHI, *Comporre il suono*, in «LIMB, Quaderni di informatica musicale», n. 3, 1983, p. 21.

ni tra le sue parti costitutive presenta diversi aspetti di un unico mondo sonoro in una percezione più spaziale che temporale".

In *Disarmonia della sfera* la matrice generante il materiale sonoro sono i numeri primi che definiscono tutte le dimensioni del suono (frequenze, ampiezze, durate): l'ordine viene ricercato in un sistema di relazioni per definizione e assunto "disarmonico".

Il disegno compositivo è il risultato del processo di avvicinamento e messa a fuoco di questo oggetto misterioso pensato e successivamente, in concreto, esplorato.

*Aspetti formali.* *Disarmonia della sfera* nasce dall'idea di un pieno sonoro sferico fatto ruotare tre volte a velocità differenti (211", 107", 103"): in ogni rotazione verranno lette o "illuminate" alcune zone della sfera (Fig. 1). Il risultato finale sarà l'intero, ossia la sfera illuminata nella sua totalità. Il lavoro non è, tuttavia, diviso in parti: le tre rotazioni non sono tre momenti, ma sono fusi in un *unicum* della durata di 421", che trova al suo interno ricchezza, varianti, contraddizioni. In termini sonori: attacchi (veloce-lento), densità (si va da un massimo di 21 componenti ad un minimo di 1), durata (massimo 59" minimo 2"). La "disarmonia" è il risultato della scelta del sistema di rapporti. L'esigenza è quella di trovare un sistema che, pur avendo una sua logica e geometricità interna, non corrisponda a canoni classici o "armonici" in senso generale. Il che significa ricercare un sistema di intonazione che non si basi più su intervalli tutti derivati dai numeri primi 1, 2, 3 (sistema pitagorico) o dai numeri naturali 4, 5, 6 (generanti quinte e terze maggiori da cui si ricava la scala naturale o di Zarlino) o dai fattori primi 2, 3, 5 e loro multipli (sistema di Danielou che costruisce 53 rapporti nell'ambito 2/1, ottava), ma che nasca da rapporti non riducibili ad elementi semplici.

Il sistema dei numeri primi (per definizione divisibili soltanto per se stessi e per l'unità), è sembrato particolarmente adatto alle esigenze ed applicabile non solo all'intonazione, ma anche alle altre dimensioni del suono: durate, ampiezze.

La scelta delle frequenze è fatta seguendo l'ipotesi che sia possibile produrre suoni significativi con un insieme povero di componenti contenute in un registro ridotto, ma tali da generare, per la presenza di battimenti e varianti, un timbro denso di colore e facilmente plasmabile.

Per *Disarmonia della sfera* si impiegano esclusivamente forme d'onda sinusoidali composte mediante sintesi additiva, tecnica, questa, che offre al compositore la possibilità di lavorare dentro il suono con l'elaborazione di ogni singolo elemento.

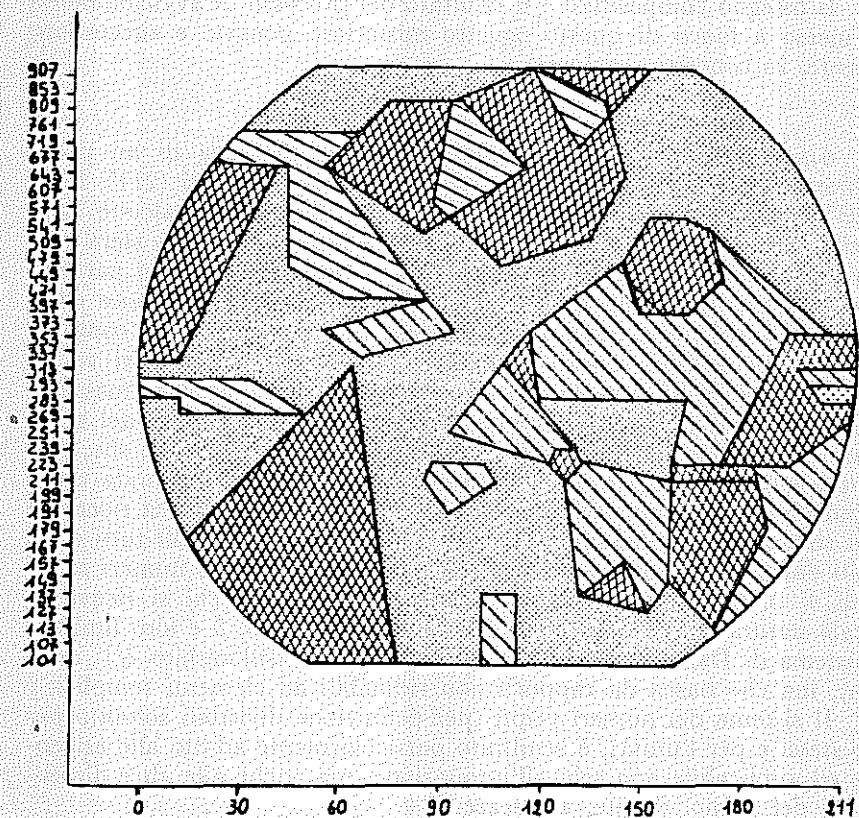


Figura 1

*Tabella 1 - Sistema di rapporti usati per "disarmonia della sfera" e loro corrispondenti in cents.*

	A	Cents	B	Cents
	Hz		Hz	
1)	101	33, 9	1)	101
2)	103	65, 9	2)	107
3)	107	32, 0	3)	113
4)	109	62, 0	4)	127
5)	113	202, 2	5)	137
6)	127	53, 6	6)	149
7)	131	77, 5	7)	157
8)	137	25, 0	8)	167
9)	139	120, 2	9)	179
10)	149	23, 0	10)	191
11)	151	67, 4	11)	199
12)	157	64, 9	12)	211
13)	163	41, 9	13)	223
14)	167	61, 1	14)	239
15)	173	59, 0	15)	251
16)	179	19, 2	16)	269
17)	181	93, 0	17)	283
18)	191	18, 0	18)	293
19)	193	35, 5	19)	313
20)	197	17, 4	20)	331
21)	199	101, 3	21)	353
22)	211	95, 7	22)	373
23)	223	30, 7	23)	397
24)	227	15, 1	24)	421
25)	229	29, 9	25)	449
26)	233	44, 0	26)	479
27)	239	14, 4	27)	509
28)	241	70, 3	28)	541
29)	251	40, 8	29)	571
30)	257	39,95	30)	607
31)	263	39,05	31)	643
32)	269	12,82	32)	677
33)	271	37,91	33)	719
34)	277	24,82	34)	761
35)	281	12,27	35)	809
36)	283	60,11	36)	853
37)	293	37)	907	106,2

Il lavoro è in corso di realizzazione, col sistema Music5, presso il Centro di Sonologia Computazionale dell'Università di Padova.  
L'organizzazione spaziale del suono è stereofonica.

parte sonora, che nella fatispecie coincide con un brano musicale. Ma il paradosso sussiste (e possiamo affermarlo escludendo il punto interrogativo) se in assenza del linguaggio musicale il linguaggio cine-televisivo del videoclip si comporta come un metalinguaggio, assumendo al suo piano espressivo anche la musica e alludendo sistematicamente ad una struttura musicale.

Scopo di questa relazione è mostrare come si possano utilizzare gli strumenti della semiotica per individuare (o attribuire convenzionalmente) corrispondenze lessicali e morfo-sintattiche tra il linguaggio cine-televisivo e quello musicale, tali da poter enunciare una teoria metalinguistica del videoclip, ed ipotizzare anche tecnicamente la realizzazione di un videoclip metalinguistico. Un videoclip dove la parte visiva sia così compenetrata dalla struttura musicale di un brano da poter eliminare l'audio senza perdere le caratteristiche strutturali della musica. Un videoclip, insomma, dove la parte visiva in qualche modo "suoni": che, al limite, anche se "muto" sia ancora identificabile come un videoclip, e conforme alla sua definizione. Questa relazione (che costituisce solo una specie di sommario di una ricerca vera e propria, e che per brevità rinuncia ad un'enunciazione semiologica molto rigorosa), trova spazio nel contesto di questo convegno perché si presuppone che le tecnologie informatiche, appoggiandosi ad un modello semiotico, possano facilitare le operazioni tassonomiche necessarie ad enunciare segni e grammatiche del metalinguaggio audiovisuale nel corso della ricerca teorica, e possano elaborare una eventuale sceneggiatura "metalinguistica" e guidare riprese, montaggio ed elaborazione di una eventuale produzione del modello di videoclip ipotizzato.

In termini semiotici, bisogna innanzitutto stabilire se esistono le condizioni per un *isomorfismo* tra il linguaggio visivo (e in particolare cine-televisivo) e quello musicale, e quali soluzioni tecniche possono essere impiegate, e come, per la traduzione in termini performativi di una eventuale sceneggiatura per un videoclip metalinguistico.

Per stabilire le condizioni dell'*isomorfismo* possiamo rifarci a tre considerazioni:

1. *Linearità*. Se la musica è un'arte del tempo, si può dire altrettanto per il cinema: il loro andamento è lineare, per così dire "orizzontale", anche se per la musica anche si parla di strutture "verticali" a proposito dell'armonia. Gli eventi si muovono comunque lungo un asse temporale diacronico, anche nel caso dell'armonia musicale o della multivisione cinematografica.

Da questo punto di vista, dunque, l'*isomorfismo* si pone facilmente, specialmente se rinunciamo ad una complessa operazione di simbolizzazione o di connotazione visiva intesa ad alludere a strutture

armoniche, considerando l'andamento lineare degli sviluppi melodici e ritmici per interpretarli in termini visivi.

2. *Metafore visivo-spaziali*. Nella terminologia musicale, non solo quella più tecnica ma anche la più ordinaria e intuitiva, la differenziazione di un gran numero di parametri è espressa con metafore già desunte da una logica visiva e, più in generale, spaziale. I suoni si distinguono in "alti" e "bassi", le melodie in intervalli "ascendenti" e "descendenti", le intonazioni "calanti" o "crescenti", si parla di tempi "stretti" e "tagliati", di pronuncia "staccata", ecc.

3. *Timbri e colori*. Convenzionalmente, i timbri degli strumenti musicali si definiscono "colori" per l'affinità tra frequenze ottiche e visive, e per la possibilità di ottenere gradazioni di una tonalità-base sia nel colore "visivo" che in quello "sonoro". L'isomorfismo sussiste anche nella possibilità di articolare i colori e le loro gradazioni in rapporti, contrasti, variazioni, accumulazioni sia sonore che visive. Anche qui abbondano le affinità terminologiche e le metafore visive usate per descrivere i suoni, che si dicono "brillanti", "cupi", "opachi", ecc.

Se accettiamo le considerazioni fin qui svolte come condizioni preliminari per un isomorfismo dei due linguaggi, si può procedere da qui ad una specie di tassonomia comparata di lessici e strutture morfosintattiche. Sulla base di questa tassonomia si potrà stabilire una sorta di metodo che, in termini cinematografici o televisivi, esprima anche le soluzioni tecniche in cui tradurre il metalinguaggio. Posto che queste soluzioni vadano formulate in termini di azione scenica, fotografia, ripresa vera e propria, montaggio ed effetti di post-produzione al mixer-video, possiamo già anticiparne alcune conseguenze.

La prima, e la più evidente, riguarda il *montaggio*, l'unico settore che già agisce metalinguisticamente in qualche passaggio dei normali videoclip, se non altro per aver assunto una serie di convenzioni dal linguaggio del film (e, aggiungiamolo, da quello dello spot pubblicitario). Senza tirarla troppo per le lunghe, diciamo che possiamo riprodurre in montaggio alcune caratteristiche che riguardano il ritmo di una struttura musicale (tant'è vero che si parla di "ritmo" di un film). In particolare, possiamo creare in montaggio: effetti metrici che riproducano le durate musicali in termini di cellule ritmiche; effetti periodici, che articolino le scansioni metriche; effetti accentuativi, che alludano alle pulsazioni forti; effetti strofici, che alludano alle varie sezioni del brano musicale; e, infine, varie figure ritmiche particolari attraverso montaggi di segmenti brevi in sequenze velocissime, o anche con la tecnica cosiddetta dello "scratch" video.

Tutta da formalizzare è invece ogni rappresentazione visiva degli

sviluppi melodici. Rifacendoci alle metafore spaziali che si adoperano in musica per definire gli intervalli melodici, alle nozioni di "curve" e "archi" melodici, ai movimenti ascendenti e discendenti della melodia, è possibile utilizzare in tal senso le tecniche di *ripresa* per simulare intervalli, curve, archi e cadenze melodiche. A tale scopo saranno impiegabili le risorse dei movimenti di macchina, dell'angolazione (che anche tecnicamente si definisce "dall'alto", "dal basso", "obliqua", "a piombo", "rovesciata", ecc.), dello *zoom*, delle carrellate ("avanti, indietro, laterali, verticali, aeree, combinate, e articolabili in velocità con la camera-car) e del *dolly*.

Tutto quanto riguarda l'inquadratura, anche se fissa, rientra in questo discorso di simulazione melodica. Bisogna infatti considerare anche l'*azione scenica* per quanto concerne i movimenti dei soggetti ripresi all'interno dell'inquadratura, che possono interpretare segmenti di un movimento melodico.

Pertinente all'inquadratura è anche la *fotografia*; con la scelta dell'inquadratura, dell'angolazione, dei campi e dei piani. In particolare, gli effetti di illuminazione possono venire impiegati nella simulazione delle sfumature timbriche della musica, secondo il discorso dell'omologia tra colore visivo e colore musicale svolto in precedenza.

Infine, gli effetti di manipolazione dell'immagine già girata, realizzabili al *mixer-video*, possono offrire ulteriori risorse: timbriche (con la gradazione del colore che si può ottenere in fase di post-produzione), ritmiche (attraverso le cosiddette "tendine", e con la divisione dello schermo in più immagini, cose che consentirebbero anche un ipotetico lavoro di contrappunto), strofiche (manovrando le dissolvenze nel passare da una sezione all'altra del brano musicale), e probabilmente molte altre, in quanto è proprio questa la fase tecnica che concede più ampi margini di sperimentazione.

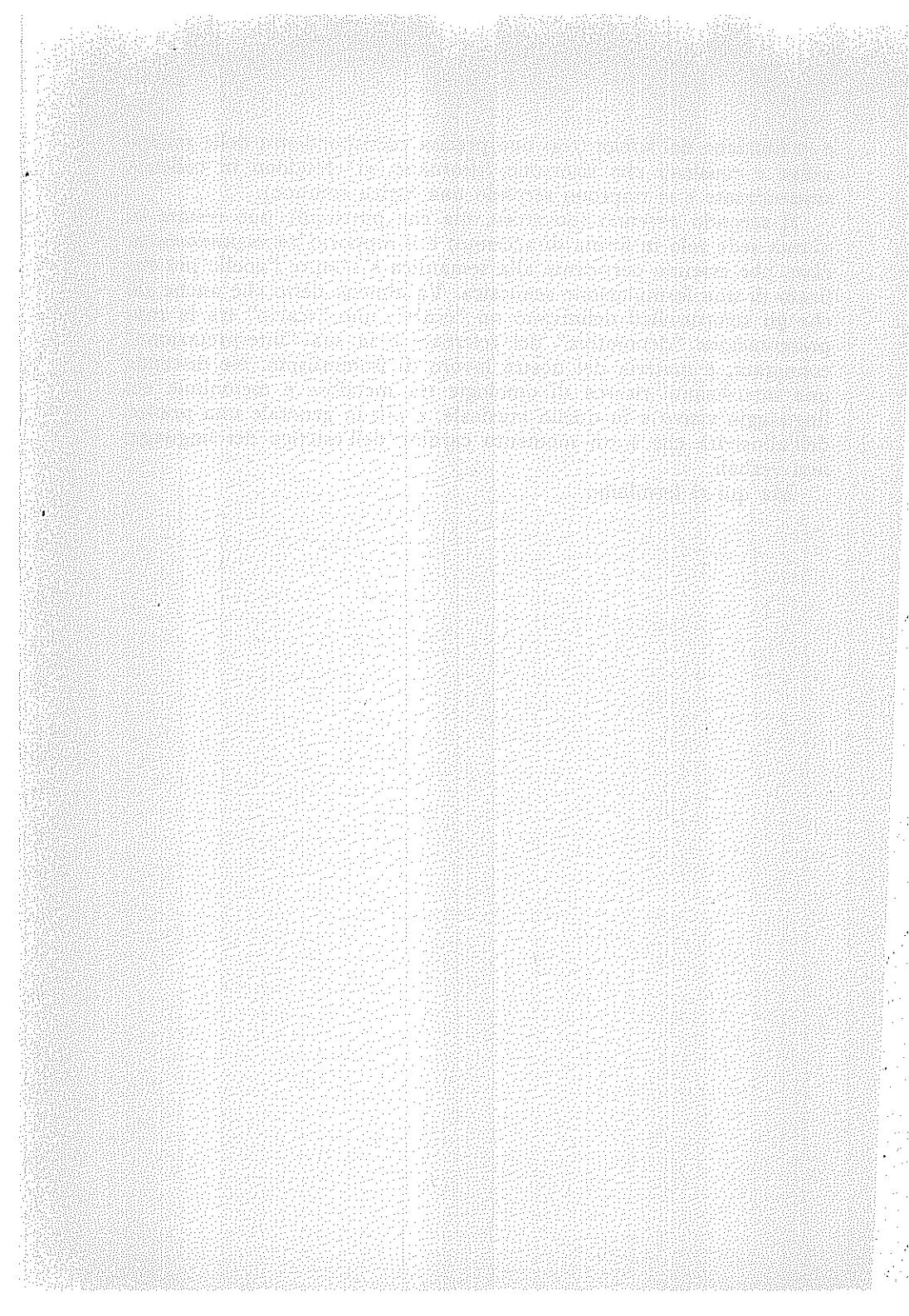
Posto dunque l'isomorfismo del linguaggio cine-televisivo e di quello musicale in termini lessicali, morfo-sintattici e performativi (cioè, in ultima analisi, tecnici), si può lavorare su questi elementi per definire il "testo" di un videoclip metalinguistico come "meta-testo", dove cioè l'isomorfismo sia leggibile non solo in chiave linguistica e tecnica, ma investa pienamente l'omologia tra le strutture, e dia la possibilità di formulare un'estetica comune ai due linguaggi. Solo due cenni al riguardo.

Il primo riguarda gli interni equilibri della *testualità*, il gioco di rimandi che avviene all'interno di un testo estetico manifestandosi attraverso le caratteristiche della sua struttura. Partecipano a questo fenomeno anche i semplici nessi sintattici, ma è più interessante ricordare il *rapporto tema/variazione* (dove l'enunciazione di un soggetto e il suo sviluppo siano paralleli ed omologhi in entrambi i linguaggi),

e la funzione del *refrain* (con una precisa corrispondenza delle sezioni visive e musicali che ricorrono, ritornano, si chiudono in cadenze sincronizzate e si riaprono secondo una logica comune).

Il secondo accenno (doveroso, ma che purtroppo può restare in questa sede solo in forma di accenno) è il rapporto *denotazione/connotazione*, che essendo pertinente alla semantica è sempre l'anello più delicato di una formulazione semiotica. Va almeno detto che anche ciò che gli strutturalisti definivano un "écart", uno "scarto" tra la rappresentazione "denotativa" del referente e la sua "interpretazione" connotata, è materia del nostro lavoro di isomorfismo. Ne discende una interessante ricerca di omologie tra metafore e metonimie nel linguaggio visivo e in quello musicale, e più in generale una pratica dell'allusività che è un momento cardine dell'estetica dei linguaggi non verbali.

Ma qui ci fermiamo.



# Sessione: DI ASCOLTO

---

*...black it stood as night,  
for magnetic tape.*

**Duration: 14'15". Work realized at Ircam, in 1985.**

**Performed in the Final Concert, Saturday October 19th, 21h.**

Denis Lorrain

This piece is a tape solo version of *The Other Shape*, for one percussionist and tape<sup>1</sup>. The composition of this last work was mainly based on antinomies. Between the *short* and the *long*, for instance; brief and resonant sounds; dry and reverberated, or stretched; the continuity of silence or sustained tones, opposed to the brutal and ephemeral explosion of percussive sounds, etc. As in many other works, this dialectic had brought me to a typically segmented, plain and punctuated form.

These antithetic elements are less obvious in the present version, essentially because of the absence of the parts played by the percussionist in the original piece. The form is thus less clearly outlined. Certain elements, and entire sections, are suppressed; some elements are displaced. The exposition order is recomposed in another perspective, and the realization of a tighter and enhanced mixdown accounts for the specific requirements of a tape solo.

A large majority of sonorities proceed from recordings of percussive instruments. They are used naturally, or diversely transformed (timbre colorations, dynamic modulations, time stretchings, reverberations, etc.). Continuous textures are composed of sustained artificial timbres reminding the percussion sounds used otherwise in the piece (woods, drums, metals and bells). Towards the end of the piece, brutal explosions of raw energy, resolving into rhythms, are the sole elements which could be considered totally extraneous to this world

<sup>1</sup> D. LORRAIN, *The Other Shape*, for one percussionist and magnetic tape, unpublished, tape part realized at IRCAM, Paris 1984. Duration: 24 minutes.

of instrumental percussions; but they nevertheless assert the same essences: explosive impact, resonance, rhythm.

To realize this tape, I have used numerous composition programs, acting either at the level of entire sections, framework settings, extensive specification of stochastic structures, or even for the arrangement of components in certain complex artificial sounds or textures, and direct synthesis of some sonorities. These programs were written in *Wisp*<sup>2</sup>, *Formes*<sup>3</sup> or *C*<sup>4</sup>.

Most of the sound elements have been computed in non-real time, by various means. The synthesis of some spectra, and the very numerous transposing, editing and mixing operations, micro-editing and micro-transpositions, etc. have been done with *Cmusic* and related systems<sup>5</sup>. The time stretchings have been produced with the *Puoc* phase vocoder<sup>6</sup>. I have used the *Chant* synthesis program<sup>7</sup> for some of the continuous textures of timbres. One section consists of a superposition of layers of transformed percussive sounds, performed with the 4x processor<sup>8</sup>.

<sup>2</sup> P. GREUSSAY, *Le système VLISP-UNIX*, Département informatique, Université de Paris VIII, 1982.

<sup>3</sup> X. RODET - P. COINTE, *Formes: Composition and Scheduling of Processes*, «Computer Music Journal», 1984, Volume 8, Number 3, pp. 32 ff.

<sup>4</sup> B.W. KERNIGHAN - D.M. RITCHIE, *The C Programming Language*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1978.

<sup>5</sup> F.R. MOORE, *The Computer Audio Research Laboratory at UCSD*, «Computer Music Journal», 1982, Volume 6, Number 1, pp. 18 ff. The IRCAM implementation of this software has been realized by Dan Timis, who is also the author of a mixing program used extensively for this piece.

<sup>6</sup> M. DOLSON, *Puoc Phase Vocoder Program*, Center for Music Experiment, University of California, San Diego, La Jolla, California, 1983. The IRCAM implementation of this program on a Fps-100 Array Processor has been realized by Jan Vandenhende.

<sup>7</sup> X. RODET - Y. POTARD - J.B. BARRIERE, *The CHANT Project: From the Synthesis of the Singing Voice to Synthesis in General*, «Computer Music Journal», 1984, Volume 8, Number 3.

<sup>8</sup> G. DI GIUGNO - J. KOTT, *Présentation du système 4x, processeur numérique de signal en temps réel*, IRCAM, Paris 1981. IRCAM Report number 32/81.

## **La materia è sorda<sup>1</sup>**

Roberto Doati, Gianantonio Patella, Daniele Torresan  
*Centro di Sonologia Computazionale dell'Università di Padova*

La composizione nasce dalla collaborazione di tre musicisti. Questo fatto creava di per sé un primo grosso problema, dal momento che le grandi potenzialità offerte dall'elaboratore favoriscono il sorgere non solo di numerosi "stili", ma anche di approcci diversi.

La macrostruttura della composizione doveva quindi garantire organicità formale. Nello stesso tempo si desiderava conservare una certa indipendenza di lavoro per ognuno dei tre compositori.

Queste due esigenze vennero soddisfatte operando non tanto sul materiale (l'uso di materiali diversi avrebbe portato ad una sorta di collage sonoro), quanto sulla macrostruttura.

Quest'ultima è stata ricavata dalle tre seguenti canzoni del Dolce Stil Novo:

Chi è questa che ven, ch'ogn'om la mira  
e fa tremar di chiaritate l'are,  
e mena seco Amor, sì che parlare  
null'omo pote ma ciascun sospira?

Deh! che rassembra quando gli occhi gira!  
Dical Amor, ch'i non savria contare:  
cotanto d'umiltà donna mi pare  
che ciascun'altra inver di lei chiam'ira.

Non si poria contar la sua piagenza,  
ch'a lei s'inchina ogni gentil vertute,  
e la beltate per sua dea la mostra.

Non fu sì alta già la mente nostra,  
e non si pose in noi tanta salute,  
che propriamente n'aviam canoscenza.

*Guido Cavalcanti*

<sup>1</sup> Il presente articolo è stato pubblicato sulla rivista «1985 la musica», n. 4, pp. 39-42, Roma 1985.

Ne li occhi porta la mia donna Amore,  
per che si fa gentil ciò ch'ella mira;  
ov'ella passa, ogn'om ver lei si gira,  
e cui saluta fa tremar lo core,  
sì che, bassando il viso, tutto smore,  
e d'ogni suo difetto allor sospira:  
fugge dinanzi a lei superbia ed ira.  
Aiutatemi, donne, farle onore.

Ogne dolcezza, ogne pensero umile  
nasce nel core a chi parlar la sente,  
ond'è laudato chi prima la vide.

Quel ch'ella par quando un poco sorride  
non si po' dicer né tenere a mente,  
sì è novo miracolo e gentile.

*Dante Alighieri*

I' vo' del ver la mia donna laudare  
et assembrargli la rosa e lo giglio:  
più che la stella diana splende e pare,  
e ciò ch'è lassù bello a lei somiglio.

Verde rivera a lei rassembro e l'are,  
tutti color di fior, giallo e vermiglio,  
oro e azzurro e ricche gioi' per dare;  
medesmo Amor per lei raffina meglio.

Passa per via adorna e sì' gentile  
ch'abassa orgoglio a cui dona salute,  
e fal di nostra fe', se non la crede.

E non si po' appressar omo ch'è vile.  
Ancor vi dico c'ha maggior vertute:  
null'om po' mal pensar fin che la vede.

*Guido Guinizelli*

La scelta di tale macrostruttura implica due decisioni: 1. lavorare su un testo; 2. scegliere un modello poetico particolarmente musicale.

La decisione di lavorare su un testo sorge dalla stretta analogia, rilevata da più parti (Risset & Wessell 1982) (Ruwet 1972), fra la prosodia del parlato e quella musicale. La prosodia è l'evoluzione temporale dell'insieme delle caratteristiche fisiche dei suoni durante intere frasi, evoluzione che dà origine a fenomeni quali portamenti, glissandi, ecc.

Essa è uno dei più importanti campi di indagine di cui attual-

mente si occupa la musica informatica. Infatti dopo aver ottenuto notevoli risultati nello studio del comportamento dei parametri fisici per la "costruzione" di singoli suoni isolati, ci si è resi conto che le leggi che governano tali suoni non sono più valide nel momento in cui si considerano insiemi di suoni. Ecco quindi la necessità di formulare nuove leggi che tengano conto di tali parametri espressivi, dal momento che la musica coinvolge intere "frasi". (Lo stesso Cage, che grande valore attribuisce ai suoni isolati, afferma che è necessario comporre processi).

Perché la scelta di questi tre testi garantiva organicità ed indipendenza?

L'organicità formale risulta dal fatto che il tema delle canzoni è unico: l'incedere della donna amata fra gli uomini ed i modelli sintattici, che sono quelli che definiscono la forma delle poesie, sappiamo sono stati ben definiti da questi tre autori (che, proseguendo l'opera dei poeti siciliani, rappresentano la prima vera scuola della storia della letteratura italiana), in particolar modo su questo argomento. Nello stesso tempo la possibilità di utilizzo, da parte di ogni compositore, di una delle canzoni scelte, favoriva una certa indipendenza.

Ma vediamo di chiarire meglio questi due aspetti del nostro lavoro compositivo analizzando la metodologia seguita nella realizzazione della macrostruttura e della microstruttura.

La prima elaborazione a cui vennero sottoposti i testi scelti fu una dilatazione nelle dimensioni temporale e frequenziale in modo da poter utilizzare come parametri formali della composizione, i parametri della prosodia risultanti dalla recitazione delle poesie (accenti, pause, andamento dell'altezza, ecc.). Per ottenere facilmente tali parametri si è compiuta una sintesi del parlato (mediante il modello di predizione lineare implementato sul sistema Icms dell'ing. Graziano Tisato), continuamente confrontata con la registrazione di una recitazione umana fino a raggiungere artificialmente le caratteristiche espressive del parlato naturale. Un esempio dei dati così ottenuti e di un loro primo trattamento "musicale", è visibile in figura 1.

Il risultato di questo processo di elaborazione fu una struttura che forniva almeno tre leggi formali:

1. la divisione temporale data dalla lunghezza delle parole e dalle pause;
2. gli accenti (come centri di tensione musicale);
3. l'andamento dell'altezza.

Queste leggi dovevano essere rispettate dai compositori per raggiungere l'organicità formale desiderata. L'indipendenza compositiva era attuabile all'interno delle divisioni strutturali della macrostruttura.

DATI OPERATIVI DEL SISTEMA ICMS RELATIVI ALLA FRASE: NE LI OCCHI PORTA LA MIA DONNA AMORE, PER CHE SI FA GENTIL CIÒ CH'ELLA MIRA:																			
<i>N E L I D C C T P O R A A L A M I A</i>																			
104, 75, 33, 178, 77, 78, 38, 79, 27, 77, 78, 59, 41, 76, 78, 31, 76, 127, 177, 78,	-15, -50, -15, -50, -50, -15, -15, -50, -15, 40, -99, 20, -15, 50, -99, -15, -50, -15, -50,	-3, 2, 1, 1, 0, -1, -2, -3, -5, -4, -4, -5, -5, -5, -5, -5, -6, -6, -6, -6,	0, 0, 1, 1, 1, 1, 8, 14, 18, 25, 25, 25, 25, 25, 5, 5, 4, 4, 3, 3,	0, 0															
D O N I H N A A M O I O O R E , , , P E	121, 77, 77, 93, 105, 76, 46, 76, 126, 77, 78, 47, 77, 109, 75, 78, 78, 78, 25, 75,	-15, -50, -99, -15, -15, -75, -75, -50, -15, 0, -99, -40, -99, -15, -50, -99, 50, 0, -15, -40,	-6, -7, -7, -7, -7, -7, -7, -7, -3, -8, -8, -12, -12, -8, -6, -6, 0, 4, 3,	2, 1,	0, 0														
R C E ' ' S I F A ' G E H N T I ' L C O	59, 15, 75, 78, 78, 117, 79, 135, 76, 78, 6, 75, 60, 43, 79, 78, 61, 78, 18, 77,	-15, -15, 0, -99, -99, -15, -50, -15, 0, -99, -15, -50, -15, -15, 40, -99, 20, -99, -15, -50,	3, 2, 1, 0, 0, 0, -1, -1, -2, -1, -3, -4, -4, -5, -5, -5, -5, -5, -6,	1, 1,	0, 3, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0														
' r E ' L L A M I ' R A '	78, 35, 75, 73, 61, 31, 76, 127, 79, 78, 110, 76, 78, 78,	-99, -15, -50, -99, -15, -15, -50, -15, 40, -99, 20, -50, 200, -99,	-6, -6, -6, -7, -6, -7, -7, -7, -10, -16, -16, -20, -22, 0,	1, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 14, 18, 25, 25, 25, 25, 8, 1, 1,	0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0														

Figura 1a - Parametri operativi Icms relativi alla frase "Ne li occhi porta la mia donna Amore, per che si fa gentil ciò ch'ella mira" (partendo dalla prima riga di numeri in alto sono indicati: numero fonema, durata, altezza, ampiezza in valori relativi o in percentuale).

ra (in figura 2 un esempio di divisione strutturale relativo ai primi 2 minuti circa della composizione).

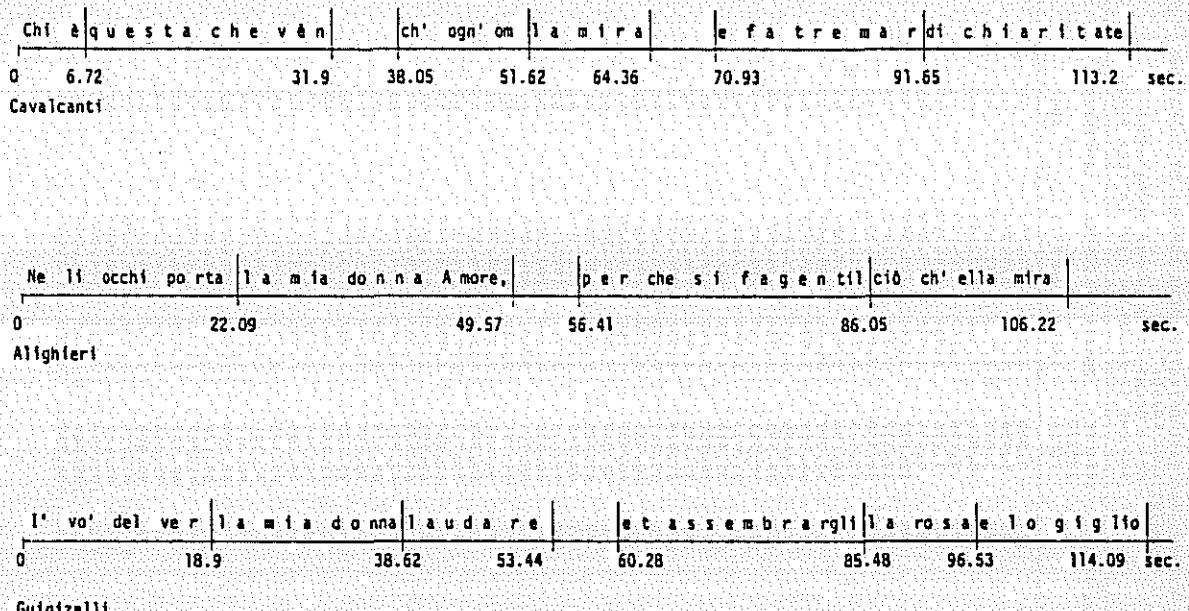
Tali divisioni sono ricavate dalla collocazione temporale di alcuni parametri prosodici, e precisamente le pause fra le parole e gli accenti.

Per quanto riguarda la microstruttura i dati risultanti dall'analisi prosodica delle poesie e dall'analisi spettrale dei fonemi in esse contenute (realizzata con il programma SPECTRE di G. Tisato), sono stati liberamente elaborati da ciascun compositore tramite i propri programmi.

**CONVERSOINE DATI OPERATIVI ICMS ESPANSI DI UN FATTORE 19  
E RELATIVI ALLA FRASE:  
NE LI OCCHI PORTA LA MIA DONNA AMORE  
PER CHE SI FA GENTIL CIU' CH'ELLE MIRA.**

N. FONI/EV	INSTALTE INIZIO ISCI	DURATA	FREQUENZA	AMPIEZZA (DB)
			(SEC)	
104	0.000	1.938	226.599	40
75	1.938	1.140	224.399	41
33	3.078	1.938	222.199	41
178	5.016	1.140	222.199	41
77	6.156	1.140	220.000	41
78	7.296	1.938	217.799	41
35	9.234	1.938	215.599	48
79	11.172	1.140	215.599	54
27	12.312	1.938	213.399	58
77	14.250	3.173	211.199	65
55	17.423	2.717	211.199	65
41	20.159	1.938	209.000	65
76	22.097	3.401	209.000	65
31	25.517	1.938	209.000	45
76	27.455	1.140	206.800	44
127	26.595	1.938	206.800	44
177	30.533	1.140	206.800	43
76	31.673	1.140	206.800	43
121	32.813	1.538	206.800	42
77	34.751	1.140	204.600	41
93	35.891	1.938	204.600	41
105	37.029	1.938	204.600	41
76	39.767	0.570	204.600	41
46	40.337	0.570	204.600	41
76	40.907	1.140	204.600	41
126	42.047	1.938	204.600	41
77	43.985	2.280	202.399	41
47	46.265	1.368	202.399	41
109	47.633	1.938	193.600	65
75	49.571	1.140	202.399	52
78	50.711	3.401	206.800	41
78	54.131	2.280	220.000	41
25	56.411	1.938	228.799	41
75	58.349	1.368	226.599	41
59	59.717	1.938	226.599	41
35	61.655	1.938	224.399	41
75	63.593	2.280	222.199	41
117	65.873	1.938	220.000	41
79	67.811	1.140	217.799	41
125	68.951	1.938	217.799	41
76	70.889	2.280	215.599	41
6	73.169	1.938	213.399	41
75	75.107	1.140	211.199	48
65	76.247	1.938	211.199	52
43	78.185	1.938	211.199	58
79	80.123	3.173	209.000	65
61	82.311	2.717	209.000	65
118	84.351	1.938	209.000	45
77	87.489	1.140	206.800	42
35	89.129	1.938	206.800	41
75	91.067	1.140	206.800	41
61	92.207	1.938	206.800	41
31	94.145	1.938	204.600	48
76	96.083	1.140	204.600	54
127	97.223	1.938	204.600	58
79	99.161	3.173	198.000	65
110	102.353	2.717	184.800	65
76	105.089	1.140	176.000	48
76	106.229	13.300	171.600	41

Figura 1b - Gli stessi parametri convertiti in Hertz, secondi, db, e dilatati, nel tempo, di un fattore = 19.



*Figura 2 - Divisione strutturale di una parte delle tre canzoni sovrapposte e dilatate nella dimensione temporale.*

Senza entrare troppo nei dettagli, accenneremo ora ai diversi processi cui ogni compositore ha sottoposto tali dati.

Torresan ha utilizzato un programma in linguaggio Pascal che gli consente di leggere i dati delle analisi di cui si diceva prima, e di convertirli nei valori adeguati per tre diversi strumenti in linguaggio Music5 (Mathews, 1969) (Risset, 1969), ciascuno dei quali è associato ad una delle canzoni. Tali strumenti sono:

a) strumento che genera suoni del tipo 'campana'; b) strumento per generare eventi sonori costituiti da fasce di sinusoidi con presenza di battimenti e "roughness"; c) strumento che genera suoni percussivi con altezza variabile all'interno del suono. In particolare il tipo di spettro dei suoni generati dagli strumenti è strettamente connesso al contenuto formantico dei fonemi.

Il programma permette inoltre di assegnare degli inviluppi di ampiezza e di altezza musicale ai gruppi di note Music5; questi andamenti vengono ricavati dai picchi di ampiezza e di frequenza che si trovano nei dati Icms dei relativi versi delle poesie.

Tre i tipi di materiale utilizzati da Doati, due sintetici ed uno naturale: a) glissandi; b) strutture ritmiche complesse; c) voce naturale.

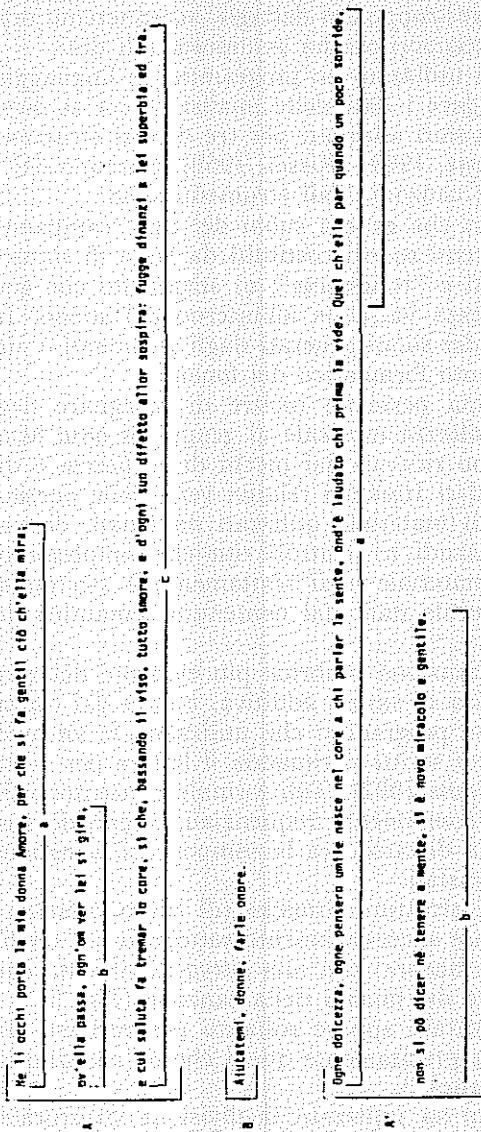
Il tipo di materiale e di trattamento è strettamente legato alla divisione strutturale data dal contenuto semantico della canzone di Dante (Fig. 3).

La caratterizzazione timbrica più evidente dei suoni sintetici, ottenuti con tecnica di sintesi additiva, è data dal trattamento del loro spettro mediante programmi che utilizzano le formule definite da S. McAdams, ai cui scritti si rimanda il lettore per eventuali approfondimenti (McAdams 1982). Tali formule consentono il controllo della distanza fra le componenti frequenziali, ottenendo spettri inarmonici che, in base alla distanza tra le componenti, vengono definiti espansi, compresi, traslati.

Alcune delle strutture ritmiche (di cui si presenta un esempio in Fig. 4) sono state successivamente sottoposte ad un filtraggio di tipo LPC (predizione lineare) con una curva di risposta equivalente all'inviluppo spettrale dei fonemi della canzone (Fig. 5).

La voce naturale appare soltanto per recitare alcuni frammenti della canzone, e precisamente quelli che ne rivelano la divisione rappresentata in figura 3.

Patella infine ha utilizzato la divisione strutturale della canzone di Cavalcanti per realizzare l'elaborazione digitale dei segnali generati. A tale scopo ha usato strumenti in linguaggio *Music 360* (Vercoe, 1973) che gli hanno consentito, a seconda dei casi, di riverberare, filtrare, e stereofonizzare il segnale. Per il missaggio finale si è utilizzato il sistema Icms.



*Figura 3 - Divisione strutturale della canzone di Dante; nella parte (A) Dante descrive il potere degli occhi della donna amata; segue un'invocazione d'aiuto (B); in A riprende il tema di A, ma questa volta "... secondo la nobilissima parte de la sua bocca".*

Filtro LPC: Ne li occhi porta la mia donna Amore  
(dilatata)

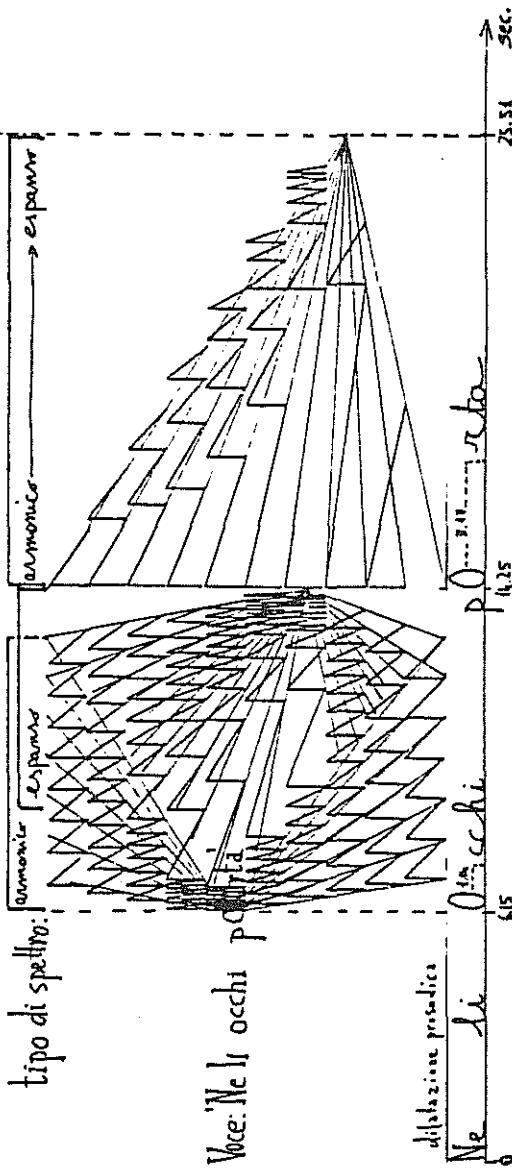


Figura 4 - Esempio di struttura.

## C.S.C. CENTRO DI SONOLOGIA COMPUTAZIONALE

SPECTRE PAGE 1

## ANALISI DIGITALE MEDIANTE FFT

AUDING N. 1  
PUNTO DI ANALISI AL MSEC. 0  
CONTENUTO ARMONICO COMPLESSIVO

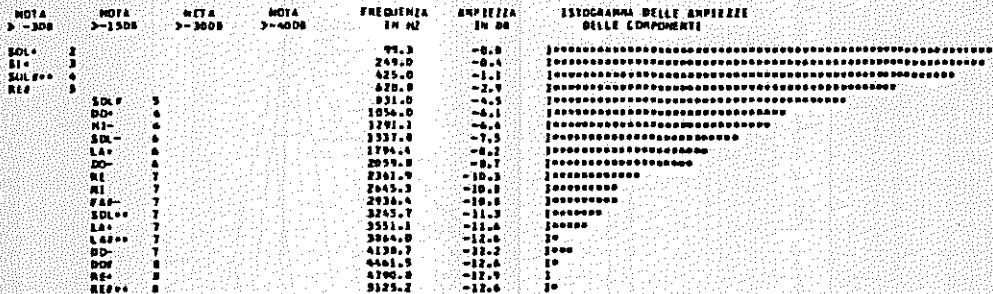


Figura 5a - Esempio di spettro con parziali espanso di ampiezza leggermente decrescente prima del filtraggio.

## C.S.C. CENTRO DI SONOLOGIA COMPUTAZIONALE

SPECTRE PAGE 1

## ANALISI DIGITALE MEDIANTE FFT

AUDING N. 1  
PUNTO DI ANALISI AL MSEC. 0  
CONTENUTO ARMONICO COMPLESSIVO

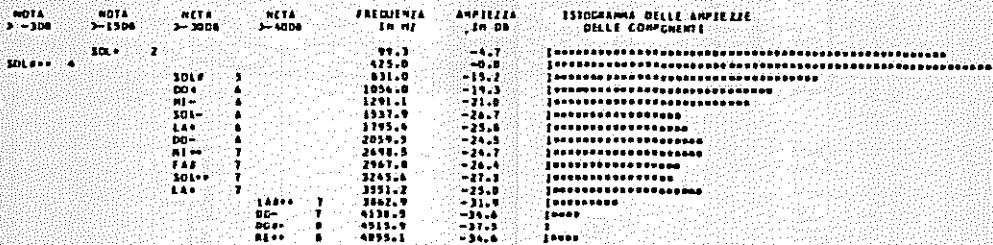


Figura 5b - Lo stesso spettro dopo il filtraggio LPC con curva di risposta equivalente all'inviluppo spettrale della vocale E.

Nessun trattamento ha subito la voce naturale, volutamente in contrasto con i suoni sintetici, quasi in un tentativo di dialogo con essi, come fosse la voce dello stesso Dante che nel Canto III del *Paradiso* scrive:

vero è come forma non s'accorda  
molte fiate all'intenzion dell'arte,  
perch'a risponder la materia è sorda.

*Ringraziamenti.* La composizione è stata realizzata con le risorse del Centro di Sonologia Computazionale dell'Università di Padova nel periodo Dicembre 1983 e Marzo 1984.

Desideriamo ringraziare l'ing. Graziano Tisato per averci costantemente seguiti durante tale realizzazione sia con l'elaborazione di particolari programmi che con i suoi utili consigli.

### *Bibliografia*

M.V. MATHEWS, *The Technology of Computer Music*, MIT Press, Cambridge, Mass., 1969.

S. McADAMS, *Spectral Fusion and the Creation of Auditory Images*, in «Music Mind and Brain», a cura di M. Clynes, Plenum Press, New York 1982 (trad. it.: *Fusione spettrale e la creazione di immagini uditive*, Bollettino LIMB n. 2, ed. La Biennale di Venezia, 1982).

J.C. RISSET, *An Introductory Catalogue of Computer Synthesized Sounds*, Bell Laboratories, Murray Hill, New Jersey 1969.

J.C. RISSET - D.L. WESSEL, *Exploration of Timbre by Analysis and Synthesis*, in «The psychology of Music», a cura di D. Deutsch, Academic Press, New York 1982 (trad. it.: *Indagine sul suono mediante analisi e sintesi*, Bollettino LIMA n. 2, ed. La Biennale di Venezia, 1982).

N. RUWET, *Langage, musique, poesie*, ed. Seuil, Paris, 1972 (trad. it.: *Linguaggio, musica, poesia*, Einaudi, Torino 1983).

B. VERCQE, *Reference Manual for the Music 360 Language for Digital Sound Synthesis*, Studio for Experimental Music, MIT, Cambridge, Mass., 1973.

## **Applicazioni dell'elaboratore nell'analisi dei livelli di tensione intervallare delle strutture microtonali**

**Fabio Cifariello Ciardi**

*1. Introduzione.* Quando parliamo della struttura di un brano musicale ci riferiamo il più delle volte, al modo in cui organizziamo il materiale derivato dalle scelte e dai limiti che l'autore si pone nel suo procedere compositivo. Organizzare significa, in questo caso, creare dei rapporti fra una serie di elementi finiti. Tanto più certi rapporti risulteranno marcati rispetto ad altri, tanto più chiaramente il loro ritorno sarà interpretato come un ritorno all'ordine o in ogni caso, come una conferma della struttura che definisce la forma del brano. La misura e l'apprezzamento di questo cambiamento è, in altre parole, direttamente proporzionale alla coerenza delle scelte del compositore rispetto alle gerarchie di rapporti che si creano entro una determinata forma nel suo divenire musicale. Se la conferma porta all'ordine, la negazione di questo porta ad una tensione, ad uno stato di instabilità che viene superato solo attraverso il ritorno al precedente o ad un nuovo stato di stabilità.

Parlare di livelli di tensione significa dunque, in generale, parlare delle modalità di interazione tra gli elementi presenti in un sistema di intonazione.

In campo musicale la tensione può essere considerata come la risultante delle interazioni fra le grandezze che definiscono gli stimoli acustici, così come sono percepiti dall'apparato sensoriale e dal nostro cervello che analizza, integra ed interpola la sensazione sonora con le nostre memorie.

Il termine "livello di tensione" va quindi inteso in questa sede in una sua accezione più ampia: come grandezza atta a misurare, seppure in modo talvolta riduttivo, alcune tra le qualità psicologiche di un dato costrutto sonoro.

Tali livelli potranno essere così derivati:

Tensioni formali: riguardanti i rapporti tra le caratteristiche psicoacustiche di un singolo suono e l'organizzazione di questo ed altri suoni nel *continuum* temporale.

Tensioni semantiche: riguardanti l'interazione fra sensazione sonora e l'ambiente storico, culturale e contestuale dove queste hanno luogo.

2. *Limiti e metodi della ricerca.* All'interno delle tensioni formali troviamo una prima serie di tensioni nate dalle relazioni fra le fondamentali grandezze che caratterizzano il suono (Fig. 1). Fra queste il

CARATTERISTICHE				ASPETTO MUSICALE
MUSICALI:	ALTEZZA	INTENSITA	DURATA	
TIMBRICHE:	CHIARO SCURO	DOLCE ASPPIO	—	
ACUSTICHE:	FREQUENZA	AMPIEZZA	DURATA	
DI FORMA D'ONDA:	TIPO DI SPETTRO	DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA NELLO SPETTRO	TRANSITORI E REGIME STABILIZZATO DEL MOVIMENTO VIBRATORIO	ASPETTO ACUSTICO

Figura 1 - Fondamentali caratteristiche che definiscono il suono viste sotto l'aspetto musicale e sotto quello acustico.

presente studio intende analizzare i possibili *livelli di tensione intervallare* (LTI) relativi ai rapporti frequenziali di un sistema di intonazione inequabile di n suoni per ottava. Non saranno quindi approfondite le relazioni con le altre grandezze acustiche (ampiezza e durata), né i rapporti semantici tra un sistema e gli altri già acquisiti culturalmente. Entro questi limiti le principali questioni rimangono due. Quali sono, se esistono, le norme che garantiscono un'organizzazione coerente delle frequenze di un sistema di intonazione? Quanto e in che modo l'insorgere di tensioni intervallari può essere influenzato da fattori fisici, indipendenti dal contesto storico-linguistico nel quale il sistema si colloca? Per una risposta esauriente a queste domande bisogna considerare i processi attraverso i quali definiamo le variabili psicoacustiche e culturali riguardanti l'altezza. In campo psicologico tali variabili non sono facilmente individuabili sia per l'estrema complessità e irripetibilità dei fenomeni musicali, sia per la giovane età degli studi interdisciplinari che possono fornire dati realmente significativi e verificabili. Dal punto di vista culturale il materiale è molto più vasto. Circa un millennio di storia della musica occidentale ci

garantisce un terreno di indagine sufficientemente vasto sulle relazioni esistenti tra l'organizzazione delle altezze e il suo effetto sull'essere umano. Da questo punto di vista mi è sembrato doveroso indagare da principio su uno dei principali sistemi di intonazione della nostra teoria musicale: il temperamento diatonico naturale, nato come conseguenza teorica del nascente senso armonico tonale.

3. *La proporzione numerica.* Dovendo analizzare l'influenza dei fattori psicoacustici su un sistema musicale bisognava per prima cosa, fornirsi di un'unità di misura che tenesse conto sia della ciclica ricorrenza delle caratteristiche salienti di un'altezza musicale (il La 440 Hz mantiene la sua identità anche una o più ottave sopra o sotto) sia delle informazioni di carattere acustico e psicoacustico che si vengono a creare quando un suono viene compreso in un sistema di intonazione. La grandezza che meglio rispecchia questi requisiti mi è sembrata la rappresentazione dell'altezza come rapporto, ridotto ai minimi termini, tra la frequenza di un suono dato ( $f_1$ ) e una di riferimento ( $f_0$ ) detta *Base*, espresso come  $f_1 = f_0 \cdot N/D$ . Per fini teorici  $f_0$  viene posto uguale ad 1 così da poter utilizzare il rapporto che misura gli intervalli indipendentemente dalla frequenza di questi.

$N$  e  $D$  sono due interi positivi: numeratore e denominatore che definiscono la grandezza del rapporto. Per molti secoli questo tipo di proporzione musicale è stata considerata dai teorici come un prezioso strumento di speculazione sulla natura fisica e metafisica del suono. Alla base c'era la convinzione che tanto più piccoli fossero stati i numeri che componevano il rapporto tanto più consonante, e dunque piacevole, sarebbe stata la percezione dell'intervallo. Queste teorie, pur conservando oggi una certa validità, non consideravano né la limitata risoluzione del nostro apparato uditivo, né l'influenza dell'ambiente socio-culturale in cui la musica viene creata, eseguita ed ascoltata. Entrambi questi fattori, infatti, concorrono in misura rilevante alla definizione dei limiti di soglia per l'altezza e più generalmente all'impossibilità pratica e teorica di costruire un sistema di intonazione che soddisfi *totalmente* le nostre aspettative.

Per quanto concerne i dati relativi ad esperimenti su soggetti occidentali, possiamo concludere che, mentre per gli intervalli simultanei il giudizio può essere molto preciso, per quelli consecutivi non sembra esserci un'evidenza sperimentale che confermi una preferenza per gli intervalli espressi da proporzioni semplici. Un intervallo di 30001/20000 è percepito esattamente come il più semplice 3/2. Più convincente ci sembra invece una *Zona di identificazione per tolleranza* di 20-22 cents (circa un comma sintonico: 81/80), così come descritto

da R. Tanner<sup>1</sup> per la percezione dell'intonazione degli intervalli di 6° e 3°, delimitata dai valori zarliniani e pitagorici di uno stesso suono.

Un altro problema è rappresentato dalla tendenza dell'orecchio a comprimere intervalli piccoli e ad allargare intervalli grandi<sup>2</sup>. Ciò dimostra come un sistema *perfetto* non possa essere desunto dalle caratteristiche fisiologiche e dalla limitata risoluzione del nostro organo uditivo. In pratica, l'orecchio compie in ogni caso continui e differenti aggiustamenti atti a soddisfare le aspettative proprie di un dato momento. Aspettative che cambiano sensibilmente anche col variare sia degli altri parametri acustici, sia col tipo di grammatica musicale che organizza i suoni di un sistema d'intonazione.

Ciononostante la suddetta rappresentazione numerica dell'intervallo come rapporto fra le altezze rimane un utile strumento teorico e compositivo per indagare sui dati fisici e psicofisici che un insieme frequenziale è in grado di fornirci. Vediamo quali.

**4.1. Il problema della consonanza.** La prima prova psicofisica a sostegno dell'uso dei rapporti musicali ci viene fornita dalla loro funzione nel secolare problema della dissonanza, fondamentale, anche se spesso fin troppo esaltato, artefice del livello di tensione intervallare (Lti) fra due altezze. Per affrontare questa delicata questione si può, anzitutto, dividere il problema secondo le variabili che lo originano.

**4.2. Variabili psicoacustiche.** Per due suoni sinusoidali la consonanza dipende direttamente dalla differenza di frequenza tra i due suoni e non dal rapporto fra le altezze. La dissonanza viene percepita se tale differenza è inferiore ai valori che definiscono il limite approssimativo sopra il quale udiamo due suoni come separati (questi valori determinano la cosiddetta *larghezza di banda critica*). In generale si può affermare che questo tipo di dissonanza o *roughness* entra in gioco a un valore di differenza di circa 25 Hz<sup>3</sup>.

Per i suoni non sinusoidali, armonici e inarmonici, la consonanza sembra dipendere dal numero dei parziali coincidenti e dalla distanza di questi dal suono fondamentale<sup>4,5,6</sup>. Ne consegue che tanto più piccoli

<sup>1</sup> S. MAKEIG, "Affective versus analytic perception of musical intervals", in *Music Mind and Brain*, New York 1982, pp. 227-250.

<sup>2</sup> E.M. BURNS & W.D. WARD, "Intervals, scales, and tuning", in *The psychology of music*, New York 1982, pp. 241-265.

<sup>3</sup> J.O. NORDMARK, "Frequency and periodicity analysis", in *Handbook of perception*, Vol. IV, New York 1978, pp. 243-278.

<sup>4</sup> R.A. RASCH & R. PLOMP, "The perception of musical tones", in *The psychology of music*, New York 1982, pp. 1-21.

<sup>5</sup> J.M. GEARY, "Consonance and dissonance of pairs of inharmonic sounds", *J. Acoust. Soc. Am.*, 1980, 67(5), pp. 1785-1789.

saranno i numeri che esprimono il rapporto fra le frequenze fondamentali tanto più l'intervallo risulterà consonante. Se consideriamo poi il suono complesso come somma di suoni semplici sarà facile capire come la consonanza di suoni sinusoidali e non, dipenda dal numero di battimenti fra i parziali e dalla loro ampiezza. Per alcuni autori gli intervalli più dissonanti compaiono quando la differenza fra i parziali raggiunge circa 1/4 della larghezza di banda critica: circa 20 Hz nel registro basso e circa il 4% della frequenza media nel registro acuto<sup>7</sup>.

**4.3. Variabili strutturali.** Le variabili strutturali derivano dalle relazioni gerarchiche che si possono instaurare in un sistema di intervalli. Questo tipo di variabili possono talvolta contraddirre apparentemente quelle psicoacustiche. Nella musica del primo novecento, ad esempio, la seconda maggiore perde per ragioni strutturali la sua caratteristica dissonante per conquistare, in certi casi, finanche una posizione nell'accordo finale.

**4.4. Variabili semantiche.** Le variabili semantiche si possono derivare dall'attrito provocato dal rapporto fra messaggio musicale trasmesso e il contesto culturale soggettivo che più o meno garantisce una decodifica del messaggio da parte del ricevente.

Attraverso l'inevitabile interazione di queste tre classi di variabili si può definire il grado di dissonanza che concorre alla definizione del livello di tensione intervallare fra due suoni<sup>8</sup> (Fig. 2).

**4.5. Verso una tipologia alternativa dell'intervallo.** In un periodo come il nostro dove anche la musica dodecafonica è passata di moda, scarso è l'interesse del compositore per la ricerca delle variabili essenziali alla consonanza o dissonanza di uno o più intervalli. Altra cosa invece, è l'analisi degli infiniti gradi intermedi fra i due estremi che, nel loro rapporto, concorrono alla definizione delle caratteristiche espresive dei suoni di un sistema di intonazione. A questo proposito vediamo quali informazioni di carattere acustico ci può fornire la rappresentazione dell'intervallo come rapporto semplice fra le frequenze.

Tornando all'espressione  $f_1 = f_0 \frac{D}{N}$  (con  $D \geq N$ ), possiamo notare che dicendo che una frequenza  $f_1$  è  $D/N$  di un'altra  $f_0$ , altro non diciamo se non che a  $N$  periodi di  $f_1$  corrispondono  $D$  periodi di  $f_0$ , ovvero che ogni  $N/f_1$  e  $D/f_0$  l'onda risultante termina il suo ciclo.

<sup>6</sup> M. YUNIK & G.W. SWIFT, "Tempered music scales for sound synthesis", *Computer Music Journal*, 1980, 4, pp. 60-65.

<sup>7</sup> E. TERHARDT, "Pitch, consonance, and harmony", *J. Acoust. Soc. Am.*, 1974, 55(5), pp. 1061-1068.

<sup>8</sup> G. REVESZ, *Psicologia della musica*, Firenze 1954, pp. 80-81.

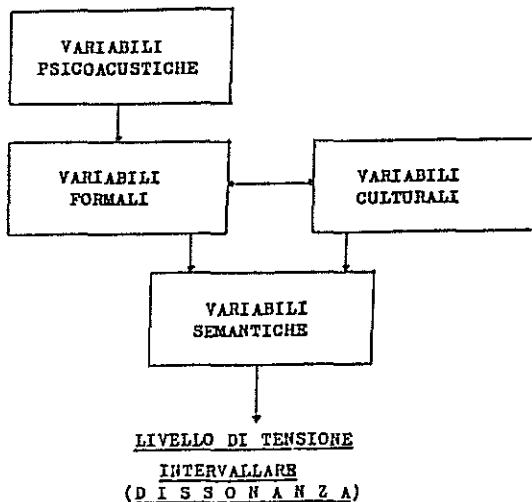
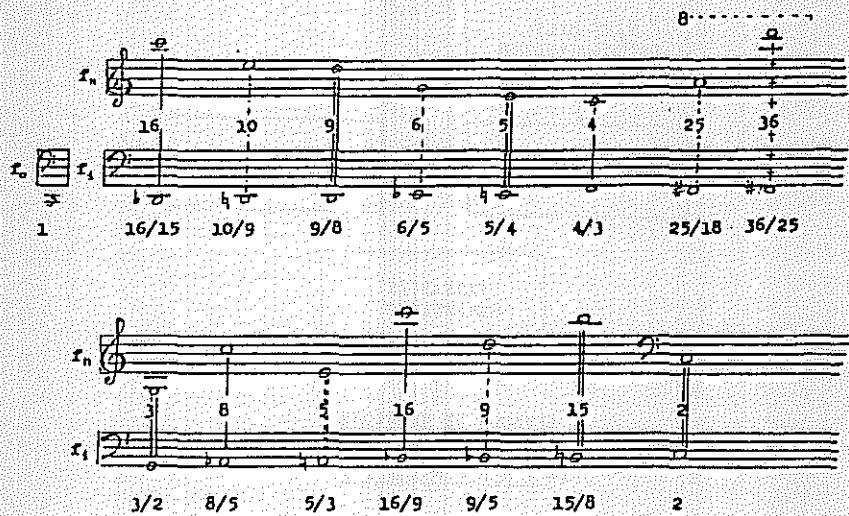


Figura 2 - Interazioni fra le variabili che definiscono il livello di tensione intervallare (dissonanza) tra due o più suoni.

Questo significa che l'Nesimo armonico di  $f_1$  e il Desimo di  $f_0$  coincidono. Si ha cioè un primo parziale in comune: il Desimo partendo dalla frequenza più bassa o l'Nesimo partendo da quella più alta. Quindi, nel caso di intervalli con  $N=2$ , l'armonico in comune coinciderà sempre con  $f_1$  o con  $f_1 \cdot 2^n$  ( $n=\pm 1,2,3,\dots$ ) così come per  $D=2$ , l'armonico in comune coinciderà sempre con  $f_0$  o con  $f_0 \cdot 2^n$ . La coincidenza avrà luogo, in ogni modo, sempre su una delle altezze che costituiscono l'intervalle. Per intervalli formati da altri numeri primi l'armonico in comune sarà invece un terzo suono diverso dalle due fondamentali frequenze date (Fig. 3).

Da quanto detto sopra è evidente che una simile analisi degli intervalli di un sistema di intonazione ci fornirà delle informazioni più che sulla natura consonante o dissonante di due suoni, su una tipologia più variegata, più vicina forse, alle sfaccettature psicologiche del suono musicale. Una classificazione *qualitativa* e non *quantitativa* delle tensioni intervallari.

5. *Livelli di tensione intervallare in un sistema d'intonazione inequabile*. La nostra indagine ha finora approfondito dei processi legati a variabili psicofisiche, indipendenti da un contesto musicale. Vedremo



*Figura 3* - Rappresentazione in notazione tradizionale di un intervallo  $f_n = N/D$  e del suo parziale  $f_m$  in comune con  $f_0$ .  $F_1$  è la frequenza dell'intervallo,  $f_0$  è la frequenza di riferimento che per fini teorici è uguale a 1. N e D sono due interi che definiscono la grandezza dell'intervallo.

$$\begin{array}{lll} : f_n = f_0, & : f_n = 9/8 f_1, & : f_n = f_1, \\ : f_n = 5/4 f_1; & : f_n = 32/25 f_1; & : f_n = 3/2 f_1. \end{array}$$

ora quali informazioni possiamo trarre dal rapporto D/N quando questo è inserito in un temperamento generalizzato a n suoni per ottava.

Per ragioni storiche e di chiarezza l'analisi avrà per oggetto la cosiddetta *scala naturale semplice zarliniana* di sette suoni per ottava, generabile attraverso somma e sottrazione di terze maggiori ( $5/4$ ) e quinte giuste ( $3/2$ ).<sup>9</sup>

I rapporti generati da questa scala possono essere simultanei e/o consecutivi. Suoni simultanei danno origine, secondo l'armonia classica, ad intervalli armonici che a loro volta generano *tensioni intervallari verticali* (T.i.verticali). Suoni consecutivi originano invece, intervalli melodici che creano *tensioni intervallari orizzontali* (T.i.orizzontali). La tensione che si genera fra un suono  $f_i$  e la base del sistema  $f_0$ , verrà chiamata *tensione intervallare di base* (T.i.di base). Quando il pri-

<sup>9</sup> P. RIGHINI, *Gli intervalli musicali e la musica*, Padova 1975, pp. 27-29.

mo di due suoni  $f_x$  e  $f_y$ , non è rappresentato dalla base, cioè per  $f_x \neq 1$ , il loro rapporto genererà una *tensione intervallare relativa* (relativa al suono  $f_x$  che già forma a sua volta un intervallo con la base) se i suoni sono simultanei, o *una tensione di moto* se i due suoni si succedono serialmente. Un caso particolare di T.i.verticale si genera tra un suono fondamentale e i suoi parziali (T.i.spettrale di base) e tra i diversi parziali del suono stesso (T.i.spettrale relativa) (Fig. 4). Bisogna a questo punto precisare che per T.i.orizzontali si intendono qui solo le tensioni fra due e non più suoni consecutivi. L'analisi generalizzata degli intervalli consecutivi sembra basarsi, oltre che su questi, su altri presupposti psicoacustici e psicologici che coinvolgono, ad esempio, la nostra capacità e i nostri tempi di conservazione dell'informazione relativa all'altezza di un suono (D. Deutsch 1982). Accanto a ciò vanno anche considerate le diverse modalità attraverso le quali il cervello organizza le informazioni a sua disposizione: percezione per gruppi<sup>10</sup> o per contorni<sup>11,12</sup>. Tali argomenti sono qui inseriti tra gli aspetti che definiscono livelli di tensione macro-formale e che esulano, quindi, dai limiti imposti a questa ricerca. Analizzeremo ora, secondo questo tipo di approccio, alcune tra le più importanti caratteristiche dell'armonia diatonica così come si presentano nel sistema zarliniano che per primo ne ha avallato teoricamente le conquiste. Il centro tonale del sistema, *la tonica*, corrisponde alla base (=1). Parlare di centro tonale significa dire che, in un'armonia diatonica, tutte le note, attraverso differenti percorsi e differenti livelli di tensione, tendono alla tonica. Secondo polo di attrazione del sistema è la *dominante* (espressa dal rapporto di 3/2), presupposto ideale per la cadenza tonale dominante-tonica. Altri gradi fondamentali della scala sono: *la sottodominante* (4/3) e *la sensibile* (15/8), elemento fondamentale nelle tensioni che risolvono sulla tonica. Possiamo a questo punto notare alcuni paralleli.

Le note su cui si fondono le prime regole e gerarchie tonali e modali sono rappresentate dagli intervalli numericamente più semplici del sistema: 1,4/3, 3/2, 2. Sono inoltre anche i più semplici rapporti nella forma  $n+1/n$  e  $2n/n+1$  detti *superparticolari* per il loro spiccato grado di consonanza. Questa preferenza è dovuta in parte al fatto che il primo parziale in comune, oltre che trovarsi tra i primi e dunque tra gli armonici più chiaramente udibili, si colloca all'incirca alla stessa distanza da i due fondamentali.

<sup>10</sup> D. DEUTSCH, "Grouping mechanism in music", in *The psychology of music*, New York 1982, pp. 99-130.

<sup>11</sup> D. DEUTSCH, "The processing of pitch combinations", in *The psychology of music*, New York 1982, pp. 271-311.

<sup>12</sup> A. SCHONBERG, *Elementi di composizione musicale*, Milano 1969, pp. 115-117.

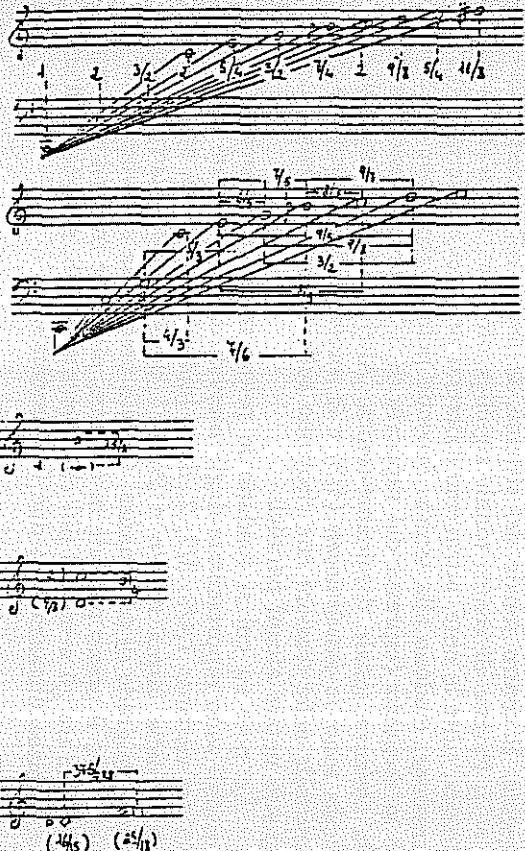


Figura 4 - Descrizione di alcune tensioni intervallari.

TENSIONI INTERVALLARI SPETTRALI DI BASE  
derivabili dal rapporto fra i parziali  
e la frequenza fondamentale:  $f_i/f_0$ , con  
n uguale al numero del parziale.

TENSIONI INTERVALLARI SPETTRALI RELATIVE  
derivabili dal rapporto fra i diversi  
parziali:  $f_i/f_j$ , con n uguale al numero  
del parziale ad x intero positivo.

TENSIONI INTERVALLARI DI BASE  
derivabili dal rapporto  $f_i/f_0$  tra un  
suono  $f_i$  e la base del sistema  $f_0$ .

TENSIONI INTERVALLARI RELATIVE  
derivabili dal rapporto  $f_i/f_j$  tra due  
suoni  $f_i$  e  $f_j$ , entrambi diversi dalla  
altezza di base del sistema ovvero con  
 $f_i \neq f_j \neq f_0$ .

TENSIONI INTERVALLARI DI LOTO  
derivabili dal rapporto fra due  
suoni consecutivi  $f_i$  e  $f_{i+1}$ .

CONSIDERAZIONE DI UNA TENSIONE INTERVALLARE COME QUOTIENTE DI DUE FREQUENZE

L'intervallo più complesso del sistema 15/8 è anche quello che più inequivocabilmente tende verso il centro tonale. In armonia infatti, la sensibile 15/8 deve sempre risolvere sulla tonica.

Il temperamento, seppur limitato nelle sue T.i.di base dal fattore primo 5, arriva nelle T.i.relative sino a 45/32 con il famoso *tritono* o "Dialobus in musica", situato tra 4/3 e 15/8 (fa-si, se 1 = do). Nel complesso le tensioni possibili sono assai varie: 7 di base e 15 relative. Alcune fra queste danno origine ad altri intervalli che differiscono dai 22 precedenti per uno o due comma circa (es.: 32/27 = 6/5 + 22 cents). Furono proprio questi piccoli valori a spingere i musicisti e i teorici antichi verso un temperamento più equabile e dunque più pratico per gli strumenti dell'epoca. Oggi, a differenza d'allora, tali sottigliezze non sono evitate, ma spesso invocate dal pensiero compositivo che le può eseguire più facilmente grazie all'elaboratore.

Analizzando ora i possibili accordi realizzabili secondo la loro semplicità di rapporto e dunque secondo la loro T.i.di base e relativa, possiamo notare come l'ordine risultante concordi con lo sviluppo dell'armonia occidentale e di altre forme primitive ed orientali di diafonia. La *triade* è in pratica l'insieme di tre suoni più semplice sotto l'aspetto numerico di tutto il sistema subito dopo gli accordi di 1 - 3/2 - 2 e 1 - 4/3 - 2. È da notare come nella terza naturale sia maggiore che minore sia presente il fattore 5 che nella cultura indiana è intimamente legato all'emozione, al sentimento<sup>13,14</sup> così come nella musica classica occidentale la terza definisce il modo e dunque grossolanamente il carattere, l'*ethos* della tonalità. Ethos che da sempre definisce la potenzialità emozionale di un evento musicale.

Una delle principali strutture dell'armonia tradizionale è rappresentato dalle cadenze, ovvero dal passaggio da un accordo ad un altro del sistema d'intonazione. La loro tradizionale classificazione in successioni deboli, forti o fortissime<sup>15</sup> e in cadenze perfette, imperfette, semicadenze, cadenze evitate, ecc.<sup>15,16</sup> sottintende già in modo più

3. Prossimità delle singole sinusoidi che formano l'insieme (L.T.i. *spettrale relativa* e di *base*) ed eventuale deviazione dalla serie armonica. fattori (N e D) che ne definiscono l'intervalle<sup>17</sup>. Per verificare ciò, analizzeremo qui la cadenza che più efficacemente, in termini di L.T.i., denota la base del sistema, la tonica, come il polo dall'attrazione più forte: la *formula di cadenza perfetta*, formata da una semica-

<sup>13</sup> A. DANIELOU, *Traité de musicologie comparée*, Paris 1959.

<sup>14</sup> A. DANIELOU, *Semantique musicale*, Paris 1967, p. 46.

<sup>15</sup> A. SCHONBERG, *Funzioni strutturali dell'armonia*, Milano 1967, pp. 32-35.

<sup>16</sup> A. DE NINNO, *Trattato di armonia*, Napoli 1946, pp. 48-51.

<sup>17</sup> H. PARTCH, *Genesis of a music*, New York 1949, pp. 181-183.

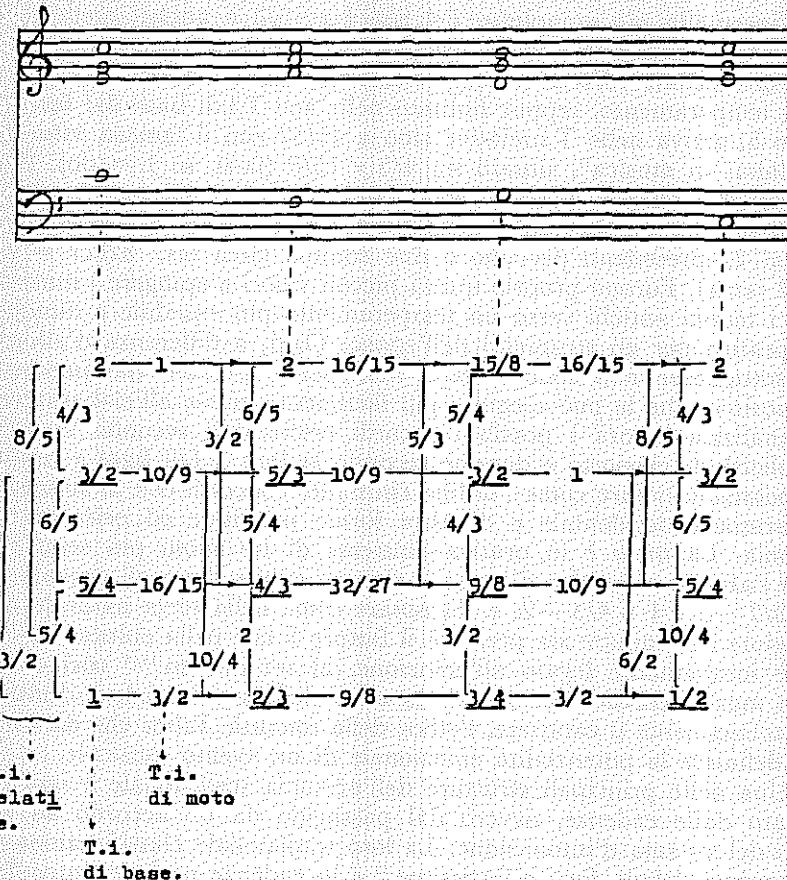


Figura 5

denza + cadenza perfetta. La figura 5 mostra questa cadenza in notazione tradizionale seguita dall'analisi dei L.T.i. verticali ed orizzontali espresse in rapporti semplici con  $1 \leq N/D \leq 2$ . Detto schema, pur presentando una certa complessità di lettura, può fornirci alcuni dati interessanti.

Qui, come nell'armonia tonale in genere, i vari accordi sono sempre definiti dal medesimo principio generatore: la sovrapposizione di uno stesso tipo di intervallo, la terza, su i diversi gradi della scala. Ciò provoca una maggiore ridondanza e perciò una maggiore sensibilità ai cambiamenti di modo tra maggiore e minore. Un modello

simile di ridondanza, basato sulla predominanza di alcune note, fa sì che popolazioni extraeuropee percepiscano in modo più raffinato le numerose sfumature dei loro sistemi modali che talvolta non superano i 22 cents (comma), poco più di 1/9 di tono<sup>9</sup>.

I momenti di minor tensione sembrano legati al fattore 2, definito da A. Danielou come neutro ed al fattore 5 già trattato mentre, nei momenti di maggior tensione tonale, troviamo sempre il fattore 3 (nella triade di dominante) sinonimo, sempre per Danielou, di moto, dunque di tensione ed instabilità.

La definizione dei due poli armonici principali, *tonica* e *dominante*, può essere numericamente così spiegata. Entrambi gli accordi derivano dalla serie degli armonici N/2 cioè dall'origine fisica dei suoni complessi, dallo stesso meccanismo intervallare che concorre alla trasformazione di un infinito accordo di suoni in una sola ben definita altezza. Il loro L.T.i. relativo è perciò basso, ma inseriti in un sistema quale quello diatonico acquistano una loro tensione ben definita. Il carattere preferenziale di una struttura tonale per la tonica, infatti, determinato dalla ridondanza di questa e da altri accorgimenti di ordine temporale e formale, fa sì che si crei un così detto *Senso tonale*, una memoria cioè che ritiene più a lungo la sensazione e dunque anche l'altezza relativa della tonica. A causa di ciò, il centro del sistema diventa un'entità con la quale, in ogni caso, gli altri suoni si devono confrontare. L'intervallo tra il suono preso in considerazione e la base acquisterà dunque un'importanza proporzionale alla preferenza del sistema per i poli d'attrazione che si saranno potuti creare. Tornando ora alla nostra cadenza si noterà come i L.T.i. di base della triade di dominante siano espressi dai rapporti più complessi del temperamento: 15/8 e 9/8.

Per quanto concerne i L.T.i. di moto, alcuni rapporti quali 16/15, 9/8 e 10/9 sembrano, in un contesto armonico, confermare il concetto di risoluzione per prossimità già espresso da H. Partch<sup>17</sup> e simile al concetto di prossimità delle teorie della Gestalt<sup>18</sup>: più un suono è vicino ad un altro tanto più forte sarà la necessità della sua risoluzione sull'intervallo a lui più prossimo. Tale concetto ribadisce anche quello precedente, relativo al maggior L.T.i. degli intervalli espressi dal rapporto fra interi numericamente complessi. In un certo senso infatti, tanto più un intervallo sarà prossimo alla *base* tanto più elevato sarà il valore di N e di D.

<sup>18</sup> C. SACHS, *La musica nel mondo antico*, Firenze 1981, p. 167.

6. *Conclusioni.* Molto di quanto si è detto fin ora riguarda la musica del passato e non ha certo la pretesa di fornire una risposta definitiva agl'interrogativi che ci eravamo posti all'inizio. Ciò che traspare è piuttosto una metodologia d'approccio sulla quale continuare la ricerca. Bisogna infatti tener presente che le informazioni che abbiamo ricavato si dispongono su scale fisiche e psicosistiche, mantengono cioè una loro validità sia che si parli di scale diafoniche che di temperamenti a 19,31 o 53 suoni per ottava. L'uso della proporzione numerica ci permette in pratica di integrare i concetti di consonanza psicoacustica o sensoriale (dipendente dalle sole variabili psicoacustiche) in una struttura musicale, di vedere come dei dati sperimentali possano concorrere all'organizzazione formale di una composizione.

Si è visto come la semplicità numerica di certi rapporti frequenziali possa partecipare, insieme con il concetto di ridondanza, alla definizione dei poli d'attrazione di un sistema d'intonazione. In che modo cioè, si possano determinare dei L.T.i. basati su dei rapporti d'altezza dove per rapporti si intendono tanto i limiti estremi di un insieme frequenziale di  $n$  elementi, quanto il singolo parziale di uno tra gli  $n$  suoni di un costrutto sonoro.

Possiamo quindi concludere che, tenendo costanti gli altri parametri che definiscono il suono, il L.T.i. di due o più frequenze è direttamente proporzionale ai seguenti parametri:

1. Complessità numerica dei rapporti che definiscono gli intervalli dell'insieme frequenziale (L.T.i. relativa).

2. Complessità dei rapporti che definiscono gli intervalli fra le altezze dell'insieme e la frequenza di *base*  $s_0 \cdot 2^n$ , con  $n$  intero positivo o negativo a seconda della posizione di  $s_0$  nel continuum delle frequenze.

3. Prossimità delle singole sinusoidi che formano l'insieme (L.T.i. spettrale relativa e di base) ed eventuale deviazione dalla serie armonica.

4. Definizione e dunque ridondanza di uno o più suoni percepiti come *basi* del sistema d'intonazione.

Il L.T.i. è inoltre inversamente proporzionale ai seguenti parametri:

1. Distanza tra gli estremi dell'intervallo più ampio dell'insieme frequenziale.

2. Posizione dell'insieme nel continuum delle frequenze: tanto più si va verso l'alto tanto meno percepibili sono i battimenti fra i suoni di un intervallo. Ciò avviene, oltre che per il carattere logaritmico del rapporto intervallo-frequenza, anche perché i parziali che cadono nella zona media delle frequenze vengono percepiti dal nostro appa-

rato uditivo con una migliore risoluzione<sup>1</sup>.

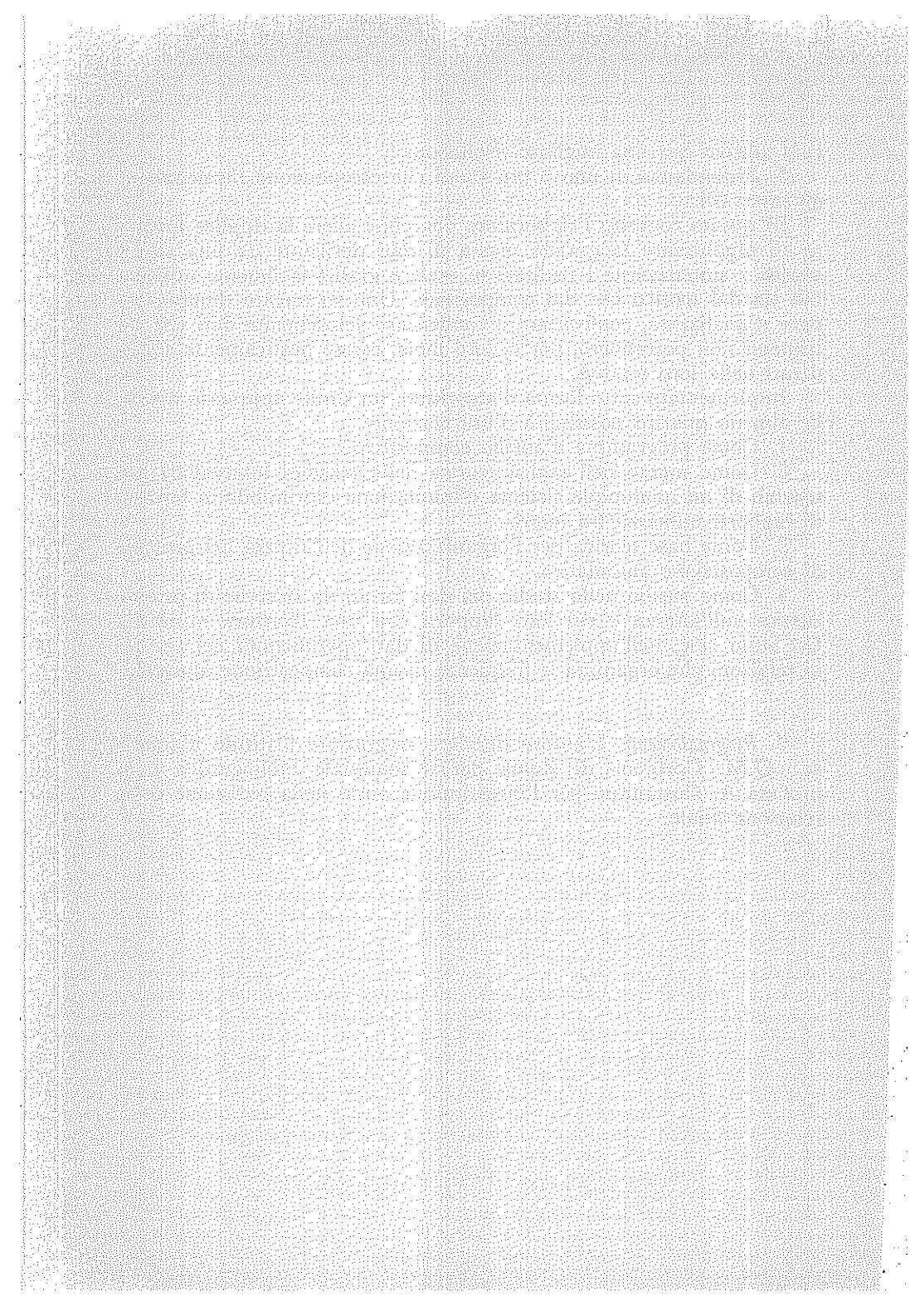
3. Ridondanza di uno o più suoni che compongono l'insieme degli intervalli.

In questo contesto l'elaboratore dovrebbe avere la duplice funzione di organizzare la grande massa di dati derivante da una simile analisi e sintetizzarne i risultati su scale e grafici facilmente utilizzabili sia dal teorico che dal compositore. Uno strumento dunque capace d'analizzare, confrontare e condensare velocemente dati che altrimenti non potrebbero, per la loro mole, essere praticamente considerati nella loro totalità.

Implementato sotto forma d'algoritmo, un simile approccio avrebbe almeno quattro possibilità d'utilizzazione:

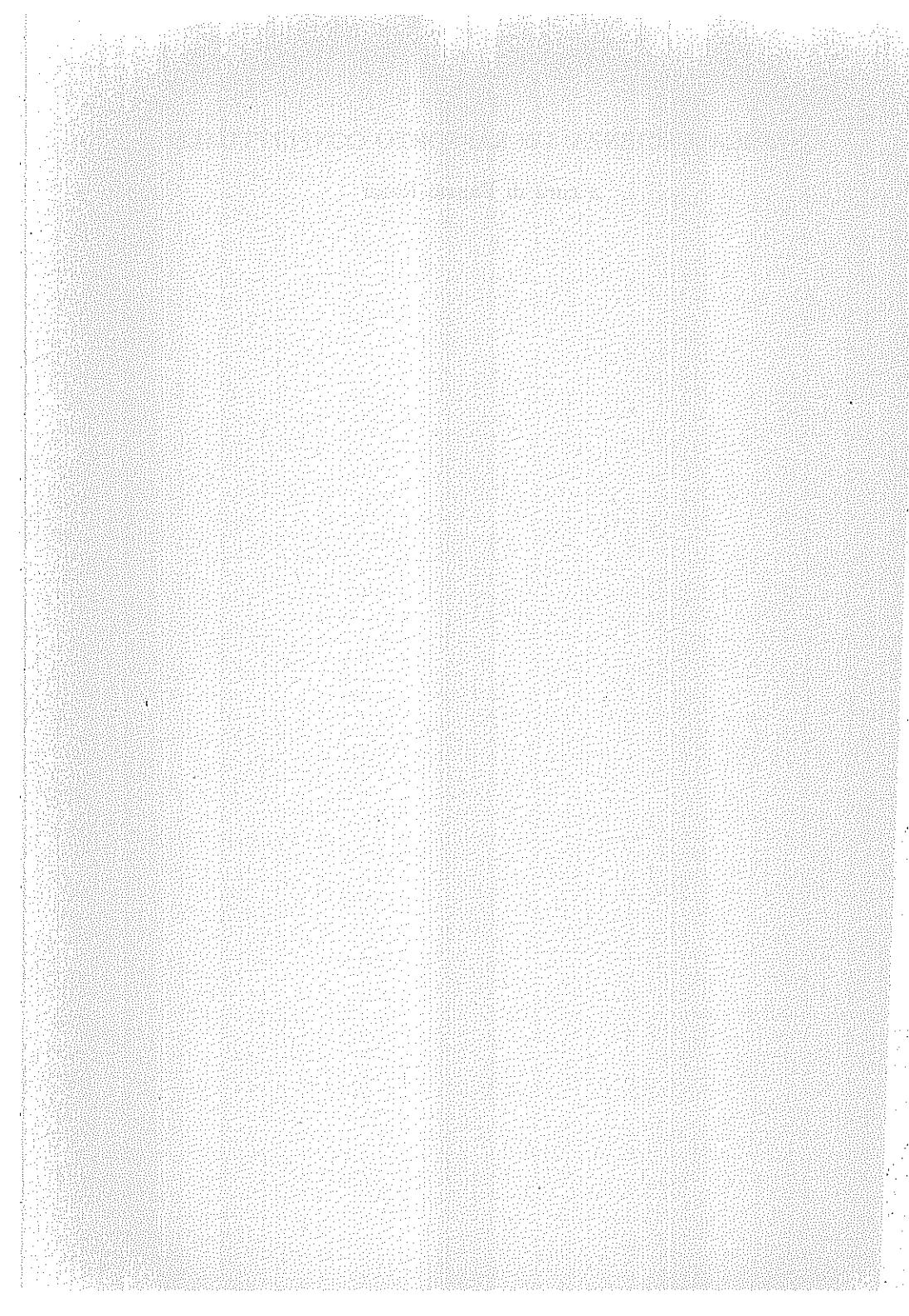
1. Come programma d'ausilio compositivo.
2. Come mezzo nell'analisi teorica delle tensioni intervallari potenziali di un qualunque sistema d'intonazione esprimibile in termini di rapporti numerici fra interi.
3. Come base teorica per l'organizzazione dell'altezza nei processi di composizione automatica.
4. Come ausilio nello studio dei dati forniti da ricerche di psicoacustica sull'altezza e sui loro rapporti con una struttura musicale. Un aiuto cioè, nell'implementazione di dati sperimentali nel tessuto di relazioni che organizza le frequenze di una composizione musicale.

7. *Ringraziamenti.* L'autore desidera ringraziare l'istituto d'acustica «O.M. Corbino» di Roma per il materiale bibliografico e la prof.ssa A. Costantino per l'insostituibile aiuto nella redazione della relazione finale.



# **MUSICA E SCIENZA: UN RAPPORTO CONFLITTUALE?**

**a cura di Fausto Razzi**



## Tavola rotonda

Presidente: Fausto Razzi

Fausto Razzi  
*Compositore, Roma*

Una breve introduzione sul tema che ci siamo proposti: "musica e scienza, un rapporto conflittuale?". Ci si chiede cioè se questo rapporto provoca o no delle frizioni fra gli operatori dell'uno e dell'altro campo.

Forse bisognerebbe non dare per scontato – come potrebbe apparire, data l'enunciazione – che il rapporto esista. Voglio dire: il rapporto certamente esiste, ma non altrettanto ovvia è la sua esistenza, non solo per la maggioranza di coloro che non sono specialisti, ma spesso anche per chi appartiene ad uno dei due campi. Devo anzi dire (con un certo rammarico, come musicista): specialmente proprio per i musicisti.

L'idea che l'operare in campo artistico, e direi particolarmente in quello musicale, rientri principalmente – se non addirittura esclusivamente – nella sfera dell'irrazionale, dell'intuizione, e dunque – via via secondo le definizioni più generalmente diffuse – dell'ispirazione, del genio; e che quindi opere come il settimo e ottavo libro di madrigali di Monteverdi o gli ultimi quartetti di Beethoven siano nati solamente o principalmente in virtù di una intuizione, non avvalendosi minimamente di tutta una serie di procedimenti, di operazioni mentali che sono invece, ovviamente, di ordine razionale: quest'idea, dicevo, è ancora sufficientemente diffusa. La conseguenza è che parlare di un rapporto tra musica e scienza può risultare ancora un discorso incomprensibile per molti. È chiaro tuttavia che non discuteremo di questo argomento: il problema è invece quello di stabilire se, nel rapporto musica/scienza, esiste una conflittualità; in secondo luogo, eventualmente, quali ne siano gli aspetti e quali conseguenze possano prodursi nel momento che si ponga la necessità di un lavoro comune.

Nelle varie epoche ci sono stati momenti in cui le frizioni si sono attenuate e momenti in cui al contrario sono state presenti in misura anche molto rilevante: provocando situazioni e soluzioni risultate poi

comunque importanti per lo sviluppo della ricerca in entrambi i campi. E sono frizioni che nascono da differenze di formazione, di abitudine: a causa di mentalità e metodologie differenti sono riscontrabili infatti atteggiamenti spesso assai distanti. Basterebbe pensare al diverso significato che lo scienziato e il musicista danno, per esempio, alla parola *ricerca*: tutti e due i significati sono naturalmente validi, ma la differenza rende spesso difficile una reciproca comprensione. Il diverso modo di operare potrebbe anche essere esemplificato dalla differente valutazione della scienza e dell'arte nei confronti di esperienze delle epoche precedenti: la scienza – come è stato detto – valuta infatti ed utilizza secondo modalità che potrebbero essere definite di *accumulazione*: ossia, i dati precedenti vengono ad unirsi con – quelli attuali per soluzioni che a loro volta serviranno in futuro (naturalmente ci sono poi dei momenti, dei nodi in cui questa situazione può venire profondamente modificata o addirittura sconvolta, e l'accumulazione allora si forma di nuovo, su altre basi). Invece, nell'operare artistico, il procedimento assume caratteristiche diverse, definibili non più come accumulazione di dati, ma come *stratificazione*: nel senso che ogni generazione può anche non utilizzare – e succede infatti spesso che non utilizzi – i dati della generazione precedente: essi vengono in certo modo messi da parte, dimenticati o respinti; rimangono latenti e magari poi riappaiono in un momento successivo.

Riassumendo, di queste differenze – e delle difficoltà che ne derivano – occorre tener conto, proprio per rendere possibile nel lavoro comune una verifica sempre più approfondita di ipotesi auspicate da tempo ma solo ora realizzabili, grazie alla tecnologia e all'indagine scientifica. Comunque adesso, per un tentativo di risposta al tema che ci siamo dati, possiamo cominciare dando la parola a Francesco Guerra.

**Francesco Guerra**

*Fisico teorico, Dipartimento di Fisica, Università di Roma*

Alla discussione di questa sera viene proposto un tema estremamente vasto ed interessante, che si presterebbe ad una serie molteplice di considerazioni. Per mantenersi in limiti di tempo ragionevoli, è necessario fare delle scelte, limitandosi ad illustrarne solo alcuni aspetti.

Credo che sia un'opinione comune, molto diffusa, che tra musica, o anche arte in generale, da una parte, e scienza, dall'altra, esista in effetti un vero e proprio rapporto conflittuale, nel senso che le cate-

gorie mentali adoperate, i modi di procedere e gli obiettivi da raggiungere vengono visti come totalmente diversi. Una manifestazione particolarmente significativa di questa opinione è per esempio costituita dall'affermazione secondo la quale la musica si spiega e si intende tramite la musica stessa.

In realtà un'analisi più approfondita mostra che questo rapporto conflittuale può essere superato, arrivando ad individuare vaste zone di confronto, di interesse sia culturale che pratico, dove arte e scienza, pur conservando i loro caratteri peculiari, possono trovare stimoli e motivi per un arricchimento reciproco, tramite un possibile intenso interscambio di opinioni, di idee e di tecniche mentali.

Nel corso di questo intervento sarà sviluppato un tentativo, necessariamente in forma schematica e frammentaria, per delineare alcuni degli aspetti di quest'area comune di confronto. Innanzitutto è opportuno effettuare una drastica riduzione semplificatrice su uno dei termini del confronto. Invece di considerare la scienza in generale, che è un settore di estrema vastità comprendente discipline molto diverse tra di loro e con livelli disomogenei di maturazione concettuale, è conveniente limitarsi alla Fisica, vista come un corpo disciplinare omogeneo, di impianto storico relativamente recente, che ha mostrato, dopo la rivoluzione Galileiana, l'enorme efficacia (nel bene e nel male) dei suoi metodi sofisticati di tipo matematico-sperimentale per l'investigazione della realtà fenomenica.

Naturalmente questo non significa che altre scienze, quali la matematica, la biologia, la chimica, non abbiano un ruolo nello schema che sarà delineato nel seguito. La riduzione proposta, in cui è senza dubbio ravvisabile l'influenza di una certa deformazione professionale, è adottata per poter dare una forma molto semplice al ragionamento, resa possibile anche dall'elevato grado di maturazione concettuale e coerenza metodologica offerto dalla fisica moderna.

Analogamente, sull'altro versante, sempre per semplicità di esposizione, è conveniente operare una espansione, passando dal campo della musica a quello delle espressioni artistiche in generale, dove un complesso di messaggi visivi, acustici, scritti, ..., opportunamente strutturati nel contesto di pratiche storicamente determinate, è destinato a suscitare un insieme di risposte estetiche. Ad un livello più modesto, ma forse più facilmente raggiungibile, lo schema che sarà delineato nel seguito permette anche la considerazione dei fenomeni linguistici generali, nell'ambito dello studio delle proprietà dei messaggi, opportunamente strutturati, che trasmettono informazioni nel corso del tempo.

Nell'ambito della fisica, mediante un complesso intreccio di metodi di natura matematica e sperimentale, viene studiata la struttura

della materia, nelle sue varie articolazioni, cercando di determinarne le caratteristiche fondamentali, espresse da leggi e principi naturali e convenzionalmente formalizzate in modelli determinati.

Esaminando da un punto di vista globale l'intervento complessivo della fisica nello studio dei fenomeni naturali, è possibile individuare immediatamente delle zone di frontiera, dove molti problemi si presentano ancora aperti e dove quindi la ricerca è più intensa ed interessante e produce la continua formazione di nuovi risultati che spostano in avanti la frontiera stessa. Schematizzando enormemente è possibile caratterizzare tre principali zone di frontiera. Una è certamente costituita dai fenomeni che si svolgono su scala spaziale e temporale molto grande, come quelli affrontati dall'astrofisica. Affascinanti argomenti di ricerca in questo settore sono dati dallo studio della struttura delle galassie e di quella dell'Universo nella sua globalità e nella sua evoluzione.

Complementare a questa zona di frontiera, ma ad essa strettamente connessa, è l'altra costituita dai fenomeni che si svolgono su scale spaziali e temporali molto piccole. Passando dai livelli macroscopici a quelli molecolari, atomici e nucleari, arriviamo al livello delle particelle elementari e dei costituenti più profondi della materia. Nel settore delle particelle elementari si sviluppa una ricerca di frontiera estremamente attiva, che comprende sia gli aspetti teorici, affrontati mediante complessi metodi matematici e di simulazione numerica al calcolatore, sia gli aspetti sperimentali, che coinvolgono l'utilizzazione di gigantesche macchine acceleratrici, che producono i proiettili estremamente penetranti necessari per l'investigazione delle proprietà più profonde e fondamentali della materia.

Accanto a queste due zone di frontiera, facilmente individuabili anche dai non esperti, ne esiste, sorprendentemente, una terza, in cui intervengono tipicamente oggetti e fenomeni, che, nonostante si svolgano su scale spaziali e temporali non necessariamente molto piccole o molto grandi, tuttavia mostrano comportamenti la cui completa comprensione risulta estremamente difficile.

Questa zona di frontiera può essere convenzionalmente caratterizzata da un termine tecnico, detto "complessità", di cui cercheremo di chiarire il significato, in termini necessariamente qualitativi ed approssimati, con qualche esempio, che mostri in particolare la differenza tra il significato scientifico del termine e quello del linguaggio comune.

Come primo esempio, consideriamo il contorno di un profilo montagnoso. Questo contorno potrà essere molto complicato, con seghettature che si susseguono in forme peculiari e asperità di tutti i tipi, per cui, se vogliamo disegnarlo, oppure inserirlo, con opportuna

codifica, nella memoria di un calcolatore, abbiamo bisogno di un numero molto grande di informazioni. Nonostante la complicazione, per questo esempio non si applica la nozione tecnica di "complessità". Supponiamo infatti di effettuare, a partire da un determinato profilo, alcune piccole modifiche, variando qua e là le seghettature o le forme dei profili. Otterremo ancora un contorno che sarà interpretabile come profilo di una catena montagnosa, anche se diversa. In questi casi, quindi, piccole modifiche, comunque effettuate, non mutano in maniera drastica le caratteristiche qualitative degli oggetti considerati, che conservano la loro natura pur modificandosi.

Consideriamo ora un caso completamente diverso, preso per esempio dalla biologia. Negli organismi viventi le reazioni chimiche, necessarie al metabolismo vitale, sono regolate tramite particolari catalizzatori di natura proteica detti enzimi e prodotti dalle cellule.

In generale le proteine sono lunghe sequenze di particolari aminoacidi disposti in maniera predeterminata e controllata dall'informazione genetica depositata nel nucleo cellulare. Se consideriamo una particolare proteina, che svolga una funzione biologica, per esempio l'emoglobina del sangue, possiamo immaginare di effettuare delle piccole modifiche, o mediante sostituzioni di aminoacidi oppure tramite inversioni nell'ordine di successione degli stessi aminoacidi. Notiamo che queste piccole modifiche possono avvenire effettivamente nella realtà biologica come conseguenza di mutazioni genetiche. Gli effetti di queste modifiche mostrano delle caratteristiche sorprendenti. Infatti vi possono essere alcune modifiche, anche non piccole, che non mutano le proprietà biologiche della proteina, mentre vi sono altre modifiche, anche piccolissime, che producono la totale distruzione della funzione svolta dalla proteina. In alcuni casi fortunati vi possono essere addirittura delle modifiche che ne migliorano la funzionalità.

La profonda differenza, riscontrata nei due esempi precedenti, agli effetti delle conseguenze di piccole modifiche, giustificano l'applicazione del termine "complessità" nel secondo caso. È facile immaginare molti altri esempi di casi analoghi dei due tipi ed è anche facile rendersi conto che nella musica, ed in generale nelle altre manifestazioni artistiche, si producono delle situazioni che, per alcuni versi, rendono giustificato il termine di "complessità", nel senso prima specificato.

Questa osservazione costituisce l'elemento di cerniera che, nello schema qui delineato, può aiutare a precisare una zona comune di confronto tra arte e scienza.

Nel campo della fisica esistono molti fenomeni in cui si riscontrano i caratteri della "complessità". L'elemento comune che li carattere-

rizza è costituito dalla presenza di forti instabilità dinamiche, che producono un comportamento detto "critico", in cui piccole modifiche quantitative possono produrre drastiche modifiche qualitative. Comportamenti di questo tipo si riscontrano per esempio in alcune transizioni di fase e nei fenomeni di turbolenza.

In questa zona di frontiera per la ricerca in fisica si svolge un'attività molto intensa, di grande rilievo anche per le applicazioni. Basti ricordare il problema del confinamento dei plasmi ad altissima temperatura, necessario per l'effettuazione della fusione termonucleare controllata, possibile fonte praticamente inesauribile di energia.

La presenza di elementi comuni, legati alla "complessità", tra le manifestazioni di tipo artistico, in particolare musicale, e una vasta area di ricerca scientifica rende importante, agli effetti della ricerca stessa, lo studio delle caratteristiche generali dei messaggi strutturati prodotti dalle varie manifestazioni artistiche, con l'intento di costruire dei modelli che ne formalizzino gli aspetti essenziali. Da questo punto di vista quindi le pratiche artistiche potrebbero costituire un utile campo di indagine scientifica.

Dall'altro verso, coloro che sono coinvolti in attività artistiche, in particolare musicali, potrebbero ricavare utili informazioni dalla conoscenza del tipo di formalizzazione che viene sviluppato in fisica per fenomeni con caratteristiche molto simili a quelle riscontrate in campo artistico.

In conclusione si può affermare che le caratteristiche di "complessità" possono costituire uno degli elementi che debbono confluire nella precisazione dell'area di confronto culturale e pratico tra arte e scienza, che capovolga il rapporto conflittuale in un complesso di motivi di arricchimento reciproco, nel rispetto delle peculiarità di ciascun settore di attività umana.

Fausto Razzi

Pregherei ora Jean Claude Risset di intervenire come musicista, quindi sull'altro versante del problema.

Jean Claude Risset

*Compositeur, Centre National de la Recherche Scientifique, Marsiglia*

On a parlé de camps adverses où se retrancheraient musique et science. Or, si je me sens avant tout musicien, j'ai un pied dans chaque camp, sans avoir le sentiment d'être déchiré, ni de souffrir de

dédoubllement de personnalité. A tout de rôle ou en même temps, j'ai été considéré socialement (payé) comme musicien ou scientifique. J'ai joué, et surtout composé, des musiques instrumentales et aussi des musiques numériques, dont j'ai produit le matériau sonore à l'aide de l'ordinateur. Mon activité scientifique, commencée en physique nucléaire, s'est surtout exercée dans les champs de l'acoustique et de l'informatique musicale et de l'étude de la perception auditive. La plus grande partie de mon travail scientifique est liée à des motivations musicales: mais parfois la musique a été l'occasion, le terrain d'étude d'une investigation purement scientifique.

Sans doute mon propos et mon attitude ne sont-ils pas les mêmes suivant que je m'engage dans une activité scientifique ou musicale; et j'ai parfois ressenti douloureusement la suie du temps, l'ajournement sine die d'un projet musical, lorsque je me consacrais à une exploration scientifique et mettais entre parenthèses l'urgence d'une réalisation pour préserver la sérénité de la démarche: conflits d'horaires, d'emplois du temps entre des domaines différents dans leurs modalités comme dans leurs buts. Pourtant je n'ai pas ressenti d'antagonisme entre ces deux activités. C'est sans doute que je refuse l'idée d'une hiérarchie, d'un rapport ancillaire, d'une subordination de la science à la musique ou inversement. Comme l'a indiqué Johan Sundberg, c'est lorsqu'une des disciplines prétend assujettir l'autre que se développe un rapport conflictuel.

J'ai vécu de tels conflits quand j'ai commencé, il y a plus de vingt ans, à utiliser l'ordinateur pour la création musicale. A cette époque, les ordinateurs étaient encore des monstres coûteux qu'on ne trouvait que dans les laboratoires scientifiques: le musicien devait s'y introduire, presqu'en parasite. Cette intrusion fut ici et là encouragée par d'éminents scientifiques – comme Pierce et Mathews aux Bell Laboratories – ressentant l'obligation morale de faire bénéficier la musique des possibilités techniques nouvelles, mais conscients aussi de la promesse de retombées proprement scientifiques. Mais, le plus souvent, dans un laboratoire, une activité musicale est considérée comme futile, capricieuse, illégitime, de plus certains scientifiques ont une tendance redoutable à maquiller leurs options musicales en théories pseudo-scientifiques paraissant revêtir le caractère invincible de la scientificité. Cet abus peut à bon droit effrayer ou révolter les musiciens: la rigueur d'une démarche, pas plus que l'usage d'une technologie prestigieuse, ne peuvent avoir de prétention à fonder la valeur esthétique du résultat. Toute justification "scientifique" d'une pratique est exorbitante, elle assigne indûment à la science des prérogatives prescriptives. On a vu au Laos ou au Cambodge les conséquences funestes du recours abusif à une prétendue scientificité pré-

tendant légitimer l'imposition de systèmes sociaux mariant orthodoxie et terrorisme.

Mais la science peut elle aussi mal respirer dans les institutions musicales; on la redoute, on la méprise aussi: elle sait "tout sur rien", et, comme le dit Victor Hugo, elle "va sans cesse se raturant elle-même", alors "qu'un chef d'œuvre artistique est une fois pour toutes". En regard de la facilité insolente de l'invention inspirée, la démarche du chercheur peut paraître laborieuse et sans grâce, ses progrès insignifiants, dérisoires, ses certitudes microcosmiques. Aussi le scientifique est-il parfois traité comme un citoyen de seconde classe, à qui l'on ne demande que des prestations de service; son activité est hachée par les urgences de production, soumise aux désirs — parfois aux caprices — des musiciens-créateurs.

Et pourtant l'invention peut être scientifique aussi bien qu'artistique. Il arrive, dans une collaboration musicien-scientifique, que la contribution du scientifique soit la plus inventive. La création scientifique fait souvent appel à une vision sensible, intuitive, synoptique, qui ramasse toute une démarche discursive: l'art n'en a pas le monopole — il recourt souvent aux données ou aux idées scientifiques comme source d'inspiration ou comme thème de création. L'imagination visionnaire de Varèse avait été vivement frappée par la science, et aussi par les possibilités ouvertes par la technique: l'existence du "dynamophone", gigantesque centrale électrique à sons construite à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle par Cahill, lui avait fait percevoir le futur du "son organisé".

Art et science naissent tous deux d'une nécessité interne, d'un désir brûlant. Et ces deux disciplines "ennemis" peuvent s'inspirer mutuellement. On sait ce que la science a pu apporter à la musique — par ses retombées technologiques bien sûr, mais aussi par ses visions, ses suggestions théoriques ou poétiques. Comme le disait Valéry: "Ni la matière, ni l'espace, ni le temps ne sont, depuis vingt ans, ce qu'ils étaient depuis toujours. Il faut s'attendre que de si grandes nouveautés transformant toute la technique des arts agissent par là sur l'invention elle-même, allant peut-être jusqu'à modifier merveilleusement la notion-même de l'art". On a moins conscience des apports de la musique à la science. La première physique fut musicale: c'est dans l'étude de phénomènes musicaux que Pythagore a appliqué l'arithmétique à l'étude des phénomènes naturels. Galilée, établissant les fondements de la dynamique, aurait eu recours aux capacités rythmiques de moines musiciens qui comptaient en mesure pour lui servir de chronomètre. C'est dans les automates musicaux — avant les métiers à tisser — qu'est apparue pour la première fois la mémorisation d'instructions codées sur rouleaux ou bandes perforées.

Lee de Forest visait la production d'oscillations électriques musicales lorsqu'il a inventé "l'audion" – la lampe triode, pierre angulaire de l'électronique. Les notations musicales ont précédé – annoncé? – les coordonnées cartésiennes; bien d'autres concepts furent mis en oeuvre implicitement en musique avant d'être dégagés en mathématiques, comme la notion de modulo arithmétique, celle de groupe de transformations: selon Yves Hellegouarch, mathématicien et violoncelliste, la considération approfondie du phénomène musical pourrait stimuler une invention mathématique moins discursive, plus intuitive et holistique. La musique est une activité qui engage tout l'être, avec ses ressources sensorielles et cérébrales, perceptives et motrices: ses exigences poussées ont souvent forcé la technique à progresser, des époques primitives à la lutherie informatique; et l'analyse des pratiques musicales pose des énigmes stimulantes à la science, qui doit rendre compte de phénomènes structurés et hautement complexes. Cinquante ans avant Chomsky, le musicologue viennois Schenker a introduit une théorie de la musique tonale faisant déjà appel à la notion de grammaire générative. Les particularités de la perception musicale apportent une contribution précieuse à la connaissance de l'organisation auditive du successif et du simultané. Les musiciens peuvent tirer parti de leur représentation détaillée du domaine sonore, riche de points de repère, en dehors du champ musical: bien des chercheurs musiciens (citons Olive, Lindblom, Sundberg, Lieberman) ont apporté des contributions décisives à la recherche sur la parole; et Nilssone et Sundberg ont montré récemment que la réussite des musiciens était meilleure dans certaines tâches non musicales.

La technologie se nourrit de la science, et elle bouleverse le monde: elle a amené dans le domaine sonore une double révolution. Révolution électrique: le son peut être gelé, mis en conserve, créé ex nihilo, traité par l'électricité et l'électronique; la musique qu'on entend aujourd'hui émane le plus souvent de haut-parleurs. Et révolution informatique: l'ordinateur est un outil d'un type nouveau – outil intellectuel et matériel polyvalent; on est loin encore de mesurer jusqu'où iront ses possibilités et son influence. Révolutions à l'image d'une révolution géologique, plus que lente, "immobile à grand pas": les couches anciennes y subsistent, mais dans une perspective changeante.

Tirer parti pour la création d'instruments scientifiques polyvalents, mais développés pour d'autres fins, représente un défi difficile: c'est le dévoiement des outils scientifiques et techniques pour faire de la musique qui a donné droit de cité à la recherche musicale. Ici musique et science sont partenaires. La recherche musicale (je ne

parle pas ici des études musicologiques, mais de celles qui visent à préparer la création musicale) fait constamment appel à la science et à la technologie comme outils de connaissance et d'action, ses contributions sont souvent justiciables des mêmes critères épistémologiques, et nombre d'entre elles sont significatives du point de vue scientifique. C'est l'exploration des ressources de la synthèse des sons par ordinateur – recherche cumulative à laquelle ont contribué scientifiques et musiciens – qui a le plus apporté à notre connaissance du son et de sa perception. L'organisation auditive est très spécifique, elle traduit, "transmuet" les relations entre paramètres physiques – que spécifie le compositeur – en relations entre paramètres sensibles: il est important de comprendre les modalités de cette transmutation, qui est moins transparente qu'on ne le croît, pour pouvoir en jouer au lieu d'être joué par elle, pour que puissent être audibles les structures musicales imaginées. On peut alors faire naître des simulacres, des mirages acoustiques, faire surgir des êtres labiles dans un monde sonore illusoire mais prégnant, susceptible de rencontrer le monde sonore réel mais aussi d'en diverger complètement.

Le recherche musicale peut ainsi répondre à des désirs musicaux, mais aussi leur donner une forme nouvelle, déplacer les champs d'action, rendre la musique plus complexe, plus consciente. Pour se déployer, la recherche musicale doit fleurir dans des contextes divers, et ne se cantonner ni aux laboratoires ni aux institutions musicales. La recherche musicale est susceptible localement de critères scientifiques, et, comme la science, elle a un aspect social, dépassant la subjectivité de son auteur; cependant son enjeu ultime n'est pas celui de la science. Inutile de s'appesantir sur le fait que l'art ne progresse pas: mais la musique doit toujours créer, aller ailleurs, et ne pas tourner le dos frileusement aux choix d'une société où science et technologie jouent un rôle central. En dernière analyse, la justification de la recherche musicale réside surtout dans la validité des créations qu'elle sous-tend, et plus généralement dans son impact sur les conceptions, les pratiques et la création musicale.

L'ordinateur est souvent invoqué pour justifier des pratiques dont il n'est en fait que l'instrument efficace – représentation normalisée ou réductrice, dépersonnalisation informatisée, gestion quasi policière. Or l'ordinateur n'est pas un outil préfabriqué, mais plutôt un atelier permettant à chacun de concevoir et de mettre en œuvre ses propres outils, qui peuvent être raffinés, spécifiques, personnalisés. La musique peut ici jouer un rôle critique et démythifiant. L'informatique a souvent donné lieu à des caricatures de musique: parvenir à "musicaliser" l'ordinateur, à pénétrer avec lui au cœur du son, à lui faire véhiculer une complexité authentiquement musicale, c'est

donner l'exemple, contribuer à rendre plus conviviaux nos partenaires informatiques, qui risquent d'être de plus en plus présents, qu'on le veuille ou non; c'est aussi dénoncer le recours à l'ordinateur comme alibi de pratiques inhumaines.

Les disciplines sont multiples, l'homme est un – il n'est pas unidimensionnel, la musique et la science non plus. Même si elle tire son prestige collectif de ses applications, la science vise à une connaissance. La musique est elle aussi un mode de connaissance: plutôt qu'à décrire, elle cherche à suggérer un monde qui pourrait être; plus gratuite, elle est moins démunie peut-être que la science pour aborder ce qui nous dépasse. N'est-ce pas un peu l'honneur et la gloire d'une société qui sont en jeu lorsqu'il s'agit de réconcilier science, technologie et recherche, avec les arts, qui laissent la trace la plus durable d'une époque et de son immaginaire humain?

Fausto Razzi

Grazie a Jean Claude Risset: ora la parola a Pestalozza.

Luigi Pestalozza  
*Musicologo, Accademia di Brera, «Musica/Realtà», Milano*

Affronterò il tema in maniera un po' diversa dai colleghi che mi hanno preceduto; anche se condivido l'impostazione, in qualche modo riduttiva, di Guerra. Guerra proponeva, se ho ben compreso, di guardare alle sole scienze che attengono storicamente alla musica, che oggi sono implicate nel rapporto con essa. Su questo sono d'accordo, ci aiuta a capire e definire meglio il rapporto, il ruolo reciproco dell'una per l'altra. Anche la musica per la scienza, nel senso che ne qualifica la molteplicità davvero fantastica dei ruoli, se fra i suoi ruoli c'è anche quello musicale. Perciò preferisco parlare di scienza e musica anziché di tecnologia e musica. Ma una tale impostazione del problema offre già il vantaggio che mi pare principale, che ritengo importante: quello di vedere come musica e scienza, per quanto agiscano l'una sull'altra, siano cose diverse, separate. Insisto su questo loro essere separate, sulla necessità di essere coscienti che lo sono, di praticare la loro separazione. Si evitano i molti, ideologici equivoci nei quali altrimenti si finisce. Nei quali si è fatto in modo, ieri e oggi, che si finisse. La musica è anche scienza e la scienza è anche musica, ma la pretesa che questa sia nobilitata da quella (dalla sua razionalità) e quella da questa (dalla sua irrazionalità), dipende dal-

la determinazione sociale allo scambio dei valori, a porre il valore di scambio al centro dei rapporti pratici e intellettuali. Intendo dire che la determinazione sociale della alienazione, falsa il rapporto concreto fra musica e scienza, per proiettarlo in un astratto scambio, perfettamente alienato, del valore dell'una in quello dell'altra, o dunque per proiettarlo nel valore del loro scambio, che è il solo rimasto in vita dopo la negazione della scienza e della musica come autonomi valori, se posso dire, d'uso. In questa maniera le stesse funzioni (reciproche) della musica e della scienza finiscono alterate.

Penso, poniamo, alla *querelle* settecentesca fra Rameau e Rousseau, il primo sostenitore di un'idea razionale, di un sistema armonico razionalmente motivato, della musica. Sostenitore della musica *come matematica*. Grande, insostituibile *inventore* dell'armonia tonale. Ma *inventore*, per usare il termine scelto, due secoli dopo, per se stesso, dal distruttore dell'armonia tonale, Schönberg, nel momento in cui appunto inventa il suo sostitutivo, la dodecafonia. Il secondo, Rousseau, sostenitore, al contrario, di un'idea della musica come sentimento, irrazionale se vogliamo, in realtà radicata nella materialità o naturalità dei sensi. Rousseau, ben inteso, l'*Enciclopedista*. Ma se nella disputa è stato Rousseau a prevalere, è stato perché a differenza di Rameau separava la musica dalla scienza, senza negarne i rapporti. Anzi, proprio nella polemica con Rameau, Rousseau insiste sull'autonomia dei due mondi sia pure interdipendenti, intuendo ciò che oggi ci risulta chiaro, e che qui è stato già accennato; insiste cioè sul fatto che tantopiu si identifica la loro autonomia, tantomeglio diventa chiaro in che cosa reciprocamente si servano: la scienza alla musica perché sia sempre più musica, e la musica alla scienza perché sia sempre più scienza. Se guardiamo oggi e nella nostra storia occidentale da Pitagora in poi, vediamo che nei momenti in cui musica e scienza si sono più avvicinate, si sono più condizionate, la scienza non ha fatto diventare scienza la musica, né la musica ha fatto diventare musica la scienza. Si sono operati invece dei trasferimenti di scienza nella musica che diventava così più musica, e di musica nella scienza che diventava così più scienza. Attenzione dunque alle tediote e ingannevoli apologie, soltanto ideologiche, della matematica che conquista la musica, ovvero della musica che è matematica. Naturalmente la matematica le è indispensabile, ma solo la pretesa ideologica (quanto mai figlia del razionalismo borghese) che matematica, scienza, persino tecnologia risolvono i conflitti e problemi degli uomini, ha potuto ridurre la musica, anche in tempi recenti, a ciò che le è fisiologicamente necessario.

In tempi recenti. Mi riferisco all'età di Darmstadt, alla teoria della matematizzazione radicale delle strutture formative della musi-

ca, della scientifizzazione totale dei metodi di produzione musicale, a partire appunto dalle analisi scientifiche e matematiche del materiale musicale inteso neopositivisticamente, quale oggetto regolato dalle proprie interne leggi di formazione, e di sviluppo, conoscibili e praticabili mediante (ancora) la matematica, la scienza. Certo, in quegli anni di radicalismo neopositivistico, molti si sentivano molto sicuri, molto scienziati, molto liberati dall'irresponsabilità dell'immaginazione che non per nulla anche in musica si volle pochi anni dopo, per reazione, *al potere*. Si sentivano, e in qualche misura (ma critica) mi sentivo anch'io sollevato dal peso dell'imprevisto musicale, cioè della musica come scienza (certo) ma umana, autonoma. Insomma prevalse, nel nome della scienza, un meccanicismo, un determinismo, che per contraccolpo rianimò (almeno in Italia) l'estetica crociana del valore estetico, il falso problema del bello come discriminante della legittimità storica della musica. In realtà furono interessanti le reazioni, proprio in seno a Darmstadt. Da una parte Nono, con la celebre conferenza darmstadtiana del 1959, con il suo fermo richiamo, venato di marxismo, alle storie degli uomini e delle loro attività, che si intrecciano ma non si confondono (con il richiamo a fare la musica con la scienza, e questa con quella, uscendo dalle paralizzanti metafisiche del materiale sonoro nelle quali l'avanguardia postseriale era entrata); dall'altra parte Boulez, con l'alea, il rovescio esatto, illuministicamente riferito alla musica come attività dei sensi e del pensiero insieme, che destinerà presto la scienza (della e per la musica) nel suo luogo deputato, l'Ircam; da un'altra parte ancora, Cage, irrotto nell'Europa darmstadtiana con le sue teorie e pratiche *anarchiche*, di destrutturazione estrema del rapporto ordinato e costituito (darmstadtiano compreso) fra individuo e suono, fra società e suono, fra scienza e musica (infine). Ma se è significativo che proprio in questa congiuntura, nel passaggio fra gli anni Cinquanta e quelli Sessanta, Varèse acquista finalmente l'autorità che finora non gli era stata pienamente riconosciuta, è ancora più significativo che ciò avvenga nel momento in cui viene abbattuta l'utopia, o l'ideologia, della Darmstadt strutturalista, o se vogliamo scienziata. Eppure Varèse era il musicista del paesaggio sonoro urbano, della società industriale, che entra nella musica; era il musicista che forse più e prima di ogni altro si era posto (già negli anni Venti) il problema della produzione elettroacustica dei suoni, della musica che si incontra con l'elettronica. Lui e Busoni. Ma, Busoni a parte, quando Varèse definirà la musica "suono organizzato", non l'imprigionerà affatto in qualche processo di scientifizzazione. Il suono organizzato di Varèse è il suono della musica organizzata nell'età della scienza (se così posso dire), della musica che si organizza in base a ciò, a questo

ambito di ricerca sonora. Perciò Varèse fu *riscoperto* dopo Darmstadt, quando Cage, Boulez, Nono ristabilirono, ciascuno a proprio modo, corretti rapporti fra scienza e musica.

Concludo con un'osservazione, a proposito di quanto già s'è detto sulle modificazioni nel modo di ascoltare, di recepire, di pensare la musica, di ragionare su di essa, dovute all'ascolto tramite radio, disco, altri media, anziché al vivo. Ebbene io voglio ricordare che una recente inchiesta sui consumi musicali condotta negli Usa, ha rilevato che oltre il 90% della musica ascoltata, è ascoltata via radio o disco o cassetta o televisione. Dunque ci troviamo di fronte a processi di trasformazione profonda nel rapporto (pratico, di giudizio, di pensiero, di comportamento) con la musica, a livello di massa. Ma non è su questo che voglio brevemente ragionare. Voglio piuttosto attirare l'attenzione sul fatto come questo processo si è intrecciato al tipo di impiego (musicale) dei mass media da parte dei poteri multinazionali che li controllano. Ne hanno imposto un impiego soprattutto riproduttivo: riproducono, non producono la musica. E questo è un punto importante. È importante la ricerca, avanzata, per esempio, in Urss (in una società diversa dalla nostra), la ricerca dunque di un linguaggio musicale radiosonico, televisivo, fonografico, autonomo, elaborato a partire dalle caratteristiche *strumentali* dei media. Ciò significa cambiare i rapporti, di indipendenza e al tempo stesso di dipendenza, fra mass media e musica al vivo. Vuol dire cambiare i rapporti fra musicista e mass media, fra tecnici e scienziati dei mass media e musica. Ebbene mi pare che dei passi avanti se ne stiano facendo, anche qui a Napoli, al convegno dello Iasm. Ho visto, in questo convegno, che il musicista che si crede scienziato e lo scienziato che si crede musicista, sono figure in declino, e che però declina anche la figura del musicista che considera lo scienziato un tecnico e di questo che considera quello un incompetente. Nascono, forse, nuovi discorsi, anzi nuovi dialoghi, cioè nuove prassi, cioè nuovi modi di vedere e praticare la musica e la scienza, o meglio il loro rapporto.

#### Fausto Razzi

Bene, mi accorgo che effettivamente il tempo di dieci minuti è un tempo utopico: comunque vorrei mantenere il punto, salvo poi una certa elasticità, diciamo così, *comprendensiva*. Dovrei aggiungere una o due osservazioni a quanto ha detto Pestalozza, e mi riservo di farlo in un breve intervento dopo aver passato la parola a chi ancora non ha parlato: prego ora Curtis Roads di intervenire.

Curtis Roads

*Massachusetts Institute of Technology, «Computer Music Journal», Boston*

I would like to first make a distinction between music, or the arts in general, and science, but also a third stream, which is technology. This separation has been addressed by all the speakers so far. Fausto Razzi talked about an ancient rapport between science, technology, and music and we certainly have ample evidence of that. The work of Leonardo da Vinci stands out, among many other efforts that can be traced into antiquity. Da Vinci, for example, designed a built a mechanical spinet and drum set in the 16th century. Computer music is the latest outgrowth of a cultural trend that has existed ever since people have been creating music, doing science, or making technology.

Professor Guerra talked about the objectives of science and art being different, and I also agree with this statement. One of the main things scientific research and artistic creation have in common in the 20th century is their technology, especially computer technology.

Jean Claude Risset talked about science and music being in conflict in traditional academic and research institutions. This continues to be the case. The Media Laboratory at MIT is only the latest example of this schism, which seems especially wide in the USA. Since the source of funding for such institutes is primarily high-technology corporations and scientific agencies, scientific research is strongly emphasized, with minuscule support given to purely artistic activities. Artistic efforts are valued only to the extent that they generate favorable publicity for the technical research, which brings in the money. This is not the most healthy climate for artistic production.

Finally, Luigi Pestalozza described how new electronic technology strongly influences music. This is another evident trend. As we have new instruments, we can create new kinds of music, as experiences with *musique concrète*, *elektronische Musik*, and *tape music* showed us decades ago.

I have additional two points to make that derive from my experience as editor of *Computer Music Journal*, which celebrates its tenth anniversary in 1986. Certain trends have been taking place within the past three years. One is that a computer music industry is growing, prompted by the success of personal computers. This industry appears to be very lively and healthy, at least in the United States, and it includes both large and small companies. A broad industry in computer music could not exist ten years ago.

Another healthy new trend is the emergence of computer music from research and academic institutions. In the past, computer music existed as a kind of rare, exotic flower, like an orchid that could only thrive with a tremendous infusion of money and under tightly controlled laboratory conditions. Since that time computer music has grown and diversified into several strong species of plants that are all emerging from the hothouse of academia. Today, computer music tools are going into the hands of individual musicians. This is indeed a welcome event.

### Fausto Razzi

Ringrazio il prof. Roads per il suo intervento e anche Nicola Bernardini per la traduzione. Penso che ora sia il turno del prof. Sundberg.

### Johan Sundberg

*Royal Institute of Music and Acoustics, Stockholm*

As a researcher in the field of music acoustics I do scientific research on music. This means that I try to find answers to the two classical question that scientific research raises, namely, HOW? and WHY?, and I try to pose these questions with regard to music.

I have no problem realizing that conflicts may arise in the combination of music and science. Scientists would be irritated if musicians tell them that they waste time solving unimportant problems, and musicians would be irritated if scientists tell them how to play. Also, conflicts may easily emerge when equipment is being shared. But these conflicts are not always of the type that Jean Claude Risset mentioned, that the composer has to patiently wait that the scientist finishes his work before he can use the computer for making music. In our lab we have a piano that is used both for acoustic experiments and for making music. There the scientists had to patiently wait for the musicians to finish using it for a rehearsal, before they could run away with the keyboard and hammers for experiments in the workshop.

I see a constant interaction between music and science. For instance, music always has profited from technology; an early example is the organ containing lots of applications of technology from various centuries. A more recent example are synthesizers and computers used for musical purposes.

However, the reverse also happens: science profits from music, and, actually I see more of this type of interaction in my daily work; after all, the reality that I try to describe and explain is music itself. Music often represents an interesting reality for scientific research, because it makes a systematic use of a number of robust perceptual effects, such as pitch, loudness, consonance etc. Also, the music instruments often use acoustic principles in a very efficient way. For example, it is relevant to voice science to find out how singers use their voices, because singers manage to produce quite loud sounds without hurting their voices, and many people run into voice problems because they do not know how to use their voices efficiently.

### Fausto Razzi

Io penserei di concedermi un piccolo spazio prima di passare a eventuali domande da parte del pubblico. Vorrei introdurre un elemento un po' più specifico: se è vero in linea generale che l'incontro — come abbiamo sentito — può avvenire, deve avvenire, è utile che avvenga, pur mantenendo ciascun campo le proprie autonomie e differenze, è egualmente vero che questo incontro si verifica già oggi *di fatto* nei vari centri di ricerca, nei laboratori di produzione musicale. Questi sono ormai abbastanza numerosi, ma mi sembra — dall'esame del modo con cui si è lavorato in alcuni di essi — che in qualche caso si debba rispondere affermativamente alla domanda sull'esistenza o meno di un rapporto conflittuale. Ci sono esempi di casi in cui il rapporto tra musicisti e scienziati, per un'azione per lo più involontaria degli uni o degli altri, si risolve in un modo di operare che forse totalmente conflittuale non è ma i cui risultati rappresentano una deviazione rispetto allo scopo iniziale, ossia quello di una ricerca e di una produzione *musicale*.

Voglio dire: indubbiamente il compositore si è trovato al centro di una vera rivoluzione, da quando lo strumento *elettronico* — specialmente negli ultimi anni — ha reso possibili operazioni affrontate per il passato in maniera certamente attenta ma mai così profonda (nel senso che ora è possibile entrare *nel suono*, e dunque lavorare partendo proprio dalla formazione di ciò che rende il suono interessante).

C'è però un problema: l'informatico, lo scienziato, il fisico sono senza dubbio coinvolti nella ricerca in questo specifico campo poiché appunto, sullo studio del suono e della sua riproduzione si incentra il loro principale interesse; il compositore invece rischia di *ridurre* il suo campo di ricerca, se questo si limita allo studio del suono: e infatti, benché questa *riduzione* fortunatamente non si verifichi sem-

pre, non si può negare che in molti casi l'attenzione del compositore appaia in qualche modo deviata dal principale oggetto della sua indagine, l'organizzazione di strutture sonore.

C'è da dire che oggi si è ancora spesso portati ad individuare nella disgregazione di una convenzione linguistica durata tre secoli la causa principale dei problemi compositivi: dimenticando che anche nel passato questo genere di problemi si è comunque presentato al compositore, dal momento che nessuno ha mai lavorato *pacificamente* sull'eredità della generazione precedente: e anzi in genere viene sottovalutata la distorsione provocata dalla lontananza storica, che tende ad appiattire, spesso ad annullare le differenze tra convenzioni linguistiche di epoche diverse, cosicché riteniamo simile ciò che invece è fondamentalmente differente. E poi, questa disgregazione si è prodotta circa un secolo fa, ormai, e mi sembra che si potrebbe convenire sul fatto che il problema della sopravvivenza — per così dire — sia stato risolto: in altre parole, esiste la possibilità di operare sulla base di convenzioni diverse, ormai comunque presenti nella nostra realtà. Il problema vero quindi — ossia la realizzazione di strutture sonore — va al di là del riferimento ad una particolare convenzione linguistica, ed è un problema di proporzioni strutturali: occuparsi quindi solo di strutture elementari — anche se di estrema importanza, come appunto nel caso del suono — può produrre un risultato limitato, un semplice catalogo di suoni complessi: e dunque un potenziale, pericoloso sbocco di un rapporto non risolto — ossia *confittuale* — fra differenti mentalità.

Vorrei fare qui una seconda considerazione, su un problema (egualmente importante tanto per il compositore che per il fisico) la cui corretta soluzione può nascere solo da un contributo paritetico da parte di entrambi gli interessati: parlo della possibilità — che esiste ormai da qualche anno e in misura sempre più affascinante — di utilizzare il calcolatore *in tempo reale*. Poter pensare, programmare e immediatamente verificare nella realtà sonora una realtà *immaginata* rappresenta un fatto di estrema importanza tanto per il fisico, l'informatico che è riuscito a realizzare il procedimento, quanto per il compositore che può controllare nel risultato — senza attese — il suo progetto, ed eventualmente modificarlo.

Tuttavia (e senza ovviamente negare l'importanza di una tale verifica immediata) mi sembra che sia però altrettanto importante non trascurare il ruolo fondamentale dell'immaginazione. Non si tratta qui di essere pro o contro il tempo reale: mi interessa mettere in guardia contro un'altra possibile deviazione del modo di operare del musicista: la *verifica* (elemento importante nel rapporto con strumenti tradizionali, ove però entra in gioco un'integrazione resa possibile

dalla storia che è alle nostre spalle, dalla coscienza dell'uso che di questi strumenti è stato fatto), la verifica – dicevo – *potrebbe* assumere qui l'aspetto di un elemento condizionante, nel momento in cui viene a stabilirsi un rapporto con uno strumento nuovo, e fondamentalmente diverso perché *senza storia*. Si tratta infatti di stabilire il confine tra stimolo e condizionamento: l'abitudine a misurarsi con una macchina che immediatamente risponda ad ogni tipo di sollecitazione potrebbe – in prospettiva – minimizzare quella fondamentale, necessaria componente dell'operare artistico che è, appunto, l'immaginazione.

A questo punto chiederei al pubblico se vuole porre qualche domanda. Il signore ha chiesto la parola, e lo pregherei quindi di utilizzare il microfono che sta da quella parte\*.

Leonardo da Vinci dice che non c'è scienza esatta senza matematica: io credo che non ci sia un rapporto di conflittualità tra musica e scienza. La musica è un rapporto non dico di grandezze ma di numeri addirittura. Noi dobbiamo considerare la musica, che è un'arte, e lo scienziato: essi non sono in opposizione, non hanno punti di discontinuità. Vi è poesia nella scoperta di una legge fisica, vi è poesia in un pezzo di musica. Anche l'architettura si dice che sia musica pietrificata. A proposito della matematica vorrei rivolgere una domanda, forse al professor Pestalozza: ho letto molti anni fa di un numero che ha un'importanza notevole nella scala musicale, la radice dodicesima di due. Riguardo poi ai computer, io non sono d'accordo di definirla musica computerizzata: per il semplice fatto che il computer non ha la fantasia, non ha l'emotività, non ha la creatività dell'artista, e quindi non può esistere una musica computerizzata. Caso mai il computer è uno strumento, come uno strumento è il violino, la chitarra e così via.

Luigi Pestalozza

Molto brevemente: se ho ben capito la domanda, si tratta da un lato del pericolo che la musica venga meccanizzata, e d'altra parte del fatto che la musica venga estrapolata dalle sue organiche nature musicali. Forse non mi sono spiegato: io non volevo dire questo. Voglio dire che in una società dove le divisioni sociali, materiali, del lavoro qualificano i rapporti tra gli uomini, queste divisioni qualifica-

\* Persona del pubblico non identificata.

no anche i rapporti tra le cose prodotte dagli uomini. E quindi un corretto rapporto tra scienza e musica, fra musica e matematica, musica e fisica nasce da una chiara idea delle distinzioni. Faccio un esempio di come l'interazione sia profittevole o modifichi la mentalità comune: mio figlio quindicenne, come tanti figli quindicenni in questi anni, si è fatto regalare un Commodore: oltre a programmare una scala temperata ha memorizzato al tempo stesso le declinazioni latine e tante nozioni di geografia. Io invece studiavo il pianoforte e, in un'ora successiva o precedente, studiavo il latino. La mente di un ragazzo — nei confronti della musica, della tecnologia, della scienza che gli sta alle spalle — è in una fase di profonda modificazione: guai però se entrasse in una fase di confusione, perché il risultato sarebbe quello di confondere la scala temperata con le declinazioni e prendere quattro a scuola, cioè nella vita.

### Fausto Razzi

A questo punto ho quattro nomi di persone che si sono prenotate. Poiché il tempo di cui possiamo disporre è ormai purtroppo molto ridotto, pregherei di fare interventi molto brevi, in modo da sentire prima tutte le domande e poi rispondere. La parola a Doati\*.

Mi sembra che si siano confuse due cose diverse in questa discussione. Da un lato abbiamo scienza e musica — questo era un po' il titolo della tavola rotonda — e io credo che non ci siano problemi, dato che convivono perfettamente. Il discorso poi si è spostato sul rapporto tra musicisti e scienziati: ecco, questa è una cosa diversa dal rapporto tra scienza e musica. Io credo che questo conflitto esista nel momento in cui si ritenga che l'avvento del computer non modifichi *di fatto* la situazione musicale contemporanea, ossia venga considerato, come spesso accade, un semplice strumento come gli altri. Non è assolutamente così. Questo è l'errore che si fa ad esempio con la televisione, quando la si considera nient'altro che un mezzo di ripresa come il cinema. La televisione è altro dal cinema: purtroppo, soprattutto in Italia, viene usata come una macchina da presa, ma la televisione è nata per fare altre cose: lo stesso avviene per il computer. Questo conflitto tra musicista e scienziato cade nel momento in cui si colgono invece gli stimoli che questo nuovo strumento ci dà

\* Roberto Doati, compositore.

e che secondo me sono quelli di avviare una ricerca. I musicisti hanno sempre ricercato. Che cosa si crea di nuovo con l'avvento dell'elaboratore? Si crea il fatto che può essere una persona sola a portare avanti questa ricerca, ossia non c'è bisogno - che so - del violinista per studiare e conoscere il violino, e poi scrivere per questo strumento. Con il computer è possibile fare una cosa del genere con una sola mente. Oggi esistono compositori - ne conosco personalmente più di uno - che non possono certamente essere definiti scienziati, ma che tuttavia posseggono conoscenze scientifiche che consentono loro di svolgere nello stesso momento sia il lavoro di compositore che quello di ricercatore. Attualmente c'è ancora bisogno degli ingegneri, dei fisici, degli scienziati per acquisire conoscenze, per ottenere nuovi strumenti di indagine, però è già possibile oggi che si crei questa nuova figura del compositore/ricercatore: credo che Jean Claude Risset ne sia stato il prototipo.

Fausto Razzi

Grazie a Roberto Doati. La parola a Tomassini\*.

Devo dire che sono contento del fatto che Doati abbia detto metà delle cose che volevo dire io: questo sia in termini di brevità, sia perché tra musicisti evidentemente si pensa allo stesso modo.

Volevo soffermarmi un attimo sul problema dei linguaggi, che Razzi ha toccato prima ma che ho sentito toccare anche da Pestalozza e da altri.

Secondo me il rapporto è tra musica e scienza e non tanto tra musicista e scienziato: e sul problema di questa incomunicabilità della computer music si è parlato forse anche troppo nel passato. Ora io voglio fare solo una considerazione: ed è quella che oggi a Napoli, in questi giorni, molta gente invece è venuta a sentire i concerti, anche perché i concerti vengono fatti in modo diverso: e questo dobbiamo dirlo, perché forse è proprio nella mancanza di idee musicali che va ricercata la causa di un certo scompiglio, e non nell'impiego di nuove tecnologie. Troppo spesso infatti si è discusso di questo problema, di questo impiego di nuove tecnologie: un problema che ha spiazzato il pubblico.

[A questo punto alcune interruzioni: Doati riprende la questione

\* Diego Fabrizio Tomassini, studente di musica.

della diversità di valutazione della diversità del nuovo strumento, terminando l'intervento con la frase: "senza offesa, è una questione di generazioni". N.d.C.]. In effetti il musicista non riusciva a giostrare il materiale, a mio avviso per una carenza di indirizzi, di ideologie, di rapporti con la società che si andava modificando in un modo che il musicista non riusciva a valutare. Ora la domanda è questa, e non è una vera domanda in effetti, però forse Pestalozza è il più adatto a rispondere: io volevo sapere se ci sono poi delle reali prospettive in questo momento – e mi riferisco all'Italia in senso linguistico e anche sociologico, perché di questo stiamo parlando – o se appunto il rapporto tra scienza e musica non dà aiuto alla maturazione di un nuovo linguaggio. In altre parole: in che modo l'informatica, la scienza, sta mutando la cultura del linguaggio in questo momento storico?

Fausto Razzi

Grazie Tomassini, ora la parola a Cocco\*.

Da questa tavola rotonda è emerso un pasticciaccio, che fondamentalmente è questo: i livelli estetici sono stati confusi con livelli di ricerca, tecnologici. Vorrei che invece queste cose fossero ben divise, perché noi di cosa parliamo? Parliamo di musica che si ascolta, quindi di fruizione musicale, oppure parliamo di composizione musicale, oppure parliamo di ricerca. A questo punto io non faccio una domanda specifica, ma voglio rivolgermi un po' a tutti. Personalmente credo – collegandomi anche con quello che ha detto Doati, che mi ha preceduto proprio su quello che volevo dire – che non si è parlato di una figura comune tra le due aree, quella scientifica e quella artistica, e che poi in fondo dentro a questa figura comune c'è una vera conflittualità: è la conflittualità tra arte e scienza.

È una conflittualità che possiamo risolvere anche in termini storici, come ha detto Pestalozza a proposito di Varese: possiamo parlare, come è stato detto, di pseudoscientificità e quindi di procedimenti scientifici inclusi in un ambito estetico. Quindi per quanto riguarda queste due grosse aree io parlerei più che altro di specializzazione e di despecializzazione, nel senso che il compositore (*musicista e scienzia-*

\* Enrico Cocco, compositore.

*Io*) usa un'area comune e si despecializza di ciò che aveva imparato precedentemente dalla composizione oppure si despecializza da quello che aveva imparato dalle scienze.

Fausto Razzi

Bene: ora la parola a Tisato\*.

Io vorrei portare un contributo più imparziale, non essendo musicista ma ricercatore (e tuttavia da un punto di vista privilegiato, in quanto ho visto passare nello studio di Padova molti musicisti). Drei che una ragione di conflitto si è prodotta nel trasferimento di conoscenze da una parte all'altra. Mi sembra che ci sia una fretta estrema, come se questa macchina – qualcuno l'ha definita "lo sciocco velocissimo" – spinga improvvisamente a voler risolvere tutti i problemi dell'umanità, compresi anche i problemi estetici, musicali ... C'è troppa fretta, abbiate pazienza. Mi sembra veramente che dal punto di vista del musicista (che ha una conoscenza intuitiva e per lui evidente) ci sia una certa difficoltà nel trasmettere questa conoscenza allo scienziato: e che lo scienziato abbia scopi e forse ritmi diversi. Questo problema, per me, è fondamentale. Per il resto, i fini – qualcuno lo ha già detto – non sono poi tanto diversi e possono portare veramente anche al superamento dell'impasse estetica che si è verificata nell'arte contemporanea.

Fausto Razzi

Grazie Tisato. E su questo invito a non aver fretta concordo anch'io, benché potrebbe sembrare che io debba aver più fretta degli altri, dal momento che si è parlato di generazioni. In ogni caso – tengo a ribadirlo – io ho accennato al fatto che certi fenomeni *potrebbero* succedere, e che quindi occorre stare attenti a che non succedano. Comunque adesso, Pestalozza, puoi rispondere a chi ti aveva chiesto direttamente di intervenire.

\* Graziano Tisato, ingegnere, direttore del Centro di Sonologia Computazionale di Padova.

## Luigi Pestalozza

Farò molto rapidamente un accenno alla questione delle generazioni. È questo un fatto che non riguarda solo i miei capelli bianchi ma soprattutto la storia degli uomini. Stiamo molto attenti – in ogni campo – a ragionare in termini di generazioni, perché ogni volta che una cultura ha ragionato in questi termini, quella generazione è stata sconfitta. La scuola positivistica tedesca di fine secolo ha prodotto una teoria biologica generazionale della storia che ha portato gravi tragedie; non voglio con questo caricarla di così gravi responsabilità, ma i luoghi comuni sono sempre portatori di teorie diffuse. Ogni volta che sento parlare, per esempio, di musica *giovanile* ho l'impressione precisa di quanto i giovani e la loro musica siano isolati in un falso privilegio e in una falsa identità culturale, che rappresentano un'espulsione anziché un'integrazione dei giovani nella società. È una loro sconfitta, è la sconfitta di una musica isolata naturalmente in grandi stadi che producono profitti immensi, che sono poi alla base di queste teorie.

Quanto ai mutamenti di linguaggio, certo, sono decisivi: mi sono sforzato di dire che ciascuno deve controllarli nel proprio ambito. Voglio fare soltanto un riferimento: i contatti del musicista con ambiti scientifici si sono sempre avuti, ma per quanto riguarda la particolare natura di quelli che qui ci interessano, ha avuto un profondo significato il contatto indotto – o se vogliamo *derivato* – con le relazioni che questi campi della scienza hanno con tutta una serie di altri: per esempio, con il campo dell'informazione e della comunicazione. Uno dei motivi dell'impasse è dato dal fatto che i problemi, i temi, le teorie della comunicazione e dell'informazione erano totalmente assenti dalla mentalità del musicista. Anzi, vigevano teorie aristocratiche dell'isolamento, della solitudine del ricercatore musicale, dell'indifferenza del prodotto musicale. Ricordo, a proposito del Klavierstück 2 di Stockhausen, una discussione al conservatorio di Milano su un problema di dinamica e di logiche seriali: l'autore sosteneva allora (non lo sosterrebbe certamente oggi) come fosse del tutto indifferente che un suono – il quale per ragioni di struttura doveva essere prodotto dal pianoforte – fosse segnato *pianissimo* e immediatamente dopo *forte* (l'obiezione era che non si poteva ribattere il tasto), proprio perché era del tutto indifferente l'esito sonoro in quanto ciò che importava era la logica scientifica. Questa non era soltanto una banalità, era una *struttura mentale*, era una teoria.

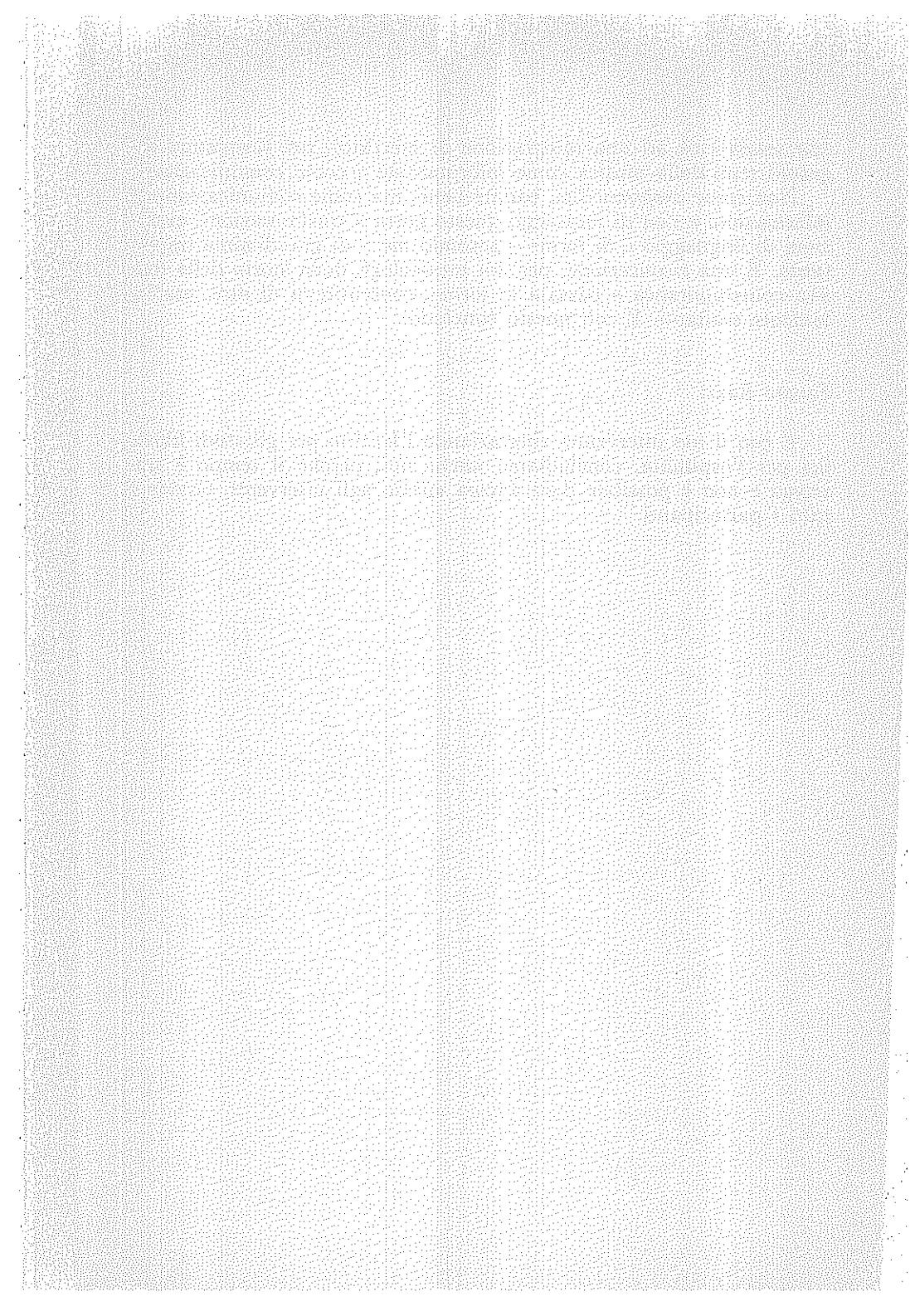
Oggi però si verifica un altro fenomeno, a poco a poco, con modificazioni profonde – qualunque sia lo strumento della composizione – della concezione del comporre nel compositore/ricercatore (in chi

non tenda cioè ad una integrazione di mercato), nel ricercatore dei grandi temi della musica come informazione e come comunicazione.

Non come *comprendibilità*, badate bene, ma come comunicazione di informazioni e non di messaggi: questo porta a trasformazioni, evoluzioni di linguaggio e di forme – secondo me – di grandissima importanza. È una riconcezione, per noi musicologi, della storia della musica contemporanea e passata in forme, consentitemi di dire, assolutamente esaltanti. E con questo concludo.

Fausto Razzi

E con il tuo intervento, ringraziando l'Istituto per gli studi filosofici per l'ospitalità, concludiamo anche noi, perché il tempo è trascorso e non è possibile dare ancora spazio agli interventi. Grazie a tutti i partecipanti.

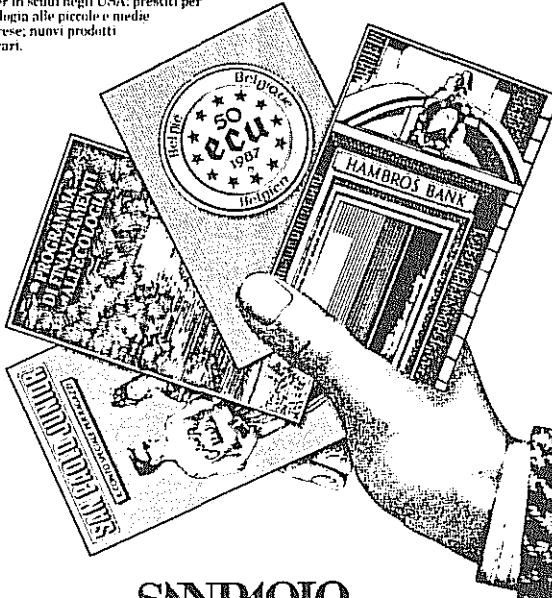


# San Paolo: una banca ricca. Di iniziative.

1986. 38 nuovi sportelli in Sicilia, una Filiiale a Parigi, l'acquisizione di una quota nella Hambros di Londra e del controllo nella Melita Bank di Malta, la costituzione di Sanpaolo Finance e di Sanpaolo Invest. E poi emissioni in eurolire; obbligazioni zero-coupon in ECU e commercial paper in scudi negli USA; prestiti per l'ecologia alle piccole e medie imprese; nuovi prodotti bancari.

Un anno denso per il San Paolo, caratterizzato da effervescente di idee, sviluppo di iniziative, grande dinamismo. Come l'87 e gli anni che verranno.

Fantasia, determinazione e serietà; soprattutto per questo il San Paolo è una banca ricca.



**SANPAOLO**  
ISTITUTO BANCARIO  
SAN PAOLO DI TORINO



---

Gli atti pubblicati in questo volume raccolgono quelli del Convegno "Musica e tecnologia" svoltosi dal 16 al 19 ottobre 1985 presso la Villa Pignatelli di Napoli.

Il convegno, organizzato dallo IASM (Istituto per l'Assistenza allo Sviluppo del Mezzogiorno), dall'Università di Napoli (Dipartimento di Fisica) e dall'AIMI (Associazione di Informatica Musicale Italiana), comprendeva tra l'altro la presentazione del progetto "Suono e Immagine" dello IASM, per la realizzazione di un centro di ricerca in area napoletana riguardante la produzione e la formazione nel campo dell'informatica applicata a suono e immagine. La proposta e le ipotesi di collaborazione tra industria, Università ed Enti locali proposto in quella sede rimandano certamente alla prima delle tre sezioni del convegno e quindi di questo volume, sezione dal titolo "Industria e cultura per lo sviluppo del Mezzogiorno" e specificamente organizzato dallo IASM.

La seconda sezione del volume, dal titolo "VI Colloquio di Informatica Musicale" e organizzato dall'AIMI e dal Dipartimento di Fisica dell'Università di Napoli, presenta i risultati più recenti della ricerca scientifica nel campo della "computer music".

La terza sezione infine, intitolata "Musica e scienza: un rapporto conflittuale?" e voluto dall'Istituto Italiano per gli studi Filosofici, riguarda un incontro-dibattito presieduto dal compositore Fausto Razzi con la partecipazione di musicologi, compositori, scienziati.

---