

FESTIVAL

# SPAZIOMUSICA '89

*manualità...informatica:  
quale pensiero musicale?*

VIII COLLOQUIO  
DI INFORMATICA MUSICALE

ATTI

# FESTIVAL SPAZIOMUSICA 89

REALTA' MUSICALI A CONFRONTO  
MANUALITA'... INFORMATICA: QUALE PENSIERO MUSICALE?

Cagliari 26 ottobre - 27 novembre

## VIII COLLOQUIO DI INFORMATICA MUSICALE

Cagliari 26 - 28 ottobre 1989

## ATTI

Conservatorio di Musica Giovanni P.L. da Palestrina  
Auditorium di piazza Porrino  
Auditorium Comunale piazza Dettori

Copyright 1989 by Associazione Spaziomusica L.S.R.M.

Finito di stampare nel mese di ottobre 1989  
dalla Litografia OFFSET ALESSIO TROIS Via Isola Tavolara 1/A

Fotocomposizione: PEGASO Computergrafica  
Copertina: Mow Mow da un'opera di Tonino Casula  
Progetto grafico: Attilio Baghino Roberta Nateri

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione puo' essere riprodotta in qualsiasi forma elettronica e meccanica, comprese fotocopie, senza l'autorizzazione da parte dell'Editore.

#### ENTI PROMOTORI

Ministero del Turismo e dello Spettacolo  
Assessorato alla Cultura del Comune di Cagliari  
Assessorato allo Sport, Cultura e Spettacolo della Regione della Sardegna  
AIMI / Associazione di Informatica Musicale Italiana  
CIDIM / Comitato Nazionale Italiano musica  
Conservatorio di Musica P.L. da Palestrina  
Università' di Cagliari/Facoltà di Magistero

#### COMITATO PROMOTORE

Francesco Agnello (CIDIM)  
Nino Bonavolonta' (Conservatorio di Cagliari)  
Giuseppe di Giugno (IRIS)  
Franco Oppo (Spaziomusica)  
Riccardo Leone (Spaziomusica)  
Luigi Pestalozza (Musica / Realtà')  
Nicola Sani (SIM)  
Alvise Vidolin (AIMI)

#### COMITATO ORGANIZZATORE

Fabrizio Casti  
Antonio Doro

#### UFFICIO STAMPA

Anna Laura Pau

#### SEGRETERIA

Hanelore Le Beau - Cordier Brini

#### COMITATO SCIENTIFICO

Lelio Camilleri (Conservatorio di Firenze)  
Antonio Camurri (Università di Genova)  
Lindoro Massimo Del Duca (Leonardo - SIM)  
Giovanni De Poli (Università di Padova)  
Antonio Doro (Spaziomusica L.S.R.M., Cagliari)  
Aldo Piccialli (Università di Napoli)  
Mario Baroni (Università di Bologna)

#### COMITATO MUSICALE

Guido Baggiani (Compositore)  
Nicola Bernardini (Tempo Reale)  
Fabrizio Casti (Spaziomusica L.S.R.M., Cagliari)  
Roberto Doati (Compositore)  
Fausto Razzi (Compositore)  
Alvise Vidolin (AIMI)

# NOTE DI CURA

FABRIZIO CASTI - ANTONIO DORO

Questo volume raccoglie gli Atti dell' VIII Colloquio di Informatica Musicale che si tiene a Cagliari dal 26 al 28 ottobre all'interno del Festival Spziomusica. Festival che quest'anno ha per titolo *manualità... informatica: quale pensiero musicale?* e che ha luogo presso il Conservatorio Giovanni P.L. da Palestrina e l'Auditorium Comunale.

Al Colloquio, specificamente organizzato dall'Associazione Spziomusica e dall'AIMI / Associazione di Informatica Musicale Italiana, è stato riservato di presentare i risultati ottenuti dalla *Computer Music* sia nel campo della ricerca scientifica, ad opera di ricercatori operanti e non all'interno di istituzioni, che in quello delle applicazioni musicali. Gli è stato riservato cioè il compito di occuparsi del concetto di *informatica* presente nel titolo.

Nel prosieguo del Festival, che comprende nove concerti, un seminario strumentale ed un seminario compositivo, si indaga invece sul concetto di *manualità*, intendendo con esso l'insieme delle tradizioni compositive ed interpretative che hanno distinto la creazione delle opere musicali prima dell'avvento del computer.

Le trentatré relazioni, tra cui quelle di alcuni ospiti stranieri, integrate da dimostrazioni illustrative, sono raccolte in otto sessioni così suddivise:

- Analisi e sintesi del suono
- Sistemi in tempo reale
- Sistemi Hardware
- Studio report

- Sistemi, algoritmi compositivi e composizione mediante elaboratore
- Didattica della musica informatica
- Musicologia
- Poster

Una tavola rotonda dal titolo *manualità ... informatica: quale pensiero musicale?*, mette a confronto le due diverse pratiche musicali, la prima che fonda le sue radici sulla tradizione storica, la seconda che non ha ancora una equivalente tradizione su cui fondarsi.

Due concerti serali e cinque sessioni d'ascolto, in cui vengono eseguite delle opere realizzate con l'ausilio del computer, completano il programma del colloquio che intende verificare in qual modo la sempre più massiccia introduzione delle tecnologie digitali nella pratica musicale influenzi non sempre positivamente la sfera estetica e compositiva.

\* Alcune relazioni non sono presenti in questa pubblicazione perché non pervenute in tempo ai curatori. Al loro posto sono stati pubblicati i riassunti.

# PRESENTAZIONE

*ALVISE VIDOLIN  
PRESIDENTE DELL' ASSOCIAZIONE  
DI INFORMATICA MUSICALE ITALIANA*

Recentemente, nel riordinare vecchie carte, ho trovato gli appunti di una tavola rotonda che ho avuto l'occasione di organizzare con Giovanni De Poli ancora nel 1975, all'interno del Seminario di Studi e Ricerche sul Linguaggio Musicale che si teneva ogni estate nella bellissima villa Cordellina nei pressi di Vicenza. Nel corso di questa tavola rotonda, alla quale partecipavano i principali ricercatori di informatica musicale del tempo, venne deciso di coordinare le attività di ricerca e di promuovere un incontro periodico per lo scambio delle informazioni e l'aggiornamento sulle attività di ciascun gruppo di ricerca. Pietro Grossi che dirigeva a quei tempi il gruppo di ricerca più istituzionalizzato e "ricco", propose come sede del primo incontro Pisa e così nel 1976 si tenne il primo Colloquio di Informatica Musicale. Adesso seguirono gli incontri di Milano ('77), Padova ('79), Pisa ('81), Ancona ('83), Napoli ('85), Roma ('88), e l' International Computer Music Conference che si tenne a Venezia nel '82, per la prima volta in europa. Nel 1981 venne fondata l'Associazione di Informatica Musicale Italiana (AIMI) dando veste formale a un gruppo di lavoro che operava da anni, sistematizzando la circolazione di informazioni e infondendo una nuova carica. Oggi siamo arrivati alla ottava edizione del Colloquio e in questo arco di tempo il panorama dell'informatica musicale è cambiato in maniera macroscopica.

Come è noto, negli anni '70 gli elaboratori erano molto costosi e quindi utilizzabili solo nelle università o in centri di ricerca finanziati dallo Stato. Far suonare un computer non era più un problema sul piano teorico ma lo era ancora sul piano pratico in dipendenza delle situazioni istituzionali e logistiche, soprattutto quando il suono doveva essere una sezione musicale di alcuni minuti e molto ricca di eventi sonori simultanei. In quegli anni l'interazione uomo-macchina era estremamente rigida: quando non si utilizzavano le schede perforate il mezzo più comune era la telescrivente, che in termini

metaforici equivalevano, rispettivamente, a una comunicazione di tipo epistolare o telegrafica. Solo i centri più avanzati potevano disporre di un terminale video, diventato di uso corrente solo verso la fine degli anni '70. Con gli anni '80 il panorama cambia radicalmente. Vengono commercializzati i primi processori di suoni in tempo reale, si diffondono i -1personal computer-0 che anno dopo anni diminuiscono di prezzo aumentando le prestazioni, l'industria di strumenti musicali elettronici si converte al digitale applicando nei prodotti commerciali i frutti della ricerca di informatica musicale. Questi i dati schematici del versante tecnologico, ma cosa è avvenuto in quello musicale?

La possibilità di comporre effettivamente il suono - vecchio sogno della musica elettronica pura - ha affascinato ancora molti compositori e per taluni la scelta è stata definitiva nonostante le lungaggini procedurali necessarie per la realizzazione di un'opera. Le tecniche di sintesi sono diventate un nuovo mondo da esplorare per ottenere prodotti musicali altrimenti non realizzabili. Altri musicisti hanno imboccato la strada della composizione automatica o della composizione assistita che sfrutta le potenzialità dell'elaboratore non tanto per generare dei suoni ma per produrre una partitura o parti di essa per l'esecuzione mediante strumenti tradizionali. Ovviamente alcuni hanno percorso anche la strada integrata di composizione ed esecuzione mediante computer. In tutti i casi, comunque, sono pochi i lavori musicali che riescono a superare un'interesse puramente tecnico o sperimentale: la novità del mezzo e dei processi compositivi non consentono di sintetizzare facilmente le idee musicali e la continua evoluzione dell'hardware e del software non favorisce di certo l'assimilazione artistica.

Con l'avvento degli elaboratori personali, del MIDI e degli strumenti digitali industriali a basso costo è iniziata una nuova era dell'informatica musicale. Mentre prima l'obiettivo della -1computer music-0 era tendenzialmente quello di realizzare musiche che solo grazie al computer si potevano pensare e suonare, con i nuovi sistemi commerciali l'obiettivo si è ribaltato. Il mezzo informatico viene utilizzato per ridurre i costi di produzione e per accelerare i tempi di lavoro, mantenendo inalterato il linguaggio musicale e riducendo la qualità sonora. Con un sistema di questo tipo, infatti, è possibile scrivere la musica al computer direttamente su pentagramma, ascoltare immediatamente l'esecuzione globale o parziale, apporre modifiche o aggiunte, stampare con qualità tipografica la partitura finale con le eventuali parti staccate. Inoltre un musicista da solo può essere in grado di suonare dal vivo un'orchestra sintetica anche di grosse dimensioni la cui qualità non può essere paragonata a un'orchestra tradizionale ma diventa accettabile in virtù dei costi limitati. Ovviamente tutto ciò funziona per la musica commerciale o per le applicazioni che utilizzano i linguaggi e i suoni più codificati.

Nonostante questi presupposti molti musicisti, anche di natura sperimentale, sono stati affascinati da questa nuova generazione di strumenti digitali che ha il pregio di essere utilizzabile anche da persone che hanno scarsa dimestichezza con la tecnologia e avere costi di livello personale. Pertanto il compositore può lavorare direttamente a casa nei tempi e nei modi voluti. Purtroppo le scelte effettuate dal costruttore sono tali da condizionare pesantemente il risultato musicale ottenibile con questi mezzi e per voler andare fuori dai binari imposti dallo strumento sono necessarie competenze superiori a quelle previste per un sistema aperto non commerciale.

Con l'avvento di questi sistemi anche il mondo della ricerca scientifica è stato turbato: da un lato perchè l'industria si è occupata con mezzi molto più potenti di tematiche che una volta erano di dominio del mondo universitario, dall'altro perchè

grazie alla disponibilità di questi mezzi a basso costo si sono potute iniziare ricerche prima impensabili, soprattutto nel campo della intelligenza artificiale.

Il mondo dell'informatica musicale, quindi, è in continuo fermento ed è giusto che anche i Colloqui seguano le diverse tendenze in atto senza per questo rinunciare al rigore e alla serietà di programmazione che hanno da sempre caratterizzato questi convegni. La scelta di Cagliari come sede di questa ottava edizione è stata stimolata da più motivi. Innanzitutto, la presenza della Associazione Spaziomusica che, all'interno dell'omonimo festival annuale di musica contemporanea, segue da diversi anni e con notevole attenzione tutto ciò che nasce grazie all'interazione di musica, scienza e tecnologia. In secondo luogo ritengo sia importante affiancare alle relazioni scientifiche altrettante esecuzioni musicali in modo da dare lo stesso peso sia all'informatica che alla musica: a tale scopo, quali garanzie maggiori poteva dare l'inserimento del Colloquio se non in un festival di musica contemporanea come quello di Spaziomusica? Inoltre, valido motivo è la presenza a Cagliari di un ambiente culturale particolarmente attento al rapporto arte-scienza; mi riferisco qui sia ai corsi di composizione e di musica elettronica del Conservatorio, sia a quelli di filosofia della scienza della Facoltà di Magistero e ad alcune ricerche effettuate alla Facoltà di Fisica. Infine, è importante che i Colloqui siano presenti in tutte le regioni d'Italia, senza trascurare quelle in cui il rapporto con la tecnologia è per tradizione meno sviluppato e le comunicazioni sono meno agevoli. Pertanto la scelta di Cagliari si muove in questa direzione e in armonia con gli obiettivi che l'AIMI si è posta come statuto.

QUESTO VIII COLLOQUIO DI INFORMATICA MUSICALE, CHE COME TRADIZIONE È PROMOSSO DALL'ASSOCIAZIONE DI INFORMATICA MUSICALE ITALIANA (AIMI), È ORGANIZZATO DALLA ASSOCIAZIONE SPAZIOMUSICA CON LA COLLABORAZIONE DEL CONSERVATORIO "Giovanni Pierluigi da Palestrina" E IL COMITATO NAZIONALE ITALIANO MUSICA (CIDIM - CIM/UNESCO) AI QUALI VANNO I MIEI PIÙ VIVI RINGRAZIAMENTI.



# SINTESI PER MODELLI FISICI: STRUTTURE E METODI.

GIANPAOLO BORIN, GIOVANNI DE POLI, AUGUSTO SARTI

CENTRO DI SONOLOGIA COMPUTAZIONALE

DIPARTIMENTO DI ELETTRONICA E INFORMATICA UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

VIA GRADENIGO 6/A 35131 PADOVA

TEL. 049/8070268

Questo lavoro traccia una breve panoramica sulla sintesi per modelli fisici e tenta di dare una visione unitaria della grande varietà di lavori reperibili in letteratura.

L'approccio seguito privilegia la modularità: in ogni caso lo schema risultante non rinuncia alla possibilità di descrivere indipendentemente le varie componenti. Questo è stato preferito ad altri approcci soprattutto in vista di un suo impiego pratico nella sintesi dei suoni.

La presentazione del materiale è così articolata: nella prima parte sono presentate le più comuni strutture di sintesi impiegate nel modello fisico dello strumento musicale: di seguito è esposta una possibile generalizzazione.

Nella seconda parte si analizzano nel dettaglio le soluzioni classiche relative alla realizzazione delle componenti fondamentali dello strumento.

## 1. ALCUNE OSSERVAZIONI SULLA TERMINOLOGIA ADOTTATA

Questo paragrafo non ha lo scopo di dare una definizione formale di termini e grandezze, ma soltanto di fare chiarezza sull'uso di alcuni concetti fondamentali per la comprensione degli argomenti seguenti.

In ogni strumento musicale si riconoscono due elementi essenziali:

- l'*eccitatore* è la parte che causa ed eventualmente sostiene il fenomeno vibratorio nel risuonatore.

- il *risuonatore* è la sede dei fenomeni vibratori che costituiscono il suono musicalmente interessante.

Per semplicità e coerenza espositiva considereremo incorporate nel risuonatore

anche quelle parti dello strumento musicale preposte al rinforzo del suono prodotto.

Nella descrizione della struttura di uno strumento musicale è fondamentale l'analisi delle modalità di interconnessione di tali parti, ovvero lo studio dell'interazione tra gli elementi visti. Intenderemo quindi per meccanismo di *interazione* un qualunque dispositivo in grado di permettere lo scambio di informazione tra eccitatore e risuonatore.

E' opportuno inoltre introdurre una distinzione nelle azioni che il musicista può compiere su uno strumento, allo scopo di fornire informazione ad esso. Prendendo spunto da una osservazione di Cadoz [\*4], distingueremo tra azioni modulative ed eccitative.

- Una *azione eccitativa* è qualunque tipo di azione gestuale che l'esecutore compie sullo strumento al fine di generare un fenomeno sonoro udibile e musicalmente interessante.

- Una *azione modulativa* è qualunque tipo di intervento, pure gestuale, che l'esecutore attua sullo strumento allo scopo di intervenire sul fenomeno sonoro generato dall'azione eccitativa.

## 2. SCHEMI GENERALI DI SINTESI

In questo secondo paragrafo saranno presentate le strutture classiche per la realizzazione del modello concettuale di uno strumento musicale. In tali strutture, come si è accennato al paragrafo precedente, l'eccitatore e il risuonatore sono sempre presenti: gli schemi proposti differiscono quindi essenzialmente per il meccanismo di interazione.

La struttura più semplice è data dallo schema "*feed forward*", rappresentato nella figura 2.1. In esso l'eccitatore agisce sul risuonatore senza ricevere alcuna informazione da quest'ultimo: a rigore, quindi, non si può parlare di interazione tra le due parti.

Esempi applicativi si hanno con la corda pizzicata, dove l'eccitatore ha il solo compito di imporre una forma iniziale alla corda tesa [2]. Anche in molti modelli fisici dell'apparato fonatorio umano, realizzati per una sintesi efficiente del parlato, il modello di eccitazione costituito dalla glottide agisce su un modello della cavità orale e nasale, ossia il risuonatore, secondo uno schema feed-forward [\*27].



FIG. 2.1

Adrien [5] ha posto in evidenza il ridotto numero di casi in cui questa tecnica è effettivamente applicabile, e il fatto che, quando essa costituisce una approssimazione inadeguata del fenomeno fisico, l'ascolto risulta del tutto insoddisfacente.

Per una maggiore generalità, come esposto in [3], si può fare riferimento allo schema "*feedback*" di figura 2.2, dove si evidenzia la reazione del risuonatore sull'eccitatore. Questo tipo di schema prevede dunque uno scambio di informazioni reciproco tra i blocchi costituenti il sistema. Un caso in cui non è possibile rinunciare alla retroazione è, ad esempio, il clarinetto, dove le perturbazioni che hanno sede nel tubo acustico sono

dovute alle variazioni del flusso entrante, il quale dipende dallo stato di apertura dell'ancia che, a sua volta, è funzione della differenza di pressione tra la bocca dell'esecutore e la parte iniziale del tubo acustico.

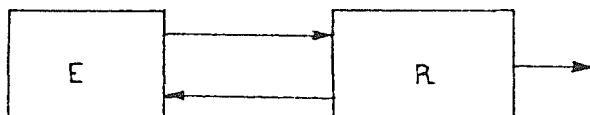


FIG. 2.2

Si intuisce che lo schema in esame è utilmente impiegabile nella simulazione di strumenti persistentemente eccitati. Si noti inoltre che anche nei casi in cui l'evoluzione libera sembra preponderante, come nel caso del pianoforte, l'interazione tra eccitatore e risuonatore è comunque chiaramente avvertibile nella fase di attacco del suono, dove gioca un ruolo fondamentale nella caratterizzazione timbrica dello strumento.

Lo schema di tipo feedback permette una descrizione più accurata dello strumento, ma per contro presenta alcuni inconvenienti. In particolare vi è una certa difficoltà nell'impiego operativo essendo non ben definita la descrizione del meccanismo di interazione ed essendo la specifica di ciascun blocco vincolata a quella dell'altro. Si osservi inoltre che la retroazione può dar luogo a problemi di non computabilità anche se i blocchi E ed R sono intrinsecamente computabili. In generale ciò si verifica ogni qualvolta entrambe le funzioni d'uscita dei due blocchi presentano un dipendenza istantanea dagli ingressi.

I problemi esposti, a nostro giudizio, suggeriscono la necessità di un modello che soddisfi ai seguenti requisiti: a) Conservare la struttura feedback. b) Presentare un alto grado di modularità. c) Rendere esplicita la descrizione del meccanismo di interazione. d) Consentire un approccio di sintesi di tipo "top-down"; e) Non gravare eccessivamente sul costo computazionale.

Uno schema di sintesi che ben si adatta a tali esigenze è presentato in figura 2.3. Nello schema si è usata la seguente simbologia:

E Meccanismo di eccitazione. Sistema dinamico, causale, generalmente non lineare e tempo variante.

I: Elemento di Interconnessione. Esso regola:

- a) le modalità di scambio di informazioni tra E ed R.
- b) l'adattamento dimensionale fra le grandezze coinvolte.

R: Risuonatore. Sistema dinamico, causale, generalmente lineare e tempo variante.

$x$  Vettore degli ingressi o "azioni eccitative"

$x_E$  Vettore delle "reazioni sull'eccitatore"

$y_E$  Vettore delle "azioni dell'eccitatore"

$x_R$  Vettore degli "eccitazioni sul risuonatore"

$y_R$  Vettore delle "reazioni del risuonatore"

$y$  Vettore delle uscite del sistema o "segnalet musicale"

$p_R$  Vettore tempo-variante dei parametri del risuonatore.

$p_E$  Vettore tempo-variante dei parametri dell'eccitatore.

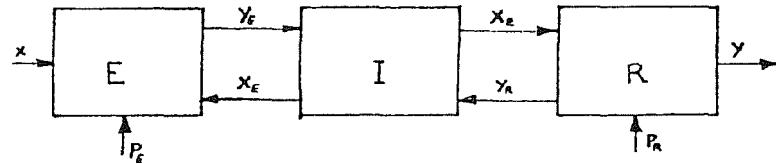


FIG. 2.3

Si noti che, definendo i blocchi E ed R come sistemi dinamici, si è esclusa a priori la possibilità che essi implementino equazioni non esplicitabili.

Occorre osservare che lo schema proposto induce una distinzione naturale tra interventi eccitativi e modulativi. I primi, infatti, sono rappresentati dal vettore degli ingressi esterni del sistema E; i secondi, invece, sono i parametri tempo-varianti dei blocchi E ed R. Si può inoltre osservare che il blocco R non è dotato di ingressi esterni poiché gli interventi sul risuonatore possono essere soltanto di tipo (concettualmente) modulativo.

Allo scopo di esemplificare concretamente lo schema esposto si esamina il caso del clarinetto, prendendo spunto da quanto esposto in [3]. Per una descrizione accurata dei principi teorici alla base di questo modello si rimanda alla bibliografia [3], [\*19]; in questa sede ci si limita a riportare gli aspetti più strettamente concernenti la struttura del modello.

Con riferimento allo schema di figura 2.4, il blocco di eccitazione del clarinetto è rappresentato da una relazione dipendente dalla pressione che il tubo acustico esercita sull'ancia e dalla pressione nella bocca dell'esecutore. Tale relazione fornisce il valore del flusso f entrante nel tubo: essa descrive dunque il comportamento dell'ancia.

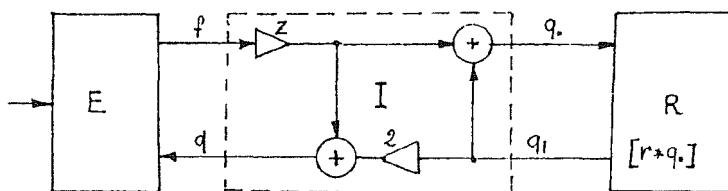


FIG. 2.4

Il blocco R è rappresentato da una funzione di riflessione (filtro) che all'onda di pressione entrante  $q_0$  restituisce un'onda di pressione uscente  $q_1$ . Tali blocchi, sviluppati indipendentemente, vengono poi interconnessi tramite il blocco I, che, come già discusso in [1], opera un adattamento dimensionale delle grandezze di scambio secondo il sistema implicito di equazioni del modello:

$$\begin{aligned} q_0 &= q_1 + Zf \\ q &= 2q_1 + Zf \end{aligned} \quad (2.1)$$

Si noti che la presenza di anelli privi di elementi di ritardo rende necessario imporre un ordine arbitrario alla successioni delle operazioni effettuate nel blocco I per superare i problemi di non computabilità. Si osservi inoltre che, mentre nel caso di semplice

connessione in retroazione l'assenza di dipendenza istantanea fra ingresso e uscita di uno dei due blocchi era sufficiente a garantire la computabilità, ora ciò non è più vero in quanto non si sono fatte ipotesi sulla struttura di I. Infatti, anche se R non ha dipendenza istantanea dall'ingresso, come effettivamente accade nel clarinetto, resta un secondo anello non computabile tra E ed I. Questo fatto, ulteriormente discusso in [1], ha comunque un peso poco rilevante dal punto di vista implementativo; occorre invece sottolineare che il metodo esposto garantisce un'elevata modularità che si manifesta nella possibilità di trattare indipendentemente eccitatore e risuonatore.

### 3. COMPONENTI FONDAMENTALI DI UNO STRUMENTO MUSICALE

#### 3.1. ECCITATORI

Esistono diversi approcci alla descrizione del meccanismo di eccitazione; essi, come ha rilevato Adrien [5], si possono tuttavia raggruppare in tre famiglie fondamentali:

- a) Imposizione delle condizioni iniziali,
- b) Relazione ingresso/uscita dell'eccitatore,
- c) Modello meccanico della struttura dell'eccitatore.

##### *a) Imposizione delle condizioni iniziali.*

Il metodo di imposizione delle condizioni iniziali fa implicitamente riferimento ad un risuonatore in grado di manifestare spontaneamente una risposta in evoluzione libera e si basa sulla definizione delle condizioni iniziali dalle quali il risuonatore evolve. Questo metodo si intende fisicamente valido in quei casi in cui la risposta forzata è con buona approssimazione trascurabile. Nel caso della corda pizzicata, ad esempio, si suppone che la corda assuma all'istante  $t=0$  una certa distribuzione degli scostamenti, normalmente triangolare, e velocità iniziale nulla. A partire dall'istante  $t=0$  si suppone di rilasciare la corda, che quindi inizia la fase di evoluzione libera.

L'impiego di tale tecnica appare problematico per gli strumenti persistentemente eccitati, quali archi e fiati [2]. Adrien ha comunque messo in evidenza come questa tecnica sia essenzialmente impiegabile negli schemi di tipo feed-forward e soffra pertanto dei limiti esposti in precedenza. Oltre a ciò, occorre osservare che, per sua natura, questa tecnica non consente una simulazione efficace dei transitori. A causa delle sue manchevolezze, nei tempi più recenti questa tecnica è stata progressivamente trascurata.

##### *b) Relazione Ingresso/Uscita dell'eccitatore.*

In questa tecnica si suppone che sia lecito assumere per l'eccitatore una relazione del tipo:

$$y(t) = f[x(t), x_e(t)] \quad (3.1)$$

dove  $y(\cdot)$  è la generica "grandezza in uscita" dall'eccitatore, e  $x(\cdot)$  è la corrispondente "risposta" del risuonatore e  $x_e(\cdot)$  rappresenta un eventuale ingresso esterno.  $f(\cdot)$  è, in generale, una funzione fortemente non lineare: essa lega quindi istantaneamente il

valore in uscita dell'eccitatore con il valore che il risuonatore offre al punto di interazione.

Nel clarinetto, ad esempio, è possibile descrivere il comportamento dell'ancia con una funzione istantanea  $f = f(q, \dot{q})$ , come illustrato in [3]; tale funzione può essere utilizzata concretamente nell'esempio visto nel paragrafo precedente.

In generale la relazione vista descrive curve dipendenti da molti parametri fisici difficilmente controllabili che ne rendono difficoltosa la caratterizzazione. E' tuttavia interessante osservare che, rispetto al caso precedente, questo metodo consente la realizzazione di schemi feedback nel caso di strumenti persistentemente eccitati.

### c) Modello meccanico dell'eccitatore.

Con questa locuzione indichiamo un modello nel quale l'eccitatore è pensato come scomposto in elementi meccanici ideali, come masse, molle e attriti. La descrizione dell'eccitatore è quindi offerta dal sistema di equazioni, generalmente differenziali, che descrivono la dinamica degli elementi interconnessi.

Nel caso più semplice l'eccitatore è composto di una massa e una molla. La massa, supposta puntiforme, dà conto dell'inerzia nel moto dell'eccitatore, mentre la molla, supposta priva di massa, con lunghezza a riposo nulla e governata da un'equazione non lineare, dà conto dell'elasticità della sua superficie. Le equazioni del modello [\*15], [\*16], [\*28] descrivono un meccanismo di eccitazione che risente della posizione del risuonatore esercitandovi una forza: anche questa tecnica è quindi adatta ad un utilizzo in schemi feedback. Si noti che il sistema necessita di alcune condizioni iniziali per la sua evoluzione, in particolare posizione e velocità iniziale della massa  $m$ , e esso risulta controllabile, generalmente, attraverso alcuni altri ingressi/parametri, come ad esempio un'eventuale forza esterna.

Un modello più complesso del precedente, adatto anche alla descrizione dell'archetto del violino è descritto in [4]: qui si sottolinea soltanto l'analogia concettuale dei due sistemi e la accresciuta accuratezza descrittiva del secondo, tutta a scapito del costo computazionale del modello.

Come si evince dagli esempi, la classe dei modelli cui appartengono tali eccitatori si presenta alquanto ampia e generale: esistono infatti modelli meccanici di ancie, labbra, lingue [\*29] e persino glottidi [\*30]. I modelli meccanici citati possono essere arricchiti a piacere. La situazione più complessa si raggiunge descrivendo l'eccitatore attraverso una suddivisione spaziale della sua struttura fisica in numerosi elementi di massa collegati tra loro da molle e attriti ideali. Questo metodo, implementato con successo da Cadoz [\*4], richiede tuttavia architetture hardware dedicate, per l'altissimo costo computazionale che comporta.

## 3.2. RISUONATORI

La descrizione di un risuonatore, in tutta generalità può essere ricondotta a quella di un sistema dinamico lineare, causale, generalmente tempo variante. La caratteristica di linearità del mezzo, verificata da (quasi) tutti i risuonatori, consente lo sviluppo di modelli semplici ma di grande efficacia descrittiva.

Nel caso dei risuonatori si possono individuare due diversi approcci: a) Approccio "Black Box", b) Approccio "White Box".

*a) Approccio "Black Box"*

In questo metodo di sintesi non si indaga sulla struttura fisica del risuonatore in esame, ma si fa riferimento alla sua relazione ingresso-uscita.

Per la proprietà di linearità del mezzo, è sempre possibile pensare il segnale al punto di eccitazione come la somma di due contributi:  $y(t) = y_i(t) + y_o(t)$ ; invocando ulteriormente la proprietà di linearità del mezzo, si può scrivere:

$$y_i(t) = r^* y_o(t) \quad (3.2)$$

dove  $*$  rappresenta l'operazione di convoluzione. Si osservi che la (3.2) è l'equazione di una trasformazione lineare tempo-invariante (in prima approssimazione), ossia un filtro. Le grandezze  $y_i$  e  $y_o$  vanno interpretate come grandezze entranti (incoming) e uscenti (outcoming) rispetto all'eccitatore.

Il principale problema che questo tipo di struttura comporta è dato dal fatto che ogni nucleo  $r(t)$  è necessariamente tempo variante in una implementazione realistica: ogni intervento (eccitativo o modulativo) richiede dunque una alterazione della funzione  $r(t)$ . Inoltre si deve osservare che ogni punto del risuonatore possiede la propria specifica funzione di riflessione: se si desidera rendere disponibile all'esterno un certo numero di segnali diversi, per ognuno di essi occorre specificare un diverso nucleo  $r(t)$ .

*b) Approccio "White Box"*

Questo tipo di approccio è complementare al precedente: in esso si fanno precise ipotesi sulla struttura interna del risuonatore e, a partire dalla conoscenza delle leggi fisiche che ne regolano l'evoluzione nel tempo, si realizza un insieme di equazioni la cui soluzione costituisce il segnale d'interesse.

Il tipico caso di sintesi con approccio white box è offerto, ancora una volta, dal modello di un semplice sistema lineare e privo di perdite. Per esso vale la ben nota equazione differenziale delle onde di D'Alembert [2]. La risoluzione per via numerica dell'equazione citata può essere ottenuta con la tecnica delle differenze finite; si ottiene:

$$y(i,j+1) = y(i+1,j) + y(i-1,j) - y(i,j-1) \quad (3.3)$$

Dove  $y(i,j)$  è una scrittura semplificata di  $y(iT, jX)$ , con  $T$  quanto temporale e  $X = cT$  passo di discretizzazione spaziale. L'equazione (3.3) vale per  $i=2..N-1$ ; la descrizione del comportamento della corda nei punti  $i=1$ ,  $i=N$ , in generale presenta alcune complicazioni. Per una trattazione dell'argomento, si veda [2], [3].

L'equazione di D'Alembert descrive un caso poco realistico, riferendosi ad un risuonatore ideale, perfettamente elastico e privo di perdite. E' tuttavia possibile complicarla per dare conto degli effetti dovuti ai fenomeni dissipativi nel risuonatore [2], [21].

Il modello esposto dà un'ottima descrizione della struttura fisica di un risuonatore. Per contro esso ha un costo computazionale molto elevato. Ciò si può ricondurre al fatto che il modello considera l'evoluzione del moto di tutti i punti del risuonatore. Questo fatto

non sembra essere strettamente necessario per ricavare l'informazione musicale interessante: di fatto, il suono degli strumenti musicali può essere ricondotto al moto di pochi punti importanti.

Queste considerazioni hanno portato allo sviluppo di un modello di risuonatore lineare basato sull'uso delle linee di ritardo [\*9].

#### BIBLIOGRAFIA

Nell'elenco seguente è riportata solo una parte delle opere citate nell'articolo; per una bibliografia più completa si può consultare:

[1] G. Borin, A. Sarti: "Sintesi per modelli fisici: metodi e algoritmi"

Rapporto C.S.C., reperibile presso il Dipartimento di Elettronica e Informatica dell'Università di Padova, 1989.

Le citazioni che si riferiscono a tale bibliografia sono precedute da un asterisco. Le altre fanno riferimento al seguente elenco:

[2] L. Hiller, P. Ruiz: "Synthesizing Musical Sounds by Solving the Wave Equation for Vibrating Objects: I-II"

J.A.E.S., June/July 1971, pp. 462-470/542-551

[3] M.E. Mc Intyre, R.T. Schumacher, J. Woodhouse: "On the oscillations of musical instruments"

J.A.S.A., Vol. 74(5), Nov. 1983, pp. 1325-1345

[4] J.M. Adrien, X. Rodet, R. Causse: "Sound synthesis by phisical models, application to strings"

ICMC '87 Proceedings, pp. 264, 269.

[5] J.M. Adrien, R. Caussé, E. Ducasse: "Sound synthesis by phisical models, application to strings"

Presentated at the 84th Convention 1988 March 1-4 Paris. AES preprint.

# INTERAZIONE MARTELLETTO-CORDA NELLA SINTESI DEL PIANOFORTE

GIANPAOLO BORIN, AUGUSTO SARTI  
*CENTRO DI SONOLOGIA COMPUTAZIONALE*  
*DIPARTIMENTO DI ELETTRONICA E INFORMATICA*  
*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA*  
*VIA GRADENIGO 6/A 35131 PADOVA*  
*TEL. 049/ 8070268*

## INTRODUZIONE

In questo lavoro si esamina un possibile schema di sintesi per il suono del pianoforte, basato sulla realizzazione di un modello fisico dello strumento. Il metodo proposto, inquadrabile nella più ampia prospettiva della sintesi per modelli fisici, focalizza la sua attenzione sull'interazione fra il martelletto e la corda, trascurando in prima approssimazione l'apporto timbrico delle restanti parti dello strumento.

Lo schema di sintesi che si sviluppa in questo lavoro è un primo esempio applicativo di modello generale proposto in [1] applicabile a qualunque strumento musicale la cui struttura si possa pensare idealmente composta da un "eccitatore" e da un "risuonatore", intendendo per risuonatore il supporto delle perturbazioni di natura ondulatoria che costituiscono il segnale udibile e per eccitatore la causa di tali perturbazioni. La struttura considerata è peraltro tipica di qualunque strumento musicale naturale.

La realizzazione del modello del risuonatore prende spunto da una tecnica proposta da G. Garnett [2] per la sintesi del suono di pianoforte, dove si utilizzano reti di Waveguide Filter (WGF) [3] per la simulazione del complesso corde-piano armonico. D'altra parte, mentre nel modello di Garnett l'eccitazione è ottenuta con un complesso meccanismo d'imposizione delle condizioni iniziali, nel metodo qui descritto si utilizza un eccitatore completamente diverso, basato su un modello fisico del martelletto e su un'adeguata descrizione del meccanismo d'interazione. Inoltre la descrizione del risuonatore è particolarmente semplificata poiché una maggiore accuratezza avrebbe scarso interesse ai fini dell'analisi dell'interazione eccitatore-risuonatore. Si assume infatti che il martelletto percuota una singola corda ideale connessa da un lato ad un supporto perfettamente

rigido (arpa) e dall'altro ad un vincolo leggermente dissipativo (ponticello) dal quale si suppone di prelevare direttamente il segnale udibile anziché inviarlo a un modello di tavola armonica.

Nella prima parte del lavoro si sviluppa il modello del sistema a partire dalla sintesi delle sue singole parti, eccitatore e risuonatore, per poi realizzare un opportuno blocco d'interconnessione fra le due. Nella seconda parte, dopo brevi cenni sulle modalità implementative del programma di simulazione, si illustrano le proprietà timbriche dello schema ottenuto, con particolare attenzione alla dinamica spettrale. Vengono infine proposte alcune possibilità di estensione del modello.

## 1. MODELLO D'INTERAZIONE MARTELLETTO-CORDA

Prima di procedere con lo sviluppo del modello è opportuno illustrare brevemente lo schema generale di sintesi proposto in [1] e riportato in fig. 1. In esso E e R sono sistemi dinamici rappresentati rispettivamente eccitatore e risuonatore, 'x' è il vettore delle azioni eccitative, i parametri tempo-varianti  $p_E$  e  $p_R$  costituiscono il vettore delle azioni modulative e 'y' rappresenta l'uscita del sistema complessivo. I rimanenti vettori sono ingressi e uscite interni al sistema ( $y_E$  = eccitazioni,  $x_R$  = azioni sul risuonatore,  $y_R$  = reazioni del risuonatore,  $x_E$  = reazioni sull'eccitatore). Il blocco I ha il compito di rendere compatibili le informazioni scambiate fra E e R consentendo la sintesi indipendente di tali blocchi e un approccio di tipo top-down.

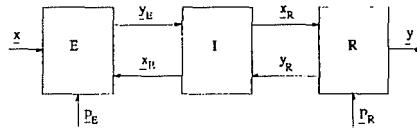


FIG. 1: MODELLO GENERALE DI UNO STRUMENTO MUSICALE NATURALE

### 1.1 MODELLO DELL'ECCITATORE

La scelta del modello dell'eccitatore va effettuata in modo tale da garantirne una descrizione fisica sufficientemente dettagliata senza peraltro incidere troppo pesantemente sulla complessità realizzativa. In questa ottica i modelli che rivestono un certo interesse sono numerosi (una bibliografia sufficientemente completa e riportata in [4] e, fra questi, quello che ci è parso il più adeguato è dovuto a H. Suzuki [5] poiché, pur avendo un elevato grado di fisicità ha il pregio di essere particolarmente semplice. Il modello considerato è costituito da una massa, rappresentante il corpo del martelletto e da una molla con caratteristica non lineare, di lunghezza a riposo nulla, che rende conto dell'elasticità del feltro. Si assume che la caratteristica della molla sia data da:

$$F(h) = [Ah^2 + Bh^3 + Ch^4] \quad 1(h) \quad (1)$$

dove  $F$  [N] è la forza applicata alla molla,  $h$  [m] è la corrispondente elongazione,

$A$  [ $N/m^2$ ],  $B$  [ $N/m^3$ ] e  $C$  [ $N/m^4$ ] sono costanti opportune e  $\mathbf{1}(h)$  è la funzione a gradino unitario.

L'equazione del moto del martelletto è data da:

$$My'' = -f \quad (2)$$

dove:

$$f = F(y - u) \quad (3)$$

è la forza esercitata dal martelletto sulla corda,  $u$  e  $y$  [m] sono rispettivamente la posizione della corda al punto di contatto e del martelletto.

Si osservi che l'estremità della molla che entra in contatto con la corda è priva di dinamica propria perciò la condizione di contatto fra martelletto e corda si riduce semplicemente a  $y < u$  ed è realizzata nella funzione a gradino unitario che compare nella (1). Si dovrà dunque prevedere un ingresso che renda disponibile l'informazione di posizione  $u$  e un'uscita rappresentata dalla forza impressa  $f$ . Il modello dell'eccitatore è facilmente realizzabile come in fig. 2 se si approssimano le derivate con differenze divise.

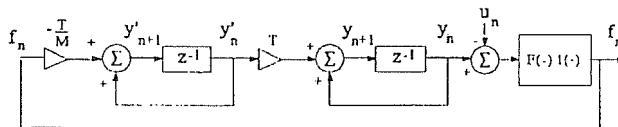


FIG.2: SCHEMA DI SINTESI DELL'ECCITATORE

## 1.2 MODELLO DEL RISUONATORE

Come si è già accennato nell'introduzione, per la realizzazione del modello del risuonatore, si è fatto uso dei Waveguide Filter (WGF) [3]. Un WGF è una rete i cui rami sono coppie di linee di ritardo numeriche, e i cui nodi sono giunzioni passive. I rami hanno il compito di propagare indistorte le onde nei due sensi descrivendo così tratti di linea di trasmissione priva di perdite e con impedenza caratteristica costante. Le giunzioni provvedono a connettere due o più rami e rendono conto di eventuali discontinuità nell'impedenza caratteristica. Considerare le ipotesi fatte nell'introduzione, il modello di risuonatore risulta privo di giunzioni passive e si realizza in modo molto semplice come illustrato in fig. 3, dove si suppone che il segnale propagato sia una velocità trasversale.

Come si vede, l'estremità della corda connessa al ponticello è simulata con una riflessione invertente leggermente attenuata ad opera di un coefficiente di riflessione  $k$  di poco inferiore a 1. Ad esso corrisponde un coefficiente di trasmissione  $1-k$  che pesa un segnale di velocità che costituisce, previa integrazione numerica, il segnale udibile.

Per realizzare il meccanismo d'interazione è necessario, al punto di percussione, ricavare l'informazione di posizione della corda e inserire le perturbazioni dovute alle cause esterne. Per la prima operazione è sufficiente leggere il contenuto delle due celle delle linee di ritardo numeriche corrispondenti al punto di contatto. Poiché il modello è

lineare, l'inserimento di perturbazioni si effettua sommando al segnale già presente in linea i contributi di velocità dovuti alla causa esterna. Se inoltre si considera che una forza applicata alla corda nel punto considerato vede due tratti di linea di uguale impedenza caratteristica  $Z$  in parallelo, si capisce che le onde di velocità trasversale inserite nelle due linee di ritardo sono date dal segnale di forza impressa diviso per  $Z/2$ .

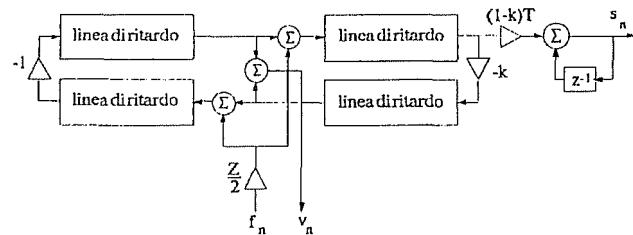


FIG.3: MODELLO DEL RISUONATORE

### 1.3 MODELLO COMPLESSIVO DELL'INTERAZIONE

Considerando che la condizione di contatto è stata completamente realizzata all'interno del blocco di eccitazione, il blocco di interconnessione ha ora il solo compito di adattare dimensionalmente le grandezze di scambio. Quest'operazione non è necessaria per l'eccitazione  $f_n$ , che viene applicata direttamente al risuonatore, mentre per ottenere la reazione sull'eccitatore è necessaria un'operazione di integrazione numerica essendo la reazione del risuonatore un segnale di velocità anziché di posizione. Lo schema complessivo è dunque quello illustrato in fig. 4, dove si può osservare che l'interconnessione dei vari blocchi non dà luogo a problemi di computabilità poiché, pur essendo  $f_n$  istantaneamente dipendente da  $u_n$ ,  $R$  è stato realizzato in modo tale da non avere dipendenza istantanea tra  $v_n$  e  $f_n$ . Si può inoltre osservare che l'azzeramento dell'integratore prima di una nuova percussione non comporta particolari problemi poiché ha il solo effetto di introdurre un offset trascurabile nella posizione media della corda al punto di contatto, col vantaggio però di annullare eventuali errori di integrazione in accumulo.

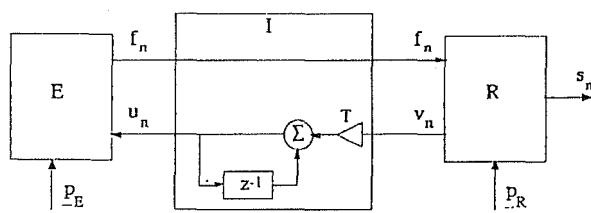


FIG.4: SCHEMA GENERALE DI SINTESI DELL'INTERAZIONE MARTELLETTO-CORDA

## 2. SIMULAZIONE E RISULTATI

Per verificare la validità del modello proposto si sono realizzati alcuni programmi di simulazione allo scopo di:

- a) ottenere diagrammi riportanti le traiettorie del martelletto e della corda nel punto di contatto e l'andamento della forza d'interazione;
- b) analizzare come varia il segnale s al variare della velocità iniziale del martelletto tracciando per ogni simulazione un diagramma riportante il semplice andamento temporale del segnale e uno tridimensionale che illustri l'evoluzione temporale del suo contenuto armonico;
- c) ascoltare il segnale sonoro prodotto allo scopo di valutare le qualità timbriche del risultato ottenuto.

Per quanto riguarda la scelta dei parametri di simulazione si è fatto riferimento ai valori numerici ottenuti tramite misure sperimentali in [5] in modo tale da effettuare un confronto diretto fra il comportamento del modello realizzato e quello di un modello fisico ottenuto in modo diverso.

I risultati delle simulazioni sono riportati nella fig. 5, relativa al caso di debole percussione ( $v_i = 1.5 \text{ m/s}$ ), e nella fig. 6, che si riferisce al caso di percussione di media entità ( $v_i = 3.5 \text{ m/s}$ ). Nelle figure 5a e 6a si individuano tre curve: la prima di esse, che rappresenta la traiettoria del martelletto, ha andamento quasi parabolico a meno di locali variazioni di curvatura dovute agli effetti delle onde che, dopo essere state riflesse alle estremità, tornano al punto di percussione prima che del termine dell'interazione. La curva che durante la percussione, tende a seguire il moto del martelletto è ovviamente la posizione della corda nel punto di contatto mentre quella che presenta più ondulazioni è la forza di interazione. Quest'ultima infatti è molto sensibile alle onde riflesse e appare tanto più variabile quanto più violento è l'urto del martelletto. Tali diagrammi sono del tutto simili a quelli ottenuti da Suzuki [5] con gli stessi parametri fisici ma con un modello notevolmente più complesso.

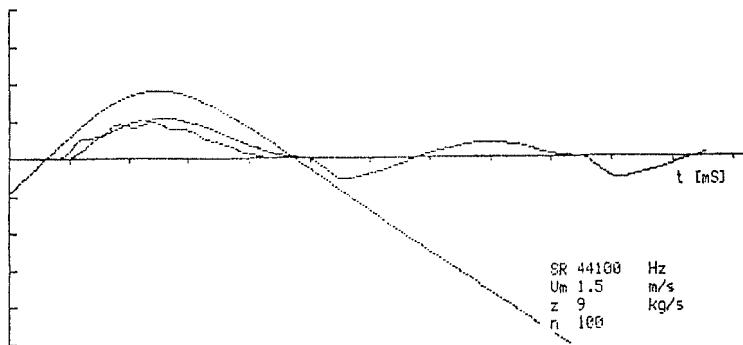
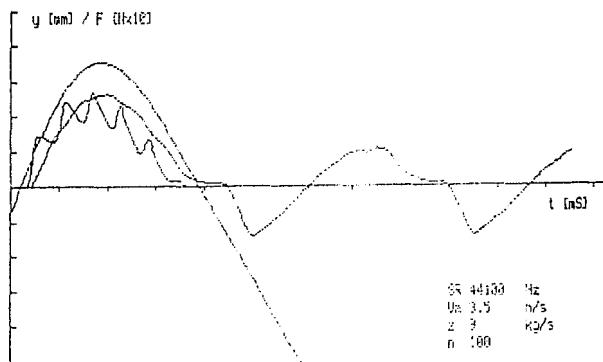
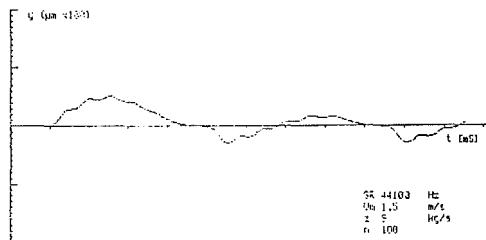


FIG. 5A: ANDAMENTO TEMPORALE DELLA FORZA E DELLE POSIZIONI  
DEL MARTELLETTO E DELLA CORDA AL PUNTO DI CONTATTO

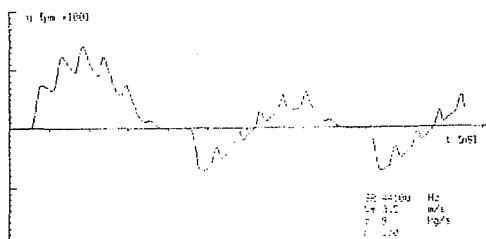


*FIG. 6A: ANDAMENTO TEMPORALE DELLA FORZA E DELLE POSIZIONI DEL MARTELLETTO E DELLA CORDA AL PUNTO DI CONTATTO  
PER  $V_s = 3.5 \text{ m/s}$*

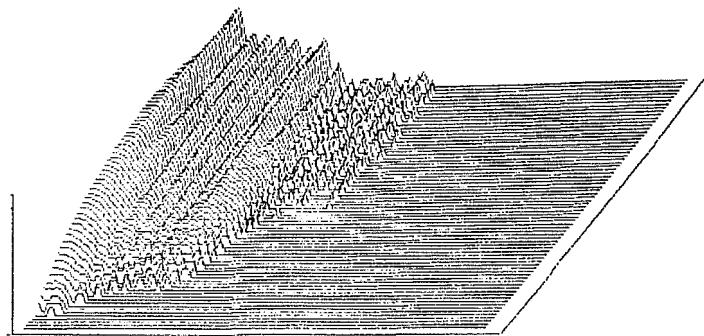
L'andamento del segnale sonoro  $s$  al ponticello è illustrato nelle figure 5b e 6b e i diagrammi che ne mostrano l'evoluzione temporale dello spettro sono riportati nelle figure 5c e 6c. Come si vede, il timbro si arricchisce considerevolmente passando da una percussione debole ad una di media entità. Questo fatto trova conferma anche all'ascolto, dove l'effetto percussivo risulta chiaramente riconoscibile con ottimi risultati nella fase di attacco del suono.



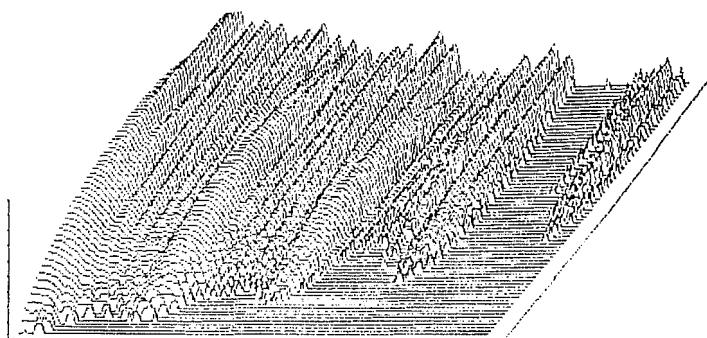
*FIG. 5B: ANDAMENTO TEMPORALE DEL SEGNALE USCENTE PER  $V_s = 1.5 \text{ m/s}$*



*FIG. 6B: ANDAMENTO TEMPORALE DEL SEGNALE USCENTE PER  $V_s = 3.5 \text{ m/s}$*



*FIG. 5C: EVOLUZIONE TEMPORALE DELLO SPETTRO DEL SEGNALE USCENTE  
PER  $V_s = 1.5 \text{ m/s}$*



*FIG. 6C: EVOLUZIONE TEMPORALE DELLO SPETTRO DEL SEGNALE USCENTE  
PER  $V_s = 3.5 \text{ m/s}$*

### 3. ESTENSIONI DEL MODELLO

Il metodo proposto ha il solo scopo di applicare una tecnica di sintesi di uso generale ad un caso specifico, senza alcuna pretesa di fornire risultati definitivi in tal senso. Di fatto il modello sviluppato è suscettibile di molti miglioramenti, soprattutto per quanto riguarda la realizzazione del risuonatore. Manca infatti un adeguato modello di tavola armonica, che può essere realizzata facendo uso di configurazioni più o meno complesse di Waveguide, oppure con opportune operazioni di filtraggio. Altra carenza del modello sta nel fatto che non si considera la rigidità propria della corda. E' dunque auspicabile un modello di risuonatore che renda conto anche degli effetti ad essa dovuti. Una caratteristica del pianoforte di cui si potrebbe tener conto è il particolare inviluppo del suono da esso prodotto. Il suo profilo in scala logaritmica, anziché essere rettilineo, presenta un punto di spezzamento. Tale effetto, detto "doppio decadimento", è principalmente

dovuto all'interazione di più corde accoppiate tramite lo stesso ponticello ed è ottenibile con una generalizzazione del modello di martelletto e facendo uso di più waveguide accoppiati tramite un'unica connessione puramente resistiva. Il modello andrebbe inoltre completato di filtri passa-tutto che consentano l'accordatura fine della corda e una selezione più accurata del punto di percussione.

#### 4. CONCLUSIONI

Come esempio applicativo della tecnica di strutturazione introdotta in [1] abbiamo costruito e analizzato un modello dell'interazione fra martelletto e corda per il suono del pianoforte evidenziandone le doti di fisicità e flessibilità.

Tenendo conto che si è voluto far uso di modelli fisici sia per il risuonatore che per l'eccitatore, il costo computazionale complessivo si è rivelato non troppo elevato non escludendo quindi la possibilità di una realizzazione hardware, anche di modelli più accurati, operante in tempo reale.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] G. Borin, G. De Poli, A. Sarti: "Sintesi per modelli fisici: strutture e metodi", VIII C.I.M. 1989.
- [2] G. E. Garnett: "Modeling piano sound using Waveguide Digital Filtering Techniques", 1987 ICMC Proceedings, pp 89,95.
- [3] J. O. Smith: "Waveguide Filter Tutorial", 1987 ICMC Proceedings, pp 9,16.
- [4] G. Borin, A. Sarti: "Sintesi per modelli fisici: l'interazione martelletto corda nel pianoforte", Rapporto Centro di Sonologia Computazionale dell'Università degli Studi di Padova 1988.
- [5] H. Suzuki: "Model analysis of a hammer-string interaction", IEEE proc. ICASSP, Tokyo, 1986, pp 1285,1288.

# METODO PER LA VALUTAZIONE AUTOMATICA DEI TIMBRI DI ORGANI A CANNE

*Giovanni Battista De Biasi, Massimo Dal Sasso  
(C.S.C. UNIVERSITÀ DI PADOVA)*

## SOMMARIO

Con il presente lavoro si è cercato di mettere a punto un metodo per studiare le caratteristiche e timbriche dei registri degli organi a canne e per darne una rappresentazione grafica adeguata, basandosi esclusivamente sull'impiego del calcolatore elettronico.

Questo metodo permette di eseguire una valutazione timbrica di classi di suoni senza dover impiegare i tradizionali gruppi di ascolto su cui sono per lo più basati gli studi sull'argomento sino ad oggi realizzati. La possibilità di svincolarsi dai gruppi di ascolto consente uno snellimento del lavoro e una riduzione dei tempi impiegati per effettuarlo.

Inoltre, poichè il metodo si basa sull'elaborazione matematica dei suoni reali, è agevole approfondire le conoscenze sulle relazioni tra le loro caratteristiche fisiche e le qualità timbriche in vista di utilizzare tali conoscenze per la riproduzione del suono mediante strumenti elettronici.

## 1. INTRODUZIONE

Il timbro è un attributo di fondamentale importanza per una nota musicale insieme con l'altezza, l'intensità e la durata. Si tratta, però, di un attributo molto più difficile da quantificare rispetto agli altri tre, che sono fisicamente misurabili, poichè è riconosciuto come complesso e multidimensionale.

Il timbro è anche difficilmente definibile, ma la definizione suggerita da Plomp [1] ci sembra adatta per il presente studio: "Il timbro è quell'attributo della sensazione

uditiva in termini del quale un ascoltatore può giudicare se due suoni complessi, aventi la stessa intensità, altezza e durata, sono diversi". Molti strumenti musicali rivelano differenza di timbro nei loro registri di varia altezza ed il timbro in ciascuno può essere variato dal musicista in modo indefinibile. Inoltre spesso il timbro può cambiare con il livello di intesità e a seconda delle caratteristiche delle fasi di attacco. Comunque, con una limitata esperienza, è facile riconoscere un particolare strumento musicale dalle caratteristiche del suo timbro ed è possibile distinguere il suono di strumenti simili, per esempio corni da trombe.

Nonostante l'importanza fondamentale del timbro musicale lo studio di tale argomento ha ricevuto poca attenzione dopo il lavoro di Helmholtz [2], di più di cento anni fa, in cui stabilì la dipendenza del timbro dal modello delle ampiezze delle armoniche e considerò trascurabile l'effetto della fase (legge di Ohm). La causa principale della mancanza di studi sul timbro è indubbiamente dovuta alla sua complessa natura multidimensionale. Solo recentemente teorie e tecniche nuove sono state rese disponibili per un adeguato trattamento di questi concetti complessi. Questi metodi sono stati applicati agli studi dei timbri musicali da Plomp [1,3] e da Grey [4,5]. Più particolarmente i suoni degli organi a canne, data la varietà timbrica dei loro registri, sono stati spesso soggetto di studi nella letteratura riguardante l'argomento. In particolare è apparsa interessante, per l'approccio radicalmente nuovo proposto, l'idea di C. Pagdham nell'articolo "The Scalign of the Timbre of the Pipe Organ" apparso sulla rivista "Acustica" del maggio 1986 [6].

L'autore propone la creazione di un grafico per la valutazione del timbro in diretta analogia con quello utilizzato per la valutazione della percezione visiva dei colori. Per questa valutazione è largamente usato un tipo di grafico polare con verso orario, che ha i quattro assi ortogonali rappresentanti i colori primari: rosso, giallo, verde e blu. La posizione di un colore è disegnata direttamente su una particolare linea radiale corrispondente al colore percepito e la sua posizione lungo la linea, dal centro del diagramma verso l'esterno, è determinata dall'intensità del colore che varia tra la mancanza del colore (centro) e la saturazione (periferia del diagramma). L'autore dell'articolo ha pensato così di costruire un grafico equivalente per la valutazione del timbro dei registri degli organi a canne, dove i quattro assi principali in questo caso (v. fig. 1) rappresentano le principali famiglie di registri di base che sono: Flauti, Principali, Viole e Ance. La posizione corrispondente ad un suono di organo a canne può essere individuata con un solo punto sul grafico polare, dove la posizione angolare che rappresenta il timbro del suono è misurata come angolo  $\theta$  che varia tra 0 e 24 in senso orario rispetto alla verticale (24 rappresenta l'angolo giro in analogia con la suddivisione in 24 ore dei quadranti degli orologi italiani).

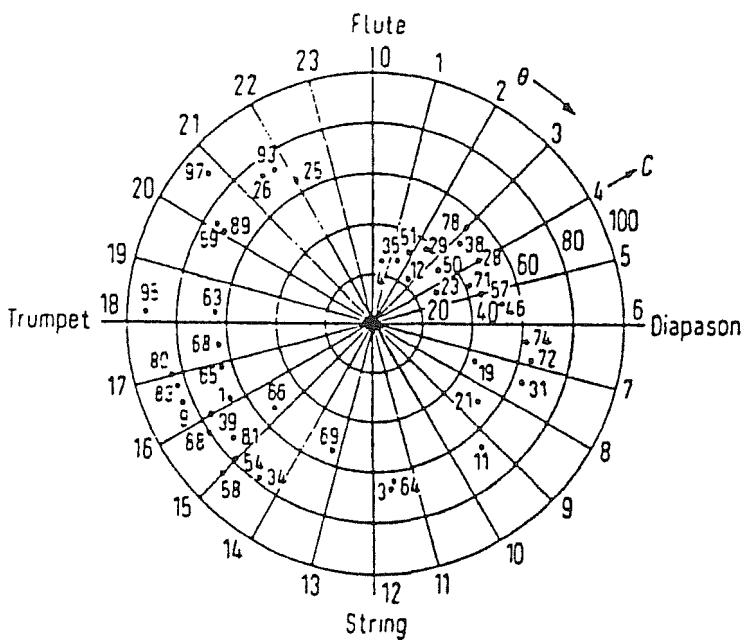
Così un suono di Principale potrebbe essere disegnato sull'asse orizzontale corrispondente a  $\theta = 6$ , mentre un Principale flautato potrebbe essere disegnato sulla linea corrispondente a  $\theta = 3$ .

La distanza lungo la linea che va dal centro verso l'esterno rappresenta una misura della complessità del suono, cioè una misura del numero e dell'ampiezza delle armoniche ascoltate nel suono. La complessità è calcolata su una scala che varia da 0 a 100, dove 20 può essere considerato semplice, 40 leggermente complesso, 60 moderatamente complesso, 80 complesso e 100 molto complesso.

La rappresentazione dei timbri di organi a canne su questo grafico è stata effettuata in base al giudizio di esperti musicali i quali, in diverse e ripetute sessioni,

hanno ascoltato le registrazioni di note della stessa altezza di registri di vari organi considerati particolarmente significativi per le loro caratteristiche timbriche.

Per ogni suono è stata calcolata la media dei giudizi e con tali valori sono stati inseriti i punti che compaiono nella fig.1.



*Fig. 1 : Grafico per la valutazione del timbro  
(i numeri accanto ai punti si riferiscono ad una tabella nell'articolo di Padgham).*

## 2. NUOVO METODO PROPOSTO

Data la semplicità e l'immediatezza della comprensione del grafico proposto da Padgham, si è pensato di effettuare una elaborazione di suoni di organo a canne tramite calcolatore elettronico che permettesse di ottenere lo stesso tipo di grafico e allo stesso tempo di svincolare dalla soggettività del giudizio degli esperti.

Bisogna mettere in luce, sin dall'inizio, come il risultato di tale elaborazione parta da presupposti completamente diversi da quelli su cui si è basata è l'analisi timbrica tradizionale dei gruppi di ascolto, avendo carattere di assoluta generalità in quanto si è cercata una valutazione timbrica che partisse dalle caratteristiche fisiche intrinseche del suono.

Basandosi sulle ipotesi finali del lavoro di Padgham si è cercato di generare un algoritmo che, in base all'ampiezza delle armoniche, ci permetesse di ottenere i due valori corrispondenti al timbro e alla complessità e quindi di rappresentare un suono con un punto su un grafico polare.

Per il calcolo dell'angolo corrispondente al timbro si è pensato di effettuare una combinazione lineare delle prime sei armoniche. Si può ritenere infatti che, almeno nel campo di frequenze tra 1000 e 5000 Hz, due frequenze corrispondenti a una quinta e a una sesta armonica (cioè in rapporto 5/6) giacciono in bande critiche distinte e possano perciò essere discriminate dall'orecchio.

Questo ragionamento si può applicare sino a suoni di frequenza fondamentale non inferiore a 128 Hz, e quindi riguarda una notevolissima parte dei suoni di interesse musicale.

Per il calcolo della complessità si è generata una formula funzione delle ampiezze delle prime trentadue armoniche, ritenendo che tale numero sia abbastanza significativo anche per suoni inferiori a 500 Hz, mentre per suoni di frequenza superiore le ultime tra le trentadue armoniche non sono nemmeno udibili.

Nel metodo che qui si espone, la prima operazione da compiere consiste nel campionare i suoni registrati di vari registri di organi a canne, utilizzando un convertitore analogico-digitale con una frequenza di campionamento  $F_c$  adeguata e con un filtro d'ingresso passa-basso anti-aliasing con larghezza di banda di  $F_c/2$ .

Si prende poi in considerazione, per ciascun segnale, un intervallo in regime stazionario, cioè abbastanza lontano dalle fasi di attacco e rilascio, che comprenda almeno dieci periodi del suono, in modo che effettuando il calcolo della trasformata di Fourier, dopo aver pesato i campioni nel tempo con una finestra di Hamming per eliminare il problema di non avere un numero intero di periodi, si possa ottenere un valore che rappresenti una media abbastanza significativa dello spettro del segnale in regime stazionario al variare del tempo.

Si ottengono così i valori delle ampiezze delle varie armoniche, memorizzati in un file. Tali valori sono posti come ingresso ad una serie di programmi che effettuano la vera e propria elaborazione per il calcolo dell'angolo corrispondente al timbro e della complessità e ne forniscono la loro rappresentazione grafica.

Più precisamente, avendo a disposizione i valori delle ampiezze delle armoniche, si calcola il valore efficace del segnale per mezzo della relazione

$$(1) \quad E = \frac{1}{\sqrt{2}} * \sqrt{\sum_n A_n^2}$$

dove  $E$  rappresenta il valore efficace del segnale e  $A_n$  il valore dell'ampiezza dell'armonica  $n$ -esima. Quindi si normalizzano i valori dei valori efficaci  $E_n = A_n / \sqrt{2}$  delle varie armoniche al valore efficace del segnale e si ottiene

$$(2) \quad a_n = \frac{E_n}{E} = \frac{A_n}{\sqrt{\sum_n A_n^2}}$$

Infine si calcolano i livelli delle armoniche normalizzate in dB con la formula

$$(3) \quad L_n = (20 * \log a_n) + 60$$

Si assume questo tipo di normalizzazione in quanto il valore efficace del segnale è rappresentativo della potenza acustica complessiva, cioè del Livello di Intensità Sonora (IL). Questo a sua volta si assume sia stato scelto dal costruttore per ciascun registro e nei vari campi di frequenza in modo da avere un Livello di Sonorità (LL misurato in phon) adatto alle caratteristiche del registro stesso: quindi si ritiene che IL e valore efficace tengano già conto della sensibilità dell'orecchio alle varie frequenze. Nei vari calcoli si accettano come significative le armoniche per cui  $L_n$  non sia negativo: ciò sembra ragionevole, in quanto armoniche con livelli oltre 60 dB inferiori al valore efficace si possono ritenere mascherate dal rumore di fondo.

La combinazione lineare che definisce l'angolo rappresentante il timbro del suono si può ritenere in un certo grado arbitraria e può convenire legarla alle caratteristiche armoniche dei registri più tipici, assegnando opportuni pesi ai livelli delle armoniche dalla seconda alla sesta, in modo da ottenere angoli via via crescenti a partire dalla famiglia dei Flauti con il susseguirsi dei Bordoni, dei Principali, della Viole e delle Ance.

Nella combinazione lineare non si è considerato il valore della prima armonica e non verrà considerato nemmeno nella fase successiva. Questo perchè si è supposto che, nel caso di un suono il cui spettro sia composto dalla sola armonica fondamentale, percepito uditivamente come un fischio, la sua rappresentazione sul grafico cada sull'asse verticale, a significare la mancanza di qualsiasi caratteristica che permetta di attribuirgli delle qualità timbriche.

Per ricavare tali pesi si è utilizzato un programma per la risoluzione di sistemi lineari (EUREKA) col quale è possibile impostare delle condizioni sulle incognite del sistema. Si è così calcolata la soluzione di un sistema lineare di cinque equazioni le cui righe sono i livelli delle armoniche dalla seconda alla sesta di quei registri che si considerano particolarmente significativi per ciascuna famiglia, imponendo che il risultato di ciascuna riga sia minore di un determinato valore, che rappresenta la dislocazione in gradi sul grafico per ciascuna famiglia di registri.

Si è imposto così per i Flauti un angolo sino a 60 gradi, per i Bordoni sino a 90, per i Principali sino a 150, per le Viole sino a 210 e per le Ance sino a 250 gradi. Tali valori sono stati posti in modo da ottenere una rappresentazione del timbro che sia il più possibile simile a quella ottenuta da Pagdham nel suo articolo, basata sul giudizio dell'ascolto di esperti musicali. Si è imposto inoltre che il valore delle incognite, e quindi il valore dei pesi, risulti maggiore di zero.

Per il calcolo della complessità ci si è basati su un ragionamento del tipo seguente.

Il massimo della complessità si deve avere per un suono con tutte le prime trentadue armoniche di uguale ampiezza, per cui il valore efficace di ciascuna è  $a_n = 1/\sqrt{32}$ , per n che varia da 1 a 32; nello stesso tempo i livelli di tutte le armoniche valgono

$$(4) \quad L_n = (20 * \log 1/\sqrt{32}) + 60 = 45 \text{ dB}$$

Il minimo della complessità deve risultare, come è ovvio, per un suono puro il cui spettro è composto dalla sola fondamentale, nel qual caso si ha  $a_1 = 1$  e  $L_1 = 60$  dB.

Bisogna inoltre che la formula per il calcolo della complessità tenga conto del numero di armoniche che compongono lo spettro del suono e dei loro livelli.

Si è pensata così una formula semi-empirica del tipo

$$(5) \quad C = \frac{1+K}{H} * \sum_{n=1}^{32} L_n K$$

dove i valori incogniti di H e K sono stati calcolati imponendo le condizioni che risulti  $C = 0$  nel caso di un suono puro con la sola fondamentale, cioè

$$(6) \quad C = \frac{1+K}{H} * 60 - K = 0$$

e che risulti  $C = 100$  nel caso di un suono con tutte le prime trentadue armoniche aventi la stessa ampiezza, cioè

$$(7) \quad C = \frac{1+K}{H} * (32*45) - K = 100$$

Risolvendo il sistema di secondo grado si sono ottenuti i seguenti valori:  $K = 100/23$  e  $H = 369/5$  e quindi la formula finale della complessità risulta

$$(8) \quad C = \frac{5}{69} * \sum_{n=1}^{32} L_n \frac{100}{23} = \frac{100}{23} * \left( \frac{1}{60} * \sum_{n=1}^{32} L_n - 1 \right)$$

### 3. APPLICAZIONE SPERIMENTALE DEL METODO E CONCLUSIONI

Il metodo illustrato è stato applicato impiegando una serie di registrazioni dei vari timbri dei registri dell'organo a canne Mascioni del Conservatorio "C. Pollini" di Padova. Per ogni registro si è assunto come tipico il DO centrale della tastiera, ossia il DO4.

Si è costruito il sistema lineare con i livelli delle armoniche normalizzate dalla seconda alla sesta dei registri più caratteristici di questo organo a canne, i cui valori vengono riportati nella tabella 1.

Numero	Registro	I	II	III	IV	V	VI
5	Flauto	60	51	39	24	18	9
15	Bordone	60	25	45	30	14	17
14	Principale	57	56	47	45	41	31
16	Viola	48	58	53	49	46	45
1	Tromba	50	48	46	50	44	54

TABELLA I

Valori delle prime sei armoniche normalizzate dei registri caratteristici di ciascuna famiglia.

Si è dunque costruito il seguente sistema lineare per il calcolo dei pesi, tramite il programma EUREKA:

$$\begin{aligned}
 51*p_2+39*p_3+24*p_4+18*p_5+9*p_6 &= \text{ang1} \\
 25*p_2+45*p_3+30*p_4+14*p_5+17*p_6 &= \text{ang2} \\
 56*p_2+47*p_3+45*p_4+41*p_5+31*p_6 &= \text{ang3} \\
 58*p_2+53*p_3+49*p_4+46*p_5+45*p_6 &= \text{ang4} \\
 48*p_2+46*p_3+50*p_4+44*p_5+54*p_6 &= \text{ang5}
 \end{aligned}$$

dove  $p_2, \dots, p_6$  sono le incognite del sistema e rappresentano i pesi per cui verranno moltiplicati i valori delle armoniche dalla seconda alla sesta, mentre  $\text{ang}_1, \dots, \text{ang}_5$  rappresentano gli angoli corrispondenti ai registri caratteristici, secondo le regole sopra ricordate. Si è ottenuto il grafico polare illustrato in fig. 2, con i settori caratteristici delle varie famiglie di registri.

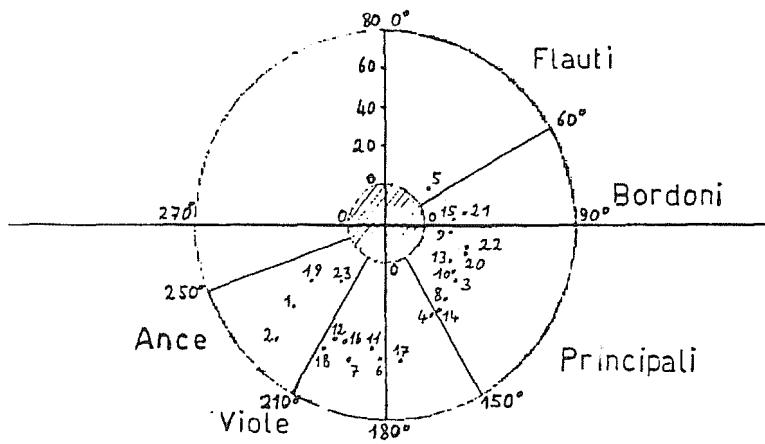


FIG. 2 : Grafico polare per la rappresentazione del timbro.

Dal sistema lineare, con le condizioni imposte, si ottengono per i pesi i seguenti valori :

$$p_2 = 0.08 \quad p_3 = 0.13 \quad p_4 = 0.6 \quad p_5 = 0.18 \quad p_6 = 3.36.$$

Riportiamo di seguito la tabella 2, riassuntiva di tutti i registri analizzati, nella quale l'attribuzione alla famiglia è effettuata in base all'angolo trovato con i pesi precedentemente indicati.

Numero	Registro	$\theta$	C	Famiglia
5	Flauto	57	11	Flauti
21	Bordone + Flauto in XII	82	20	Bordoni
15	Bordone	85	15	Bordoni
9	Flauto a cuspide	97	14	Principali
22	Principale + Flauto in XVII	108	23	Principali
20	Flauto a cuspide + Flauto in XII	109	23	Principali
13	Voce Umana	120	17	Principali
10	Voce Umana	126	23	Principali
3	XV	128	26	Principali
8	Principale	142	28	Principali
14	Principale	149	29	Principali
4	XII	152	31	Viole
17	Voce Celeste	175	49	Viole
6	Ripieno	184	48	Viole
11	Sesquialtera	188	44	Viole
7	Tutti	196	56	Viole
16	Viola da gamba	202	45	Viole
12	Cromorno	206	45	Viole
18	Regale	209	52	Viole
23	Bordone + Flauto in XIX	220	18	Ance
2	Tromba Orizzontale	225	64	Ance
1	Tromba	230	45	Ance
19	Oboe	235	30	Ance

TABELLA 2  
*Registri analizzati ed attribuzione effettuata automaticamente alle varie famiglie.*

Dai risultati ottenuti si può vedere come, con i pesi calcolati, la rappresentazione di ciascun registro cada approssimativamente nella regione del diagramma relativa alla famiglia a cui appartiene.

Ciò può essere considerato un buon risultato, tenuto conto che il lavoro viene svolto quasi interamente dal calcolatore, con notevole risparmio di tempo e di impiego di persone specializzate. Inoltre i risultati delle analisi sono svincolati dal giudizio soggettivo dei componenti dei gruppi di ascolto, che può risultare in qualche modo condizionato da fattori esterni (gusto, attenzione, stanchezza ...), ma dipendono direttamente dalle caratteristiche intriseche di ciascun suono.

Applicazioni del metodo su un maggior numero di registri di diversi organi a canne permetteranno l'acquisizione di ulteriori informazioni sulle caratteristiche timbriche sia per una maggiore conoscenza a livello teorico, sia per una conseguente applicazione alla sintesi ed alla riproduzione dei suoni mediante strumenti elettronici.

#### 4. BIBLIOGRAFIA

- [1] R. Plomp, Frequency analysis and periodicity detection in hearing , Leiden : R. Plomp, G. F. Smoorenburg and A. W. Sitjhoff, 1970, pp. 397-411.
- [2] H.L.F. Helmholtz, On the sensations of tone , New York : Dover, 1954.
- [3] R. Plomp, Aspects of tone sensation , London : Academic Press , 1976.
- [4] J. M. Grey " Multidimensional perceptual scaling of musical timbres " Journal of Acoustical Society of America, vol. 61, n. 5, pp. 1270-1277, May 1977.
- [5] J. M. Grey "Timbre discrimination in musical patterns" Journal of Acoustical Society of America, vol. 64, n. 2, pp. 467-472, August 1978 .
- [6] C. Padgham " The scaling of the timbre of the pipe organ " Acustica, vol. 60, n. 3, pp. 189-204, May 1986.

# GENERALIZZAZIONE DELL'OSCILLATORE VOSIM PER LA SINTESI DEL SUONO

*Giovanni De Poli, Andrea Faccio: CSC-DEI,  
UNIVERSITÀ DI PADOVA, VIA GRADENIGO 6A,  
35131 PADOVA, TEL. 049-8070268*

## INTRODUZIONE

Gli oscillatori a forma d'onda fissa, risultano insufficienti nelle applicazioni musicali. Nel loro lavoro pionieristico sul VOSIM, Kaegi e Tempelaars proposero un oscillatore a forma d'onda variabile con continuità realizzato con complessità computazionale analoga a quella dell'oscillatore a forma d'onda fissa. La forma d'onda complessiva (FOC) di un periodo è composta da una sequenza di N forme d'onda elementari (FOE) con andamento  $\sin^2$  di uguale durata  $T_v$  e di ampiezza decrescente con un fattore  $b_v$ . La sequenza è seguita da una pausa  $M_v$  di durata variabile, dopo di che viene ripetuta. Per piccole variazioni di  $M_v$  viene generato un segnale quasi periodico il cui inviluppo spettrale coincide con lo spettro della singola forma d'onda complessiva. Il suono è caratterizzato dalla presenza di un formante e da energia in corrispondenza delle prime armoniche. Inoltre è possibile controllare la posizione del formante separatamente dalla frequenza del suono. Si ha cioè un particolare tipo di sintesi sottrattiva con controllo dinamico dello spettro. Si può osservare che le possibilità di controllo dinamico dell'oscillatore VOSIM sono piuttosto limitate.

In questo lavoro l'oscillatore VOSIM viene analizzato dal punto di vista dell'elaborazione numerica dei segnali. In questo quadro vengono presentate alcune proposte di generalizzazione che ampliano i tipi di forma d'onda impiegabili e i controlli utilizzabili. Nel seguito, essendo la trattazione nel discreto, verranno usate le frequenze normalizzate rispetto la frequenza di campionamento.

## 1. L'OSCILLATORE VOSIM RIVISTO

L'oscillatore VOSIM può essere interpretato, nell'ambito della elaborazione numerica del segnale, come un filtro FIR eccitato da un impulso in corrispondenza di ogni ripetizione della FOC. La FOC dell'oscillatore VOSIM viene quindi ad essere la risposta impulsiva del FIR, l'inviluppo spettrale del suono è il modulo della corrispondente risposta in frequenza mentre la ripetizione della forma d'onda corrisponde ad una eccitazione impulsiva quasi periodica. Il segnale risultante avrà l'energia concentrata in armoniche equispaziate con l'ampiezza che segue l'inviluppo spettrale sopra definito. La variazione della pausa tra due forme d'onda determina una corrispondente variazione del periodo.

L'oscillatore VOSIM è una maniera efficiente per implementare la sintesi sottrattiva e quindi del modello sorgente-filtro, tipico del meccanismo di produzione di molti suoni. E' questa la ragione della validità concettuale e pratica dell'oscillatore VOSIM nelle applicazioni musicali, che è storicamente importante se si pensa al periodo in cui venne proposto, quando cioè si faceva sintesi a forma d'onda fissa o al più additiva, e la modulazione di frequenza non era ancora entrata in uso come tecnica di sintesi.

Se  $h(n)$  è la forma d'onda complessiva e  $u(n)$  una eccitazione impulsiva, con un impulso per ogni ripetizione della FOC, si ottiene in uscita

$$r(n) = u(n) * h(n)$$

Si può osservare che la FOC è composta da una sequenza di FOE. E' utile interpretare è anche questa sequenza come l'uscita di un filtro FIR avente come risposta all'impulso la FOE. Questo filtro è eccitato da una sequenza di impulsi equispaziati di ampiezza decrescente.

In questa interpretazione se  $g(n)$  è la singola FOE, otteniamo che

$$h(n) = P_{np}(n) * g(n)$$

dove  $P_{np}(n)$  è una sequenza di  $N$  impulsi di ampiezza decrescente, equispaziati con distanza eguale a  $np$ .

L'inviluppo spettrale dell'oscillatore sarà dato da

$$H(f) = P_{np}(f) \cdot G(f)$$

Pertanto esso risulta dal prodotto di due termini. Il primo  $P_{np}(f)$  dipende solo dagli  $N$  impulsi ed è periodico in frequenza con periodo  $F = 1/n_p$ . Il modulo di  $P_{np}(f)$  risulta inoltre simmetrico rispetto  $F_c/2$ , essendo le ampiezze degli impulsi espresse da valori reali. E' dovuto a questa proprietà l'andamento dell'inviluppo spettrale con energia alle basse frequenze e in corrispondenza del formante a  $F_c$ .

Il secondo,  $G(f)$ , invece dipende solo dalla FOE scelta. Nel caso del VOSIM la FOE,  $g_v(n)$  è una finestra di Hanning e quindi risulta un passabasso a fase lineare. Esso serve a limitare lo spettro del segnale e, nei sistemi discreti, ad evitare il foldover. Se  $n_e$  è la durata della FOE, si può osservare che lo spettro  $G_v(f)$ , ha zeri in corrispondenza di  $kF_e$ , con  $k > 1$ , dove  $F_e = 1/n_e$ . Pertanto lo spettro spesso può essere trascurato per frequenze superiori a  $2F_e$ , larghezza in frequenza del lobo principale.

Nel VOSIM  $n_p = n_c$  e quindi  $F_p = F_c$ , ne risulta che  $F_p$  è la frequenza del formante e che le sue repliche ai multipli di  $F_p$  vengono cancellate dagli zeri di  $G(f)$ , ottenendo così un segnale a banda praticamente limitata.

## 2. GENERALIZZAZIONE

Una prima generalizzazione consiste nell'usare  $n_c$  diverso da  $n_p$ . Ciò comporta di usare una porzione maggiore o minore dello spettro di  $P_{np}(f)$ , che ricordiamo si ripete periodicamente in frequenza con periodo  $F_p$ . Se ad esempio nel VOSIM si usa  $n_c = 2_{np}$ , il primo zero di  $G(f)$  coincide con  $F$  e quindi approssimativamente la banda si dimezza. Resta pertanto la parte di  $P_{np}(f)$  fino a  $F_p/2$ . Questo equivale a ricostruire mediante un particolare tipo di interpolazione una sequenza  $h(n)$  decrescente esponenzialmente da alcuni suoi campioni. E' un procedimento analogo a quello usato da Bass e Goedel per i suoni periodici. Se invece si usa  $n_c = n_p/2$  allora la banda è approssimativamente  $4F_p$ , e risultano tre formanti equispaziati. In questo caso restano, anche se molto attenuate, delle repliche ai multipli superiori di  $F_p$ .

Queste repliche possono essere praticamente eliminate con una scelta di  $g(n)$  che attenui meglio in banda oscura, ad esempio usando come FOE la finestra di Hamming. Questa osservazione suggerisce una seconda generalizzazione che consiste nell'usare altri tipi di forme d'onda elementari. Una scelta può essere quella di finestre di tipo diverso; come ad esempio la finestra di Blackman - Harris per avere una migliore attenuazione in banda oscura. Un'altra possibilità consiste nell'usare FOE che contribuiscono a sagomare lo spettro; ad esempio corrispondenti a filtri passa banda.

Altra linea di generalizzazione può essere quella di usare differenti funzioni  $P_{np}(n)$ . Per controllare l'inviluppo spettrale si osserva che  $P_{np}(n)$  è una sequenza finita di impulsi e quindi risulta a sua volta la risposta all'impulso di un filtro FIR. La scelta di  $P_{np}(n)$  equivale quindi al progetto di un FIR, con specificazione del modulo della risposta in frequenza tra 0 e  $F/2$ . Il resto è determinato per simmetria. Posto  $P(z) = P_{np}(z^{np})$  risulta definita la sequenza  $p(n)$  che è uguale alla sequenza  $P_{np}(n)$  avendo tralasciato i campioni nulli e quindi decimando la sequenza  $P_{np}(n)$ . Il problema diventa quello di progettare un filtro FIR data la risposta in frequenza desiderata tra 0 e 1/2. Si ricordi che vale la relazione:

$$P(f) = \frac{1}{np} \cdot P_{np}\left(\frac{f}{np}\right)$$

Nel caso del VOSIM  $p(n)$  ha campioni che decrescono esponenzialmente. Se  $b$  è il fattore per cui viene moltiplicata l'ampiezza di un campione per ottenere l'ampiezza del campione successivo, si riconosce che il VOSIM approssima un passa basso con polo in  $z=b$  mediante troncamento, con finestra rettangolare, della risposta impulsiva. Risulta

$$P(z) = \frac{1 - b^N z^{-N}}{1 - bz^{-N}}$$

Il filtro FIR risultante avrà  $N-1$  zeri equispaziati siti sulla circonferenza di raggio  $b$  corrispondenti alle radici N-sime di  $b^N$ . Questa formula fornisce anche informazioni interessanti sull'influenza del numero  $N$  di FOE usate. Si vede infatti che l'errore relativo di approssimazione ha andamento oscillatorio di tipo mini-max tra i valori di  $\pm b$ ; che è

l'ampiezza del primo campione trascurato. Gli estremi dell'errore relativo sono in corrispondenza di  $(i \cdot F_s)/(2 \cdot N)$  e si alternano minimi e massimi. Con  $b=1$  lo spettro presenta zeri in corrispondenza dei minimi escluso ovviamente per  $f = 0, F_s$ . Il criterio scelto con felice intuizione da Kaegi e Tempelaars approssima in maniera ottima l'involuppo spettrale di un polo.

In generale la sequenza  $p(n)$  può essere progettata per soddisfare le più diverse esigenze, utilizzando poi  $g(n)$  per limitare la banda dello spettro. Inoltre la scelta di  $n_p$  consente di spostare le ripetizioni e quindi la posizione dei formanti nonché di comprendere o espandere in frequenza lo spettro. Per avere spettri interessanti è opportuno che ci siano formanti, cioè zone ad alta energia, separati da zone a bassa energia. Ragioni di efficienza computazionale suggeriscono di limitare il più possibile il numero  $N$  di impulsi che compongono la sequenza  $P(n)$ . Risulta che non sono ottenibili filtri molto precisi e/o molto articolati. Sembra pertanto conveniente limitarsi a passa basso, passa alto o passa banda. Per  $N$  piccolo si può progettare i filtri controllando direttamente la posizione degli zeri sul piano  $z$ . Per  $N$  superiore conviene invece ricorrere a tecniche standard di progetto di filtri FIR. Eventualmente per avere variazioni continue delle caratteristiche conviene progettare prototipi di tipo passa-basso e ottenere i corrispondenti passa-banda e passa-alto con modulazione:  $p_{BP}(n) = p_{LP}(n) \cdot \cos(2\pi f_{cav} n) \quad n = 0..N-1$

### 3. GLOBALE

Quanto visto nel paragrafo precedente, illustra come ottenere una certa  $H(f)$  a partire da una sequenza di funzioni  $g(n)$  pesate nel tempo. Si può osservare che se non è necessario avere variazioni continue di  $H(f)$ , si può progettare direttamente la FOC che approssimi in modo globale un involuppo spettrale desiderato. Con questo approccio inoltre si ottengono tabelle più corte, a parità di errore. Il problema viene quindi ricondotto a progettare un filtro FIR avente una risposta in frequenza desiderata. Fra le varie tecniche quelle che hanno dato risultati migliori nel nostro caso sono il campionamento in frequenza e l'approssimazione minimax.

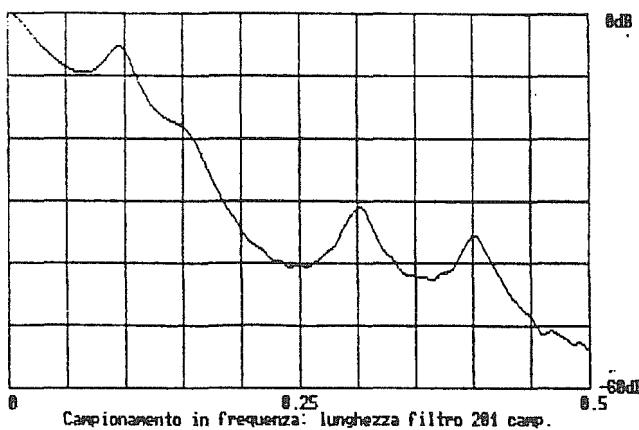


FIG.1

Il primo metodo consiste nel campionare, in frequenza, il modulo dello spettro desiderato; calcolare la FFT inversa su un adeguato numero di punti, per ridurre al minimo i problemi di aliasing, moltiplicare il risultato per una finestra, che può essere quella rettangolare. Si può osservare come questo metodo sia flessibile, in quanto l'utente musicista che è spesso poco familiare con la teoria matematica dell'analisi di Fourier, può disegnare direttamente in frequenza l'andamento spettrale desiderato (ad esempio con un editor grafico) ed ottenere automaticamente la FOC desiderata.

Nelle figura 1 è riportato lo spettro di una vocale /a/ ottenuto con questo metodo; la lunghezza della risposta impulsiva è di 201 campioni.

Il metodo del campionamento in frequenza se lodevole dal punto di vista computazionale e per la notevole flessibilità offerta, non è quello che fornisce il filtro ottimo. Fra i vari criteri di ottimizzazione, il più adatto al nostro scopo è la minimizzazione, in norma minimax, dell'errore relativo. A tale scopo è stato modificato il programma di Mc-Clellan. In figura 2 è mostrata la approssimazione a fase lineare della vocale /a/ di prima ottenuta con questa tecnica e lunghezza  $N=201$ . L'errore relativo risulta pari a 0,00034; nel progetto con il campionamento in frequenza risultava un errore relativo massimo pari a 0,156.

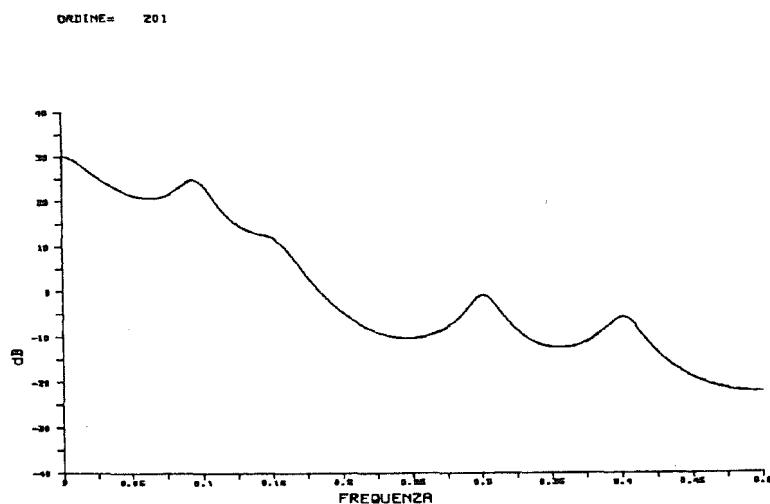


FIG. 2

Il requisito della fase lineare è importante quando ci sono più filtri in parallelo per evitare indesiderate cancellazioni nello spettro. Nell'approssimazione globale questa motivazione viene a mancare. Ci si può quindi rivolgere ad altri tipi di filtri, ottenendo così filtri più corti a parità di bontà di approssimazione. Tra questi abbiamo investigato i filtri FIR a fase minima, progettati secondo il metodo sviluppato da Mian (1981). In tabella viene confrontato l'andamento della deviazione ottenuta nella approssimazione della vocale /a/ a fase lineare e minima, per varie lunghezze.

N	DEVIAZIONE ( $\pm$ dB)	
	Fase Minima	Fase Lineare
25	2.02	3.30
27	1.85	3.26
35	1.31	2.48
39	1.07	2.01
45	0.75	1.57
49	0.66	1.34
55	0.47	1.21

TABELLA

Come si vede si può ridurre la lunghezza di circa un terzo, perdendo però la simmetria.

Spesso nelle applicazioni acustiche non è necessario approssimare ovunque uno spettro dato, ma ci si può accontentare di approssimarlo solo in certe zone, ritenute più significative e impostare solo vincoli in altre zone. Nel progetto di filtri FIR questo problema è stato risolto per la norma minimax da Grenez (1983). Noi abbiamo adattato il suo programma al nostro caso. In figura 3 è mostrato un esempio di approssimazione a fase minima dove a partire dalla frequenza  $f=0.35$  è stato posto un vincolo costante.

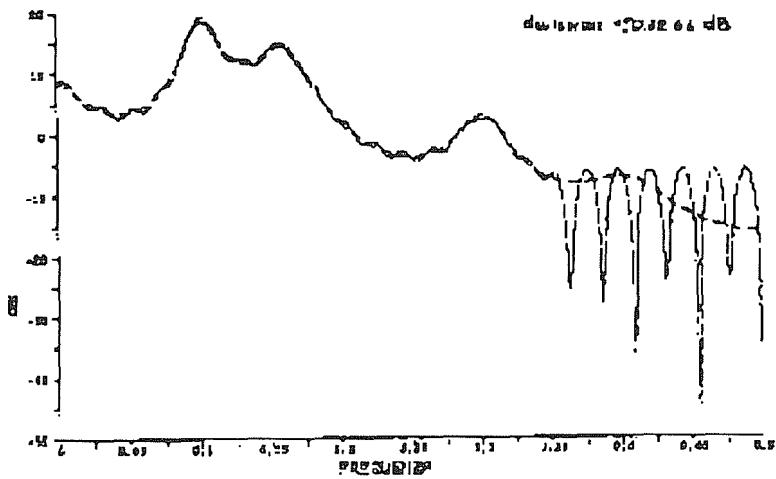


FIG.3

#### 4. CONCLUSIONI

L'interpretazione dell'oscillatore Vosim dal punto di vista del Signal Processing ha consentito di comprenderne meglio i punti di forza e le debolezze e di proporre alcune generalizzazioni che possono essere utili nelle applicazioni musicali. In particolare sono stati forniti i criteri per la scelta delle forme d'onda elementari e dei coefficienti moltiplicativi. Queste manipolazioni mantengono i principali pregi come la fusione percettiva delle armoniche e l'estrema velocità computazionale allargando simultaneamente le possibilità di controllo. Per un controllo più raffinato dell'inviluppo spettrale abbiamo proposto di usare, quando il suono non varia molto velocemente le sue caratteristiche timbriche, una tecnica di sintesi globale. Questo permette, usando in particolare FIR a fase minima e vincolati di ridurre ancora la complessità computazionale dell'algoritmo di sintesi.

#### BIBLIOGRAFIA

- De Poli E., e G. De Poli., Identificazione dei parametri di un oscillatore VOSIM a partire da una descrizione spettrale., Atti del III CIM, Pisa 1979, pp.161-177.
- De Poli G., G. Longo, G.A. Mian, An effective software tool for digital filter design, Proc. IASTED Int. Symp., 1986, pp. 237-242.
- Grenez F., Design of linear or minimum-phase FIR filters by constrained Chebyshev approximation, Signal Processing, n.5, 1983, pp. 325-332.
- Mian G.A., A.P. Nainer, A fast procedure to design equiripple minimum-phase FIR filter, IEEE trans. CAS-29, 1978, n.11, pp. 893-902.
- Kaegi W., A minimum description of the linguistic sign repertoire (parte 1 & 2), Interface, 1973, n.2: 141-156, n.3: 132-158.
- Kaegi W., S. Tempelaars, VOSIM-A new sound synthesis system, Journal of AES, 1978, n.6, pp. 418-424.
- Tempelaars S., The VOSIM signal spectrum, Interface, 1976, n.6, pp 81-86.

# ANALISI E SINTESI DEL CANTO DIFONICO

*GRAZIANO TISATO  
CENTRO DI SONOLOGIA COMPUTAZIONALE  
UNIVERSITÀ DI PADOVA*

## 1. TECNICHE VOCALI ESTESE

Accanto alle tecniche vocali più tradizionali, si sono tentate nell'arte contemporanea occidentale esperienze nuove che interessano tutte le possibilità espressive della voce (canto, recitar cantando, poesia sonora, prosa).

Questi tentativi rispondono ad esigenze ben precise di rifondazione del linguaggio musicale e del processo creativo nei suoi differenti aspetti e subiscono tanto l'influsso dello sviluppo scientifico e tecnologico odierno nel campo della fisica, della percezione, dell'intelligenza artificiale, ecc., quanto il contatto con tradizioni culturali extra-europee.

Le ricerche intraprese portano alla definizione di strumenti concettuali e operativi nuovi, ad un ampliamento del vocabolario espressivo e a modalità compositive non tradizionali del materiale sonoro.

Fra i tanti, e limitatamente alle tecniche di cui vogliamo qui occuparci, si possono citare Karlheinz Stockhausen (*Stimmung*), Demetrio Stratos, il gruppo EVTE(Extended Vocal Techniques Ensemble) dell'Università di California a San Diego, David Hykes con il suo Harmonic Choir, Roberto Laneri e il gruppo Prima Materia (fra cui Nicola Bernardini), Michael Vetter, Christian Bollmann, il gruppo Dusseldorf Oberton Chor, Tran Quang Hai.

Un lavoro abbastanza sistematico, dovuto ai ricercatori dell'EVTE, che si giovarono di tutte le tecniche informatiche del CME (Center for Music Experiment) dell'Università di California, portò alla catalogazione di alcuni possibili effetti vocali e alla loro applicazione pratica in interessanti composizioni. Il lessico comprendeva, fra le altre tecniche, il rinforzamento di armoniche volute, vari tipi di ulutato, schiocchi di differente velocità, intensità e altezza percepita, canto "tibetano" con fondamentali molto basse(Si 61 hz - Re 73 hz) e armoniche udibili in ottava, ed infine suoni multifonici complessi con componenti rumorose.

## 2. CANTO DIFONICO O CANTO DEGLI ARMONICI (OVERTONE SINGING).

Fra le tecniche suddette, una delle più interessanti è il cosiddetto canto difonico (overtone singing), in cui si riesce a sdoppiare (a volte triplicare) l'immagine uditiva di suono vocale armonico, con una propria fondamentale e un determinato timbro, in due (tre) suoni di cui il primo coincide (ovviamente) con la fondamentale e il secondo è un suono quasi puro coincidente con una delle armoniche (overtone) della fondamentale. A seconda dello stile e della bravura, l'armonica che si percepisce a sè stante, può andare dalla seconda alla 24-esima, ed arrivare in certi casi all'estensione del piccolo (secondo il Leipp al DO 4186 hz), in un registro, quindi, assolutamente innaturale per la voce umana.

Questo tipo di canto proviene da un ambito culturale molto diverso dal nostro (Tibet, Mongolia, Turkmenistan, ecc.), ma è presente anche nella tradizione europea più remota (a partire dal canto gregoriano secondo Reznikoff, 1980); ora è evidente che la memoria storica, o il potere di osservazione, deve difettare se ancora pochi decenni fa si poteva affermare in un trattato di acustica (Radau, 1880):

“...ma si deve classificare fra i miracoli ciò che Garcia racconta dei contadini russi da cui egli avrebbe sentito cantare simultaneamente una melodia con voce di petto e un'altra con voce di testa”.

Non si tratta dunque di suoni doppi ottenuti da una qualsiasi compressione muscolare della laringe, come si rileva nel canto dei Touvines (Turkmenistan) o in alcuni vocalizzi di Demetrio Stratos. In questi casi la laringe funziona come un generatore di suoni con due altezze, uno dovuto alla vibrazione delle (vere) corde vocali, l'altro al fischio prodotto dal fortissimo restringimento delle pieghe (false corde vocali) situate al di sopra del ventricolo di Morgagni, fino a lasciare un foro di appena 1.5-2 mm (Dmitriev, 1983). Il movimento di restringimento può essere variato ritmicamente e provocare una modulazione di ampiezza e frequenza (Ferrero, 1980). Nel caso, dunque, che i suoni doppi (o tripli) siano fisicamente distinti già nel suono laringeo, e non separati per meccanismi percettivi all'interno di un suono armonico con una unica fondamentale, si parla di diplofonia (o triplofonia).

## 3. FORMAZIONE DI UNA IMMAGINE UDITIVA

Siamo ben lontani dall'avere esaurito le conoscenze sui meccanismi percettivi dei suoni complessi. Per quanto riguarda i suoni armonici, suoni cioè in cui le parziali siano equispaziate, questi meccanismi tendono a darci una sensazione di un unico suono con la fondamentale corrispondente alla parziale armonica più bassa e con un timbro che tiene conto dell'insieme delle armoniche, del loro tipo di attacco e della loro evoluzione temporale. Il raggruppamento, compiuto dall'udito, delle parziali relative ad una stessa fondamentale è favorito dalla coerenza delle microvariazioni di frequenza e ampiezza, o da fenomeni più macroscopici come il vibrato di ampiezza e frequenza (con lo stesso andamento su tutte le parziali) (McAdams, 1981). La spiegazione di questo fenomeno si situa probabilmente a due livelli: uno fisico, dovuto al movimento del suono sulla membrana basilare, per cui i suoni armonici eccitano zone in relazione spaziale molto precisa, ed un secondo livello, più elevato, in cui l'informazione neuronale è sintetizzata

in una unica immagine coerente (voce umana maschile, oppure suono di tromba o viceversa suono rumoroso, se quelle relazioni e altre informazioni non fossero omogenee, ecc). Esiste dunque un parallelismo comportamentale fra udito e visione, per cui si tende, ad esempio, a raggruppare un certo numero di punti in schemi molto semplici (cerchio, poligonale, ecc.), secondo quanto affermano le teorie della Gestalt. Questa tendenza è talmente forte che consente la percezione della fondamentale, anche quando questa sia fisicamente assente, ricavandola dall'intervallo frequenziale costante che esiste fra le parziali.

Un altro fenomeno rende difficoltosa la percezione separata delle parziali (armoniche o anche non armoniche, in questo caso): fisicamente, i suoni a bassa frequenza, con lunghezza d'onda maggiore, si propagano lungo la membrana basilare nella direzione dell'estremità apicale, interferendo con le zone di eccitazione dovuta ai suoni ad alta frequenza, più vicine alla finestra ovale cocleare. Questo provoca il noto fenomeno del mascheramento dei suoni di altezza più bassa rispetto a quelli di frequenza più elevata.

#### 4. SEPARAZIONE DELL'IMMAGINE UDITIVA

Il canto difonico illustra in modo esemplare il funzionamento del meccanismo percettivo dei suoni complessi e dimostra quale grado di raffinatezza si possa sviluppare nel controllo delle risonanze del tratto vocale e nella rilevazione delle singole armoniche. Si tratta sostanzialmente della stessa capacità che noi sfruttiamo per distinguere immediatamente il significato dei suoni vocali dalla posizione dei primi due o tre formanti, dalle parziali, cioè, con maggior energia. Nei bambini questa sensibilità uditiva è molto più sviluppata che negli adulti, arrivando probabilmente alla percezione separata delle singole parziali. Con la crescita, vengono favoriti processi di strutturazione delle informazioni a livelli gerarchici più elevati. Si tratta in ogni caso di facoltà che possono essere recuperate e sviluppate, come rivelano i cantanti nella maestria con cui controllano il movimento del primo formante, quando sono costretti a cantare una nota che supera la posizione naturale di risonanza. Si supponga che la nota da cantare sia il FA 1396 hz (vedi aria "Regina della notte" dal Flauto Magico di Mozart). Nessuna delle vocali ha il primo formante (ma neppure il secondo) in questa regione, anzi, la fondamentale cadrebbe in una tipica zona di antirisonanza, e sarebbe quindi fortemente attenuata. In questo caso l'esperienza acquisita permette alla cantante di spostare il formante verso l'acuto, con una certa articolazione del tratto vocale (benché naturalmente si perda in intellegibilità).

La tecnica di produzione del canto difonico è molto semplice e, come si diceva, esclude qualsiasi sforzo (potenzialmente pericoloso) sulla laringe: si può tentare per prova a eseguire un passaggio cantato fra il suono /u/ e /i/ con la dovuta lentezza: si può facilmente udire l'emergere delle armoniche in alta frequenza (soprattutto quelle relative al 2º formante). In genere, la posizione del formante, corrispondente a una certa particolare articolazione del tratto vocale, non coincide con la posizione delle armoniche. Ad esempio, il secondo formante della /i/ nella lingua italiana può essere compreso fra 2400 e 3200 hz (nella donna). Supponiamo che una particolare esecuzione della /i/ produca il formante a 2500 hz e che la fondamentale sia il LA 220 hz. Due delle parziali, la 11-esima a 2420 hz e la 12-esima a 2640 hz, saranno entrambe esaltate dalla risonanza, e suggeriranno all'ascoltatore l'immagine del suono /i/. Supponiamo d'altra parte che

l'altezza del suono sia portata a 250 hz (SI crescente di un ottavo di tono): la decima parziale si trova ora esattamente nella posizione di risonanza e può aumentare in certi casi, sia pure per piccoli spostamenti, anche di 30 db. Si potrà dunque (se la nota è tenuta per un tempo sufficiente e non articolata rapidamente come avviene nel parlato comune) percepire quella parziale come un suono puro, isolato e innaturale, come fosse prodotto da un flauto o da un sintetizzatore. L'esperienza può portare a "suonare" le parziali volute seguendo una certa linea melodica. L'interesse che suscita questo tipo di canto è dovuto non soltanto al fatto di percepire due (o più) fondamentali vocali, laddove il nostro sistema uditivo è condizionato a percepire uno solo, ma anche alla sensazione di sinusoide pura, che non è per niente comune nella voce, ma neanche negli strumenti. L'alone mistico che circonda alcuni esperti di canto difonico è imputabile forse al fatto che questa tecnica richiede un lavoro di attenzione e di introspezione notevole. Per nulla inferiore d'altra parte alla perizia dei popolari suonatori di scacciapensieri, che cavano le note desiderate dal rinforzamento delle parziali del suono del loro strumento con l'opportuna articolazione del tratto vocale (Leipp, 1963).

## 5. ANALISI DEL CANTO DIFONICO

Le analisi sono state compiute essenzialmente su campioni di voce, acquisita dal vivo, di Marina Alfano, Nicola Bernardini, Bruce Boreham, Celerio Buti, Werther Crescentini, Roberto Laneri e su registrazioni esistenti in commercio della voce di Michael Vetter, David Hykes, Tran Quang Hai e cantanti mongoli, registrazioni molto interessanti dal punto di vista musicale, ma poco adatte a scopi didattici e di analisi.

In genere, i suoni difonici si rivelano perfettamente armonici, con deviazioni minime dal valore teorico, anche per le componenti più elevate: si può vedere come il 43º armonico della fondamentale (FA 173 hz) in fig. 7 e il 46º della fondamentale (RE# crescente di 159 hz) in fig. 11 si scostano dello 0.2% appena dal valore matematico. Dai sonogrammi di fig. 1-3 è evidente la notevole costanza (indice di perfetto controllo dell'emissione vocale e degli articolatori) del suono, anche su segmento abbastanza lunghi (30 sec). I sonogrammi fatti presentano una certa somiglianza con quelli dell'organo a canne per la regolarità del tracciato. Si constata l'assenza di vibrato, proprio per l'effetto di fusione che imporrebbe, anche se i cantanti mongoli riescono a far emergere le parziali in presenza di un vibrato piuttosto ruvido. In sede di risintesi dei suoni, sia con predizione lineare cioè con filtri digitali, sia per sintesi additiva, abbiamo verificato come il vibrato distrugga la percezione della nota difonica e rafforzi al contrario l'idea di suono vocale.

Le differenze fra gli esecutori sono notevoli

- per quanto riguarda l'energia della armonica esaltata, che in alcuni casi (fig. 1-2) è di gran lunga la parziale fisicamente più ampia; la fondamentale può essere attenuata di una ventina di dB, rispetto alla suddetta parziale (si veda in fig. 11: spettro di un suono difonico di W. Crescentini, con fondamentale attenuata di circa 20 dB rispetto al 6º armonico); in altri casi si può ascoltare una seconda nota difonica, corrispondente al terzo o quarto formante;

- per quanto riguarda la distribuzione complessiva dell'energia delle parziali, per quanto riguarda cioè l'inviluppo spettrale: i cantanti tendono a nasalizzare il suono, a creare cioè delle antirisonanze molto forti. Le parziali pari risultano così attenuate (come avviene nel suono del clarinetto), mentre le dispari sono più facilmente isolabili e

rinforzabili;

- per quanto riguarda il rango e il numero delle parziali che il cantante riesce a controllare: negli esempi finora analizzati non tutti riescono a "cantare" le armoniche consecutive. L'estensione massima riscontrata arriva alla 15<sup>a</sup> parziale;

- nel grado di controllo sulle singole parziali, che riesce facilmente con il secondo formante, ed è meno evidente con il primo formante: la seconda, terza e quarta armonica sono le più difficili da eseguire e da rendere percepibili distintamente, per l'effetto di mascheramento indotto dalla fondamentale stessa;

- nel grado di selettività, ovverosia nella larghezza di banda dei formanti, per cui in alcune voci la parziale esaltata è unica (fig. 1 e 4), mentre in altre sono due o più armoniche contigue (fig. 2) ad emergere, dando una sensazione di suono più colorato timbricamente;

- nel tipo di linee melodiche che il cantante riesce a produrre e che si possono così classificare:

1) linea melodica parallela fra la fondamentale e l'armonico in esaltazione, a somiglianza del canto tibetano;

2) fondamentale a fare l'accompagnamento come nello scaccia-pensieri e linea melodica giocata con le parziali superiori;

3) linea melodica dovuta dalla variazione della fondamentale, mentre si tiene costantemente una parziale rinforzata in una particolare zona frequenziale;

4) linea melodica della fondamentale e della parziale in evoluzione indipendente. Questa è ovviamente la modalità più difficoltosa.

## 6. METODOLOGIA DI ANALISI/SINTESI

Tutte le elaborazioni di tipo digitale sono state compiute con il sistema ICMS (Interactive Computer Music System, Tisato, 1975-1989), che permette il campionamento, l'analisi, la sintesi e l'elaborazione del suono in un ambiente di facile accesso, collegato alle differenti risorse musicali disponibili al CSC. I parametri estratti dall'analisi FFT o per predizione lineare possono essere manipolati da un editor che consente di cancellarli, copiarli, spostarli, duplicarli, salvarli, ecc. oppure trasformarli a seconda delle necessità per pilotare la sintesi voluta (predizione lineare, per formanti, additiva, per modulazione di frequenza), sulle macchine volute (IBM S/4381, PC-compatibili, sistema 4i).

Schematicamente le fasi di analisi sono state:

1) rilievo con sonogramma a banda stretta (per vedere il tracciato delle armoniche), da cui dedurre il comportamento sonoro a grandi linee. Si vedano alcuni esempi: in fig. 1 il sonogramma di 6 sec di canto difonico della voce di Nicola Bernardini. Oltre alla fondamentale (FA 175 hz), si ascoltano consecutive il 5<sup>o</sup> armonico (LA 875 hz), il 6<sup>o</sup> (DO 1050 hz), il 7<sup>o</sup> (RE# calante 1225 hz), l'8<sup>o</sup> (FA 1400 hz), il 9<sup>o</sup> (SOL crescente 1575 hz), il 10<sup>o</sup> (LA 1750 hz), l'11<sup>o</sup> (SI calante 1925 hz), per poi gradualmente tornare verso il 7<sup>o</sup> armonico alla fine dei 6 sec.

In fig. 2 si può vedere un sonogramma di canto difonico ricavato dalla voce di Werther Crescentini. Si nota una maggiore estensione spettrale con una zona di energia attorno ai 4.5-5 KHz. Oltre alla fondamentale (RE# crescente 157-160 hz), che rimane sempre molto attenuata, si ascolta consecutive il 6<sup>o</sup> armonico (LA# crescente 957 hz), il 7<sup>o</sup> (DO# 1102 hz), l'8<sup>o</sup> (RE# crescente 1267 hz), il 9<sup>o</sup> (FA crescente 1414 hz), il 10<sup>o</sup>

(SOL crescente 1590 hz), l'11° (LA 1750 hz) nell'ultima parte del segmento visualizzato. Infine in fig. 3 il sonogramma di un segmento cantato da Marina Alfano. Si possono notare due zone di energia in alta frequenza corrispondenti al 6° e 7° armonico (1800-2100 hz) e all' 11° (3400 hz). La fondamentale (RE# 311 hz) è molto meno attenuata che nelle voci maschili, per la vicinanza del 1° formante. Gli armonici udibili non hanno la stessa forza che nei casi precedenti, ma subiscono minori effetti di mascheramento. Si ascoltano il 7° armonico (DO# calante 2184 hz), il 6° (LA# 1876 hz), il 5° (SOL 1563 hz), si torna ad ascoltare il 7°, l' 11° (LA calante 3430 hz), l'8° (RE# 2497 hz), poi un passaggio rapido verso il 5°, e negli 300-400 msec un ritorno al 6°.

2) analisi FFT su singoli segmenti del suono, con inviluppo di Hamming, per evitare gli errori di troncamento del segnale alle estremità. Data l'assoluta armonicità del suono e la sua costanza nel tempo, è possibile procedere anche con una analisi sincrona con l'altezza, muovendosi cioè di periodo in periodo. Durata della finestra di analisi, soglia di intensità con cui prelevare le parziali, tolleranza con cui attribuire le parziali alla fondamentale, componente di rumore, ecc., sono parametri decisi in base alle caratteristiche del campione sonoro in analisi. Oltre a tracciati dello spettro continuo (fig. 4), si ottiene automaticamente una discretizzazione delle righe spettrali e una loro etichettatura in notazione musicale. Si può ottenere, volendo, il raggruppamento delle differenti parziali armoniche relative ad una stessa fondamentale, in un quadro (fig. 6, 7, 11) particolarmente leggibile e utile in questo caso, con una procedura già impiegata nell'analisi di suoni multifonici (Tisato, 1979). L'analisi procede nel tempo con un passo di aggiornamento desiderato (decina di msec) e permette di ricavare l'evoluzione in ampiezza e frequenza delle singole armoniche (fig. 10). Questi parametri possono essere editati e passati alla sintesi additiva. I risultati sonori ottenuti sono stati giudicati di ottima qualità.

Si possono fornire i dati FFT a un programma che stima le altezze del suono da un punto di vista psicoacustico secondo un algoritmo proposto da Terhardt (1982).

3) analisi per predizione lineare su segmenti di suono inviluppati con una finestra di Hamming. Questa tecnica individua il filtro digitale a soli poli (con sole risonanze) che, applicato al suono in esame (come filtro inverso), minimizza l'errore di predizione, appiattisce cioè lo spettro del segnale risultato del filtraggio. Questo non è altro che il suono (o la sua simulazione) prodotto dalle corde vocali. In fig. 8 si possono vedere i risultati dell'analisi su un segmento sonoro di 500 msec: sono rappresentate 50 finestre di analisi (dalla 801 alla 850, corrispondenti all'intervallo di suono che va dal sec 37 a 37.5) calcolate ogni 10 msec. L'asse della frequenza va da 0 a 7500 hz. La posizione dei formanti compare con un numero o una lettera che rappresenta il rapporto fra la frequenza di risonanza stessa e la larghezza di banda del formante a -3 dB della sua ampiezza massima: ad esempio il simbolo "0" sta per un rapporto inferiore ad 1, cioè la larghezza di banda è superiore alla frequenza di risonanza, segno che le parziali in quella zona subiranno una modesta attenuazione per la presenza del formante. Il simbolo "z" sta per un rapporto superiore a 35, indicando cioè che la larghezza di banda è 35 volte più piccola della frequenza di risonanza e che il formante esalterà solo e esclusivamente la parziale che cadrà in quella zona frequenziale. Il primo formante si mantiene costantemente sui 300 hz, mentre il 2° formante particolarmente acuto (rapporto fra frequenza di risonanza e larghezza di banda vicino a 300) si muove esaltando il 10° armonico a 1750 hz e poi l'11° a 1925. Altri formanti sono presenti attorno ai 2500 hz e 5800 hz. A destra della tabella compaiono i valori di intensità del suono in dB e di altezza in hz per quella

particolare finestra.

In fig. 9 è mostrato un quadro più dettagliato dei parametri dei filtri dalla finestra 815 alla finestra 824. Questi valori possono essere, come si diceva, editati, trasformati e passati alla sintesi. I risultati sonori, anche senza alcun intervento di correzione manuale, sono decisamente buoni, dimostrando la bontà del modello di predizione lineare, basato su sorgente di eccitazione e filtri risonanti.

## 7. CONCLUSIONI

Si è visto

- che è effettivamente possibile nel canto difonico esaltare le parziali armoniche di un suono una per una e di farle udire come suoni separati;
- che la tecnica di produzione è estremamente semplice e non ricorre a sollecitazioni della laringe;
- che sono in gioco meccanismi percettivi di formazione e separazione delle immagini uditive;
- che l'analisi e la sintesi permettono di studiare agevolmente questo tipo di suono e che la risintesi è giudicata di ottima qualità;
- che la risintesi con l'aggiunta di un vibrato ha un effetto di fusione e ricombina i due suoni separati in un unico suono vocale.

Nel canto difonico si deve riconoscere, non solo un esempio delle incredibili possibilità di sviluppo della sensibilità percettiva umana, ma intravedere anche una indicazione altrettanto interessante di possibili sfruttamenti in senso compositivo dei parametri timbrici della voce e degli strumenti musicali.

## RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento a A. Ricci Maccarini e G. Bergamini della Clinica Otorino-Laringologica dell'Università di Modena (Direttore Prof. G. Galetti) per i sonogrammi, a F. Ferrero e P. Cosi del Centro di Studi per le Ricerche di Fonetica del C.N.R. per la collaborazione e il materiale su Demetrio Stratos, come pure a M. Alfano, N. Bernardini, B. Boreham, C. Buti, W. Crescentini e R. Laneri, esperti di canto difonico e che si sono prestati per le registrazioni e le analisi.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Dmitriev, L., Chernov, B., Maslov, V. (1983). Functioning of the voice mechanism in double-voice Touvinian singing. *Folia Phoniatrica*, Vol. 35, 193-197.
- Ferrero, F., Croatto, L., Accordi, M. (1980). Descrizione elettroacustica di alcuni tipi di vocalizzo di Demetrio Stratos. *Rivista Italiana di Acustica*, Vol. IV, n. 3, 229-258.
- Kavasch, D. (1980). An introduction to extended vocal techniques. Report of CME, Univ. of California, San Diego, Vol. 1, n. 2, 1-20, con cassetta di esempi sonori.
- Laneri, R., (1983). Vocal techniques of overtone production. *NCPA Quarterly Journal*, Bombay, Vol. XII, n. 2-3, 26-30.
- Leipp, M. (1963). Etude acoustique de la guimbarde. *Acustica*, vol. 13, n. 6, 382-396.
- Leipp, M., (1971). Le problème acoustique du chant dipphonique. *Bulletin* n. 58,

- Groupe d'Acoustique Musicale, Univ. de Paris VI, 1-10.
- McAdams, S. (1981). Spectral fusion and the creation of auditory images. In "Music, mind and brain", Plenum Press, New York, 1981.
- Plomp, R. (1967). Pitch of complex tones. JASA, 41, 1526-1533.
- Piszczalski, M., Galler, B. (1979). Predicting musical pitch from component frequency ratios. JASA, 66(3), 710-720
- Sundberg, J. (1988). Vocal tract resonance in singing.  
The Nats Journal, march/april 1988.
- Terhardt, E., Stoll, G., Seewann, M. (1982). Algorithm for extraction of pitch and pitch salience from complex tonal signals. JASA, 71(3), 679-688.
- Terhardt, E., Stoll, G., Seewann, M. (1982). Pitch of complex signals according to virtual-pitch theory. JASA, 71(3), 671-678.
- Tisato, G. (1979). Analisi digitale dei suoni multifonici. Atti del III CIM, Padova, 107-128.

#### RIFERIMENTI DISCOGRAFICI

- Hykes, D. (1983). Hearing solar wind. Harmonia Mundi HM 558607
- Laneri, R. (1981). Two views of the Amazon. Wergo 1046.
- A.A. (1972). Chants mongols et bouriates. Vogue LDM 30138.
- A.A. (1987). Sho Myo: Chant liturgique Bouddhique. HarmoniaMundi C558657.
- A.A. (1977). Vocal music from Mongolia. Tangent Records TGS 126.
- A.A. (1970). The music of Tibet. Anthology Record AST 4005.
- Reznikoff, I. (1980). Alleluias et offertoires des Gaules. Harmonia Mundi HM 1044.
- Stockhausen, K. (1968). Stimmung. Hyperion A66115
- Stratos, D. (1976-1977). Registrazioni effettuate dal Centro di Studi per le Ricerche di Fonetica del C.N.R. di Padova.
- Stratos, D. (1978). Cantare la voce. Cramps Records CRSCD 119
- Vetter, M. (1983). Overtones. Wergo SM 1038/39 - SM 1038/50

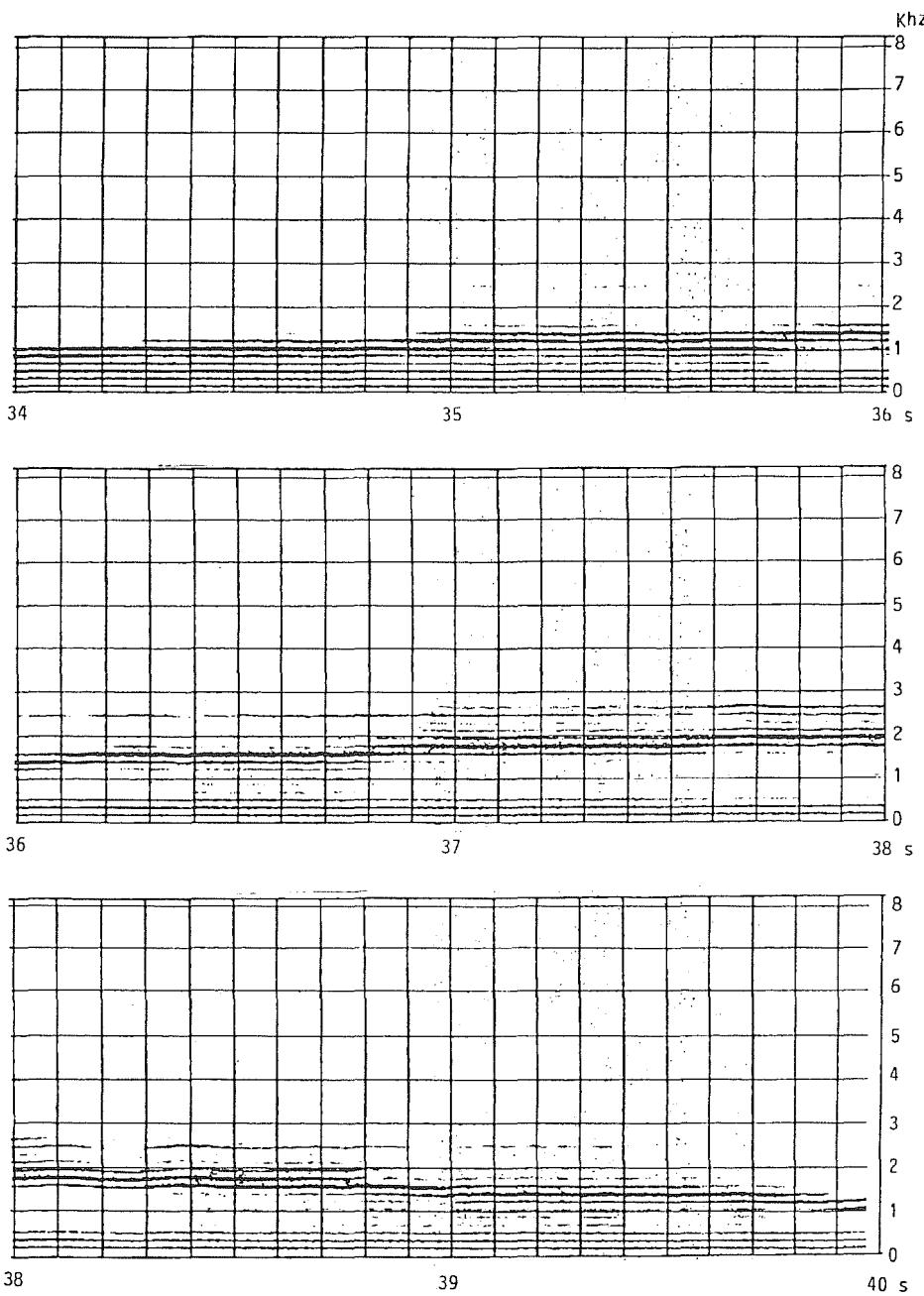
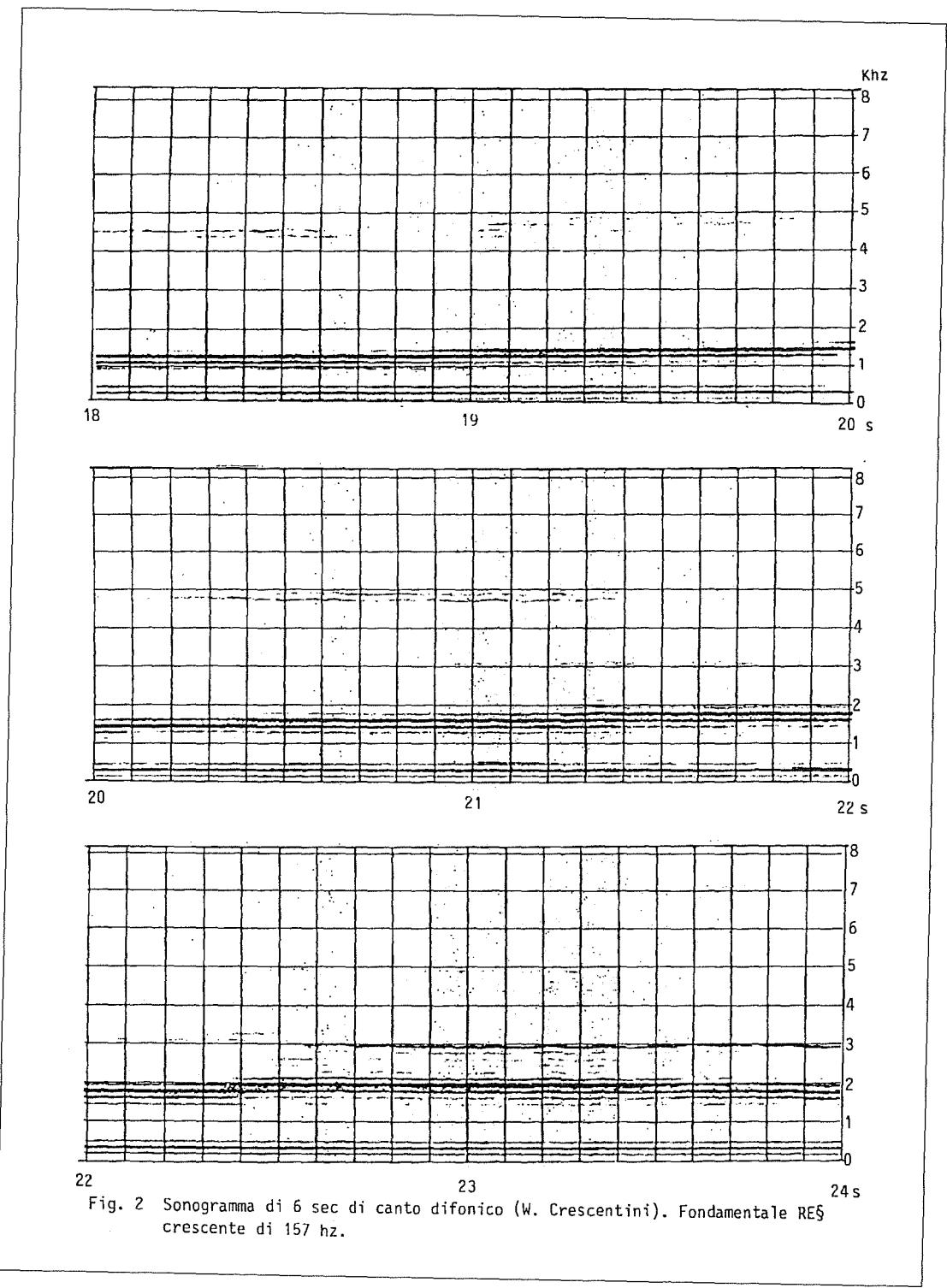


Fig. 1 Sonogramma di 6 sec di canto difonico (N. Bernardini). Fondamentale FA 175 hz.



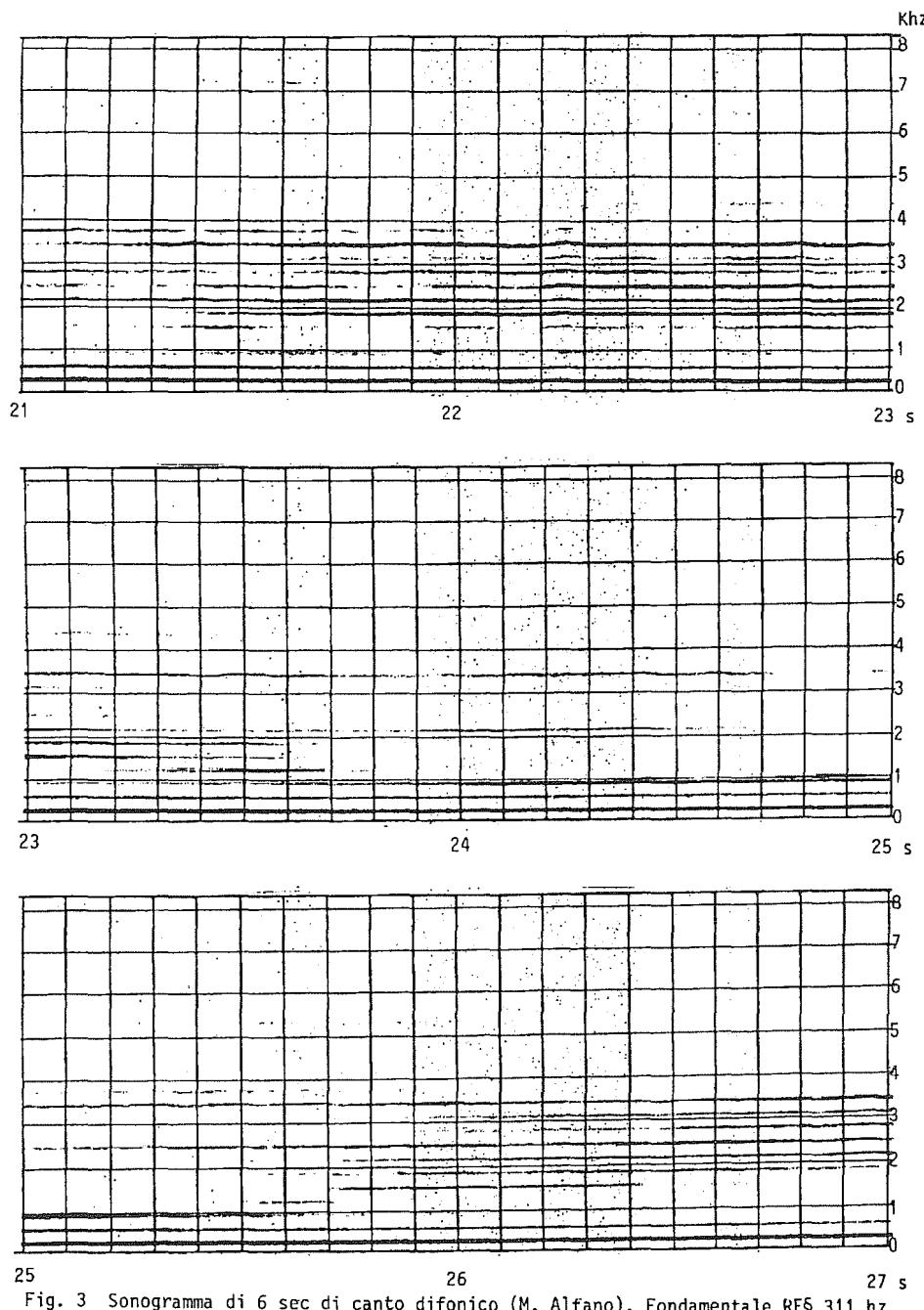


Fig. 3 Sonogramma di 6 sec di canto difonico (M. Alfano). Fondamentale RE\\$ 311 hz.

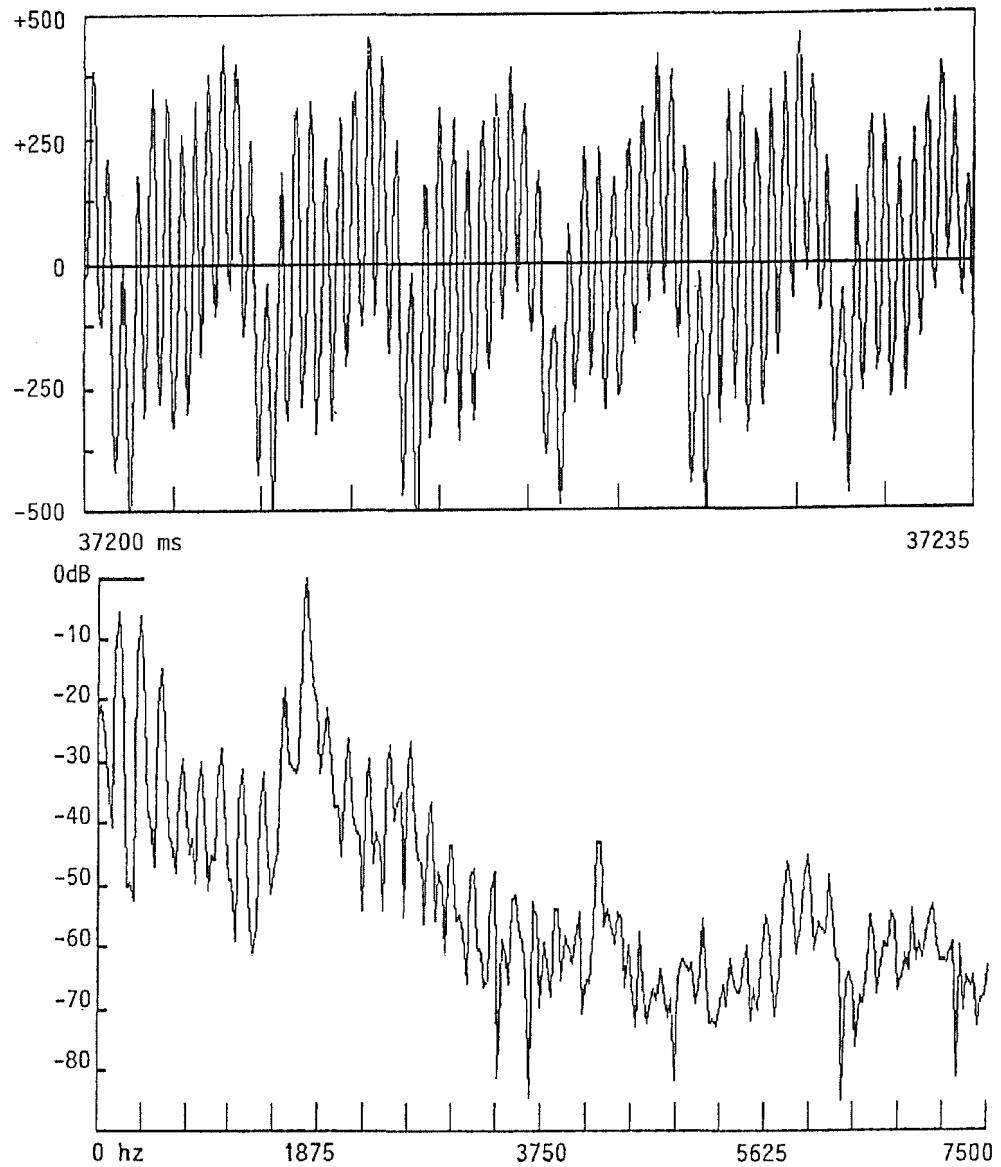


Fig. 4 Forma d'onda della voce cantata difonica (N. Bernardini) al sec 37.200 e relativa FFT (in dB) calcolata sullo stesso intervallo con una finestra di Hamming. La fondamentale è un FA 175 hz. Il 10° armonico (LA 1751 hz) emerge isolato dalle altre parziali e si ascolta come suono puro a sè stante.

SPETTRO AL MSEC 37200 POT. IN DB 46 AMP. MAX. PARZ. 237  
 NOTA-3DB NOTA-15DB NOTA-30DB NOTA-60DB FREQ.(HZ) AMP.(DB)

	3 FA	2 FA"	89.7	-33.2
			175.5	-6.0
		3 LAS"	240.1	-42.9
	4 FA	4 DO\$+	282.3	-41.3
			351.2	-6.7
		4 SO\$	413.7	-36.3
		4 LA"	450.7	-39.3
	5 DO		523.9	-14.8
		5 RE"	600.5	-40.9
	5 FA		697.5	-29.7
		5 SO	785.7	-41.3
		5 LA	880.5	-30.6
		5 SI-	968.3	-43.7
	6 DO		1052.7	-28.5
		6 DO\$	1112.6	-46.8
		6 RE\$-	1229.7	-31.4
		6 FA	1405.9	-32.0
		6 FA\$	1481.0	-44.9
	6 SO+		1579.9	-18.4
	6 SO\$		1654.7	-29.8
6 LA			1751.7	0.0
		6 LA"	1817.8	-17.9
		6 LAS"	1929.2	-21.6
		6 SI+	2004.7	-35.4
	7 DO		2107.4	-26.6
		7 DO\$-	2171.0	-39.8
	7 DO\$"		2275.6	-29.6
		7 RE	2339.7	-40.1
		7 RE+	2383.2	-45.4
	7 RE\$-		2450.8	-26.7
		7 RE\$+	2535.4	-35.3
	7 MI		2628.7	-27.1
		7 MI"	2696.3	-44.5
		7 FA	2799.3	-36.2
		7 FA"	2875.5	-46.8
		7 FA\$	2976.1	-41.0
		7 SO	3155.8	-44.7
	8 DO		4208.3	-41.2
		8 FA"	5777.3	-46.3
		8 FA\$	5952.7	-45.7

Fig. 5 Contenuto spettrale complessivo corrispondente alla FFT di fig. 4: lo spettro continuo è qui discretizzato e ogni riga spettrale è rappresentata in notazione musicale.

RAGGRUPPAMENTO SECONDO LE FONDAMENTALI AL MSEC 37200		FREQ.(HZ)	AMP.(DB)	N.PARZIALE
FONDAMENTALI	ARMONICHE			
3 FA		175.5	-6.0	1
4 FA		351.2	-6.7	2
5 DO		523.9	-14.8	3
5 FA		697.5	-29.7	4
5 LA		880.5	-30.6	5
6 DO		1052.7	-28.5	6
6 RES-		1229.7	-31.4	7
6 FA		1405.9	-32.0	8
6 SO+		1579.9	-18.4	9
6 LA		1751.7	0.0	10
6 LAS"		1929.2	-21.6	11
7 DO		2107.4	-26.6	12
7 DOS"		2275.6	-29.6	13
7 RES-		2450.8	-26.7	14
7 MI		2628.7	-27.1	15
7 FA		2799.3	-36.2	16
7 FAS		2976.1	-41.0	17
7 SO		3155.8	-44.7	18
8 DO		4208.3	-41.2	24
8 FA"		5777.3	-46.3	33
8 FAS		5952.7	-45.7	34
PESO DEL GRUPPO DI PARZIALI IN DB				49

Fig. 6 Contenuto spettrale corrispondente alla FFT di fig. 4 e 5. Le parziali sono qui raggruppate rispetto alla fondamentale (FA 175 hz). Compaiono tutte le prime 18 armoniche e la 33° e 34° in corrispondenza al formante in alta frequenza a circa 5800 hz (vedi fig. 8). La parziale udibile è la 10° (LA 1751 hz) che sovrasta di 18 dB la 9° armonica (SOL 1579).

RAGGRUPPAMENTO SECONDO LE FONDAMENTALI AL MSEC 29200				
FONDAMENTALI	ARMONICHE	FREQ.(HZ)	AMP.(DB)	N.PARZIALE
3 FA		173.4	0.0	1
4 FA-		346.4	-1.0	2
5 DO		519.7	-6.8	3
5 FA-		691.9	-17.6	4
5 LA-		867.6	-22.7	5
6 DO		1039.3	-22.2	6
6 RE"		1212.2	-31.0	7
6 FA-		1380.4	-36.8	8
6 SO		1559.2	-32.7	9
6 LA-		1731.3	-24.2	10
6 LA\$+		1903.5	-9.0	11
6 DO-		2077.3	-9.5	12
7 DO\$+		2250.0	-10.6	13
7 RE"		2424.0	-8.7	14
7 MI-		2595.9	-4.0	15
7 FA-		2768.3	-14.7	16
7 FA\$		2940.3	-25.1	17
7 SO		3114.2	-26.1	18
7 SO\$-		3287.9	-30.7	19
7 LA-		3459.7	-34.3	20
7 LA"		3633.8	-25.5	21
7 LA\$+		3805.4	-19.0	22
7 SI+		3981.6	-35.6	23
8 DO\$+		4495.8	-38.2	24
8 FA"		5713.5	-36.9	33
8 SO\$-		6574.0	-39.5	38
8 SO\$+		6749.6	-36.4	39
8 LA-		6922.9	-38.4	40
8 LA+		7096.8	-39.2	41
8 LA"		7267.4	-36.0	42
8 LA\$-		7377.7	-37.7	42
8 LA\$		7439.3	-34.3	43
PESO DEL GRUPPO DI PARZIALI IN DB				45

Fig. 7 Contenuto spettrale del segmento di voce difonica mostrata nella fig. 1, trascritto in notazione musicale, a 29.2 sec. L'estensione complessiva delle armoniche raggiunge 7.4 Khz. Il 43° armonico differisce dal valore teorico del,2 %. La parziale che si ascolta distintamente è l'11° armonico (LA\$ crescente 1903 hz).

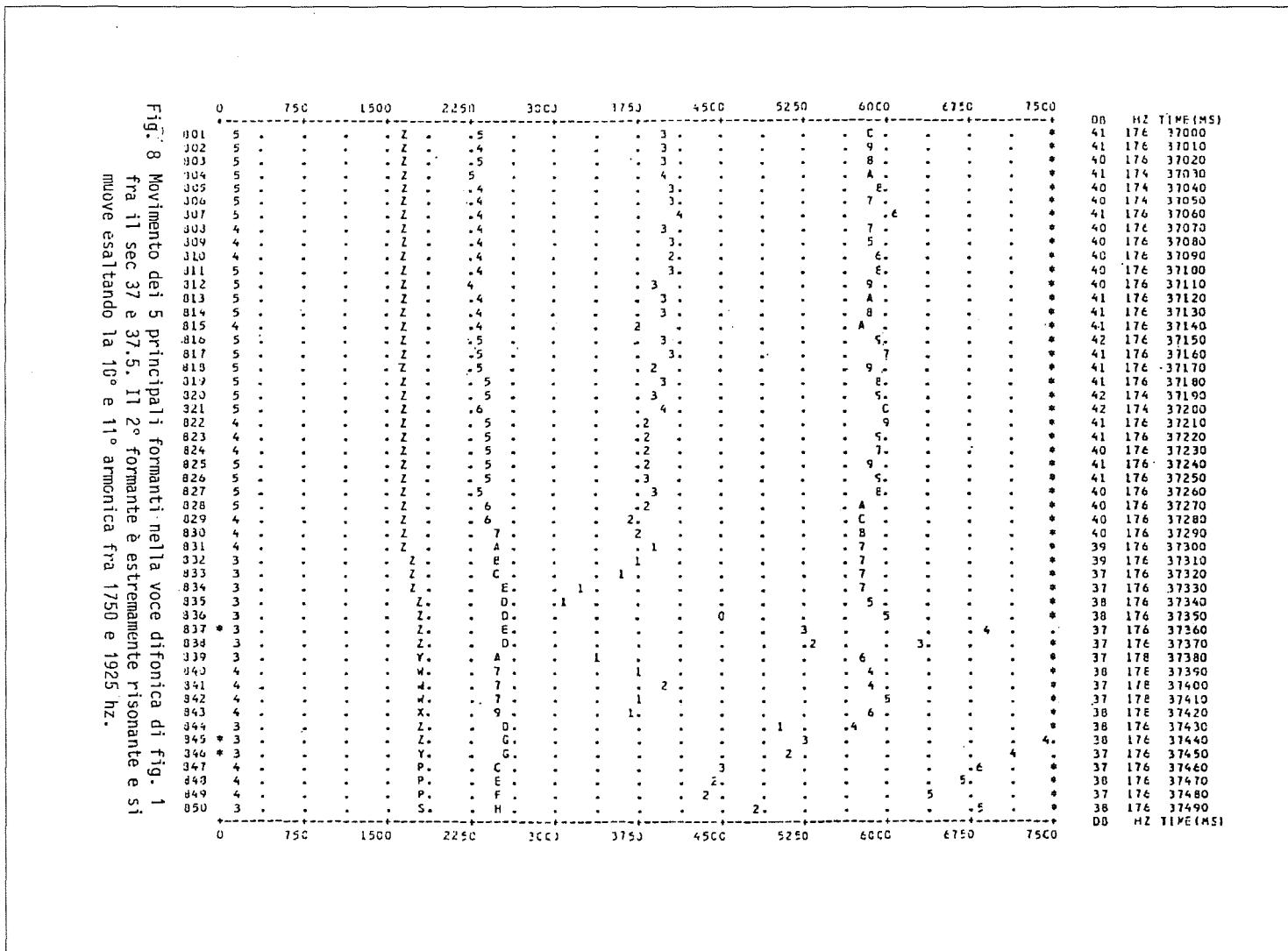


Fig. 8 Movimento dei 5 principali formanti nella voce difonica di fig. 1 fra il sec 37 e 37.5. Il 2° formante è estremamente risonante e si muove esaltando la 10° e 11° armonica fra 1750 e 1925 hz.

COEFFICIENTI DEI FILTRI:  $F_x \Rightarrow$  frequenza risonanza del formante  $x$   
 $B_x \Rightarrow$  larghezza di banda del formante  $x$

FINESTRA:	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824
DUR (MS)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
FRE (HZ)	176	176	176	176	176	174	174	176	176	176
AMP(GAIN)	9	10	9	9	10	10	10	9	8	8
GP1 (HZ)	677	829	870	988	1049	810	835	606	615	585
GP2 (HZ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F1 (HZ)	308	304	302	301	301	302	298	304	303	306
B1 (HZ)	127	123	120	116	113	125	119	136	127	129
F2 (HZ)	1763	1761	1762	1764	1757	1754	1753	1752	1758	1760
B2 (HZ)	8	7	7	8	8	6	7	8	10	10
F3 (HZ)	2244	2220	2126	2000	2206	2356	2090	2248	2074	2163
B3 (HZ)	1761	2335	2371	2441	3085	2677	1847	1610	1437	1431
F4 (HZ)	2589	2559	2557	2574	2552	2547	2592	2578	2603	2610
B4 (HZ)	402	345	304	286	307	298	263	343	265	298
F5 (HZ)	4226	4232	4238	4219	4229	4214	4231	4204	4187	4201
B5 (HZ)	422	298	265	353	477	442	203	346	281	295
F6 (HZ)	5789	5853	5856	5809	5823	5832	5887	5860	5824	5813
B6 (HZ)	168	212	245	193	304	258	137	187	145	166
F7 (HZ)	6965	6915	6919	6967	6932	6916	6851	6837	6822	6897
B7 (HZ)	494	630	600	626	767	757	511	526	478	417

Fig. 9 Parametri estratti dall'analisi LPC della voce difonica di fig. 1, fra il sec 37.14 e 37.24 (si veda anche la corrispondenza con la fig. 8), con i valori della frequenza di risonanza  $F_x$  e la relativa larghezza di banda  $B_x$  a -3dB. Il formante 2 è estremamente risonante ( $Q = \text{frequenza_di_risonanza}/\text{larghezza_di_banda} \approx 300$ ) e selettivo, essendo perfettamente centrato sulla 10° armonica della fondamentale FRE.

PARZ.	SEGMENTO									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
AMP. 1	52	53	53	52	54	52	52	52	53	53
FREQ. 1	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176
AMP. 2	58	58	58	55	54	51	49	50	53	55
FREQ. 2	351	351	351	351	351	351	351	351	351	351
AMP. 3	34	33	32	30	32	29	30	30	32	32
FREQ. 3	527	527	527	527	527	527	527	526	527	527
AMP. 4	11	9	10	9	10	10	11	10	10	9
FREQ. 4	703	710	703	702	703	702	702	695	702	702
AMP. 5	10	9	9	9	9	9	8	9	9	10
FREQ. 5	878	878	878	885	878	885	878	878	871	878
AMP. 6	13	12	12	12	11	11	10	12	13	15
FREQ. 6	1054	1061	1061	1061	1061	1054	1053	1047	1046	1054
AMP. 7	27	23	20	18	18	18	17	17	21	24
FREQ. 7	1236	1237	1236	1237	1230	1236	1222	1222	1222	1229
AMP. 8	111	124	137	134	123	129	122	131	148	144
FREQ. 8	1419	1419	1412	1412	1405	1405	1404	1398	1397	1405
AMP. 9	8	13	15	17	17	15	17	17	15	11
FREQ. 9	1588	1595	1587	1588	1580	1588	1573	1573	1573	1587
AMP. 10	1	1	2	3	4	3	4	4	3	2
FREQ. 10	1770	1764	1764	1756	1756	1749	1749	1749	1756	

PARZ.	SEGMENTO									
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
AMP. 1	58	57	57	56	56	57	59	60	60	60
FREQ. 1	176	176	175	175	176	176	176	176	176	176
AMP. 2	51	51	48	45	46	50	52	54	54	56
FREQ. 2	351	351	351	351	351	351	351	351	351	351
AMP. 3	27	27	27	27	26	25	25	27	26	27
FREQ. 3	527	527	526	520	527	527	527	527	527	527
F. 4	11	10	10	11	10	9	8	8	7	7
FREQ. 4	702	709	702	695	702	703	703	703	703	703
AMP. 5	9	9	9	8	8	8	8	7	7	7
FREQ. 5	878	885	871	871	871	878	878	878	885	878
AMP. 6	10	10	9	9	9	9	9	9	8	8
FREQ. 6	1054	1054	1046	1046	1047	1054	1061	1053	1054	1061
AMP. 7	12	10	8	8	8	9	7	8	7	7
FREQ. 7	1229	1229	1222	1215	1222	1229	1230	1222	1230	1236
AMP. 8	101	87	54	42	44	39	34	24	21	20
FREQ. 8	1412	1412	1398	1390	1398	1405	1412	1405	1405	1412
AMP. 9	26	33	58	84	90	98	112	125	135	145
FREQ. 9	1587	1588	1574	1566	1573	1588	1588	1581	1587	1588
AMP. 10	4	4	4	3	4	3	4	5	9	9
FREQ. 10	1756	1763	1748	1735	1749	1749	1764	1757	1763	1763

Fig. 10 Valori dell'ampiezza assoluta e della frequenza delle prime 10 armoniche estratte dall'analisi di due segmenti della voce di fig. 1, da passare alla risintesi eventuale.

RAGGRUPPAMENTO SECONDO LE FONDAMENTALI AL MSEC 17500				
FONDAMENTALI	ARMONICHE	FREQ.(HZ)	AMP.(DB)	N.PARZIALE
3 RE\$"		159.4	-19.2	1
4 RE\$"		318.7	-10.1	2
4 LA\$"		477.8	-11.2	3
5 RE\$"		638.9	-28.0	4
5 SO+		797.9	-18.1	5
5 LA\$"		957.3	0.0	6
6 DO\$		1102.0	-30.2	7
6 RE\$+		1266.9	-45.5	8
6 FA+		1414.6	-49.8	9
6 FA"		1443.8	-55.0	9
6 SO+		1590.7	-54.0	10
6 LA-		1735.8	-59.2	11
6 LA		1766.3	-54.6	11
6 LA\$"		1911.3	-51.3	12
7 DO		2088.3	-55.1	13
7 DO\$		2232.9	-55.3	14
7 RE"		2412.6	-59.3	15
7 RE\$"		2557.7	-56.6	16
7 MI"		2704.1	-51.9	17
7 FA+		2828.6	-59.7	18
7 FA"		2870.4	-52.6	18
7 SO\$+		3350.0	-56.2	21
7 SI		3974.5	-55.8	25
7 DO-		4146.2	-51.8	26
8 DO+		4247.4	-52.8	27
8 DO"		4300.5	-31.4	27
8 DO\$		4455.9	-41.8	28
8 RE-		4616.9	-41.5	29
8 RE+		4770.6	-49.2	30
8 RE\$"		5094.1	-55.6	32
8 MI		5239.2	-57.6	33
8 FA"		5734.8	-58.5	36
8 FA\$+		6046.2	-57.4	38
8 SO-		6214.7	-59.8	39
8 SO+		6359.4	-57.0	40
8 SO\$-		6528.0	-57.3	41
8 LA+		7174.1	-55.3	45
8 LA\$-		7317.2	-57.0	46
PESO DEL GRUPPO DI PARZIALI IN DB				60

Fig. 11 Parziali armoniche nella voce difonica di W. Crescentini.  
La fondamentale è un MI calante di 159 hz. La parziale che  
si ascolta isolata è la sesta (SI calante di 957 hz).  
Il suono è perfettamente armonico con la 43° parziale che  
differisce dal valore teorico per meno dello 0.2% .

# UN MODELLO NEL TEMPO DEL CLARINETTO: CANNA E FORI

*Giovanni De Poli, Stefano Puppin*  
*CSC-DEI*  
*VIA GRADENIGO 6/A*  
*35131 PADOVA PD TEL 049-8070268*

Il meccanismo di produzione di molti suoni di strumenti musicali puo' essere schematizzato mediante un elemento non lineare collegato in retroazione ad un elemento lineare (Mc Intyre). Nel precedente lavoro (Balena-De Poli) questo schema veniva studiato con riferimento al clarinetto. In particolare veniva proposto un modello semplificato nel tempo ed un algoritmo numerico efficiente per la realizzazione dell'ancia, che costituisce la parte non lineare. Per quanto riguarda la parte lineare, costituita dalla canna, essa era modellata da una linea di ritardo, corrispondente al tratto di canna fino al primo foro aperto, e da un filtro di riflessione. Venivano trascurati gli altri fori e la campana.

La retroazione influenza notevolmente l'evoluzione dell'elemento non lineare, per cui è opportuno fare un modello dell'elemento lineare che approssimi meglio le caratteristiche dello strumento. In questo lavoro viene pertanto studiata e sviluppata nel tempo la parte lineare del modello, con l' obiettivo di ottenere un algoritmo efficiente per la sintesi. L'approccio qui seguito si caratterizza per il fatto che i modelli sviluppati da altri ricercatori generalmente sono in frequenza (con grandi difficolta' di trattare la parte non lineare) o, se nel tempo, rivolti piu' alla comprensione della fisica dello strumento e quindi computazionalmente complessi. Il lavoro che più si avvicina è quello di Adrien (1988), che però usa un modello troppo semplificato del risuonatore.

## MODELLO DELLA CANNA E FORI

Il modello da noi proposto risulta essere una estensione di quello di Kelly-Lochbaum (1962) usato nella sintesi della voce. Questo modello viene usato per trattare il problema della propagazione di un'onda all'interno di un tubo senza perdite e di sezione variabile.

Facciamo alcune convenzioni. Le pressioni si intendono riferite alla pressione atmosferica e sono considerate positive se sono maggiori di questa. Si considerano onde di flusso, se non viene indicato diversamente. Come verso di propagazione dei flussi viene considerato da sinistra a destra (dall'ancia alla campana) per il flusso incidente e opposto per il flusso riflesso.

L'impedenza caratteristica di un tubo lungo ed a sezione costante è data da  $Z_0 = \rho C/A$ , dove  $\rho$  è la densità dell'aria,  $C$  la velocità di propagazione ed  $A$  l'area della sezione del tubo. Ogni volta che un'onda incontra una discontinuità, ne genera due, una riflessa ed una trasmessa. Dalle condizioni di continuità di pressione e di flusso alla discontinuità risulta che l'onda riflessa  $U_r$  è proporzionale all'onda incidente  $U_i$  attraverso un coefficiente di riflessione  $R = (Z_2 - Z_1)/(Z_2 + Z_1)$  e l'onda trasmessa  $U_T = U_i(1 - R) = U_i \cdot 2Z_1/(Z_1 + Z_2)$ , dove  $Z_1$  e  $Z_2$  sono le impedenze caratteristiche prima e dopo la discontinuità. Si ottengono così i coefficienti di riflessione e trasmissione per le grandezze in gioco. Un tratto di tubo uniforme viene invece ad essere rappresentato da un ritardo. Conglobando queste due caratteristiche si può giungere ad un modello semplice ed efficace di un tubo sonoro.

Il modello esposto non tratta le interconnessioni multiple, problema che invece è cruciale nello studio di uno strumento a legno. Per modellare i fori del clarinetto si può osservare che quando un'onda scende nel tubo e arriva in corrispondenza di un foro, genera tre onde: una viene trasmessa attraverso il tubo principale, una viene riflessa indietro e una prosegue all'interno del foro. Quest'ultima si propaga all'interno del foro, dove incontra una nuova discontinuità. Qui una parte esce, mentre un'altra viene riflessa verso l'interno dove si ripeterà il fenomeno delle riflessioni multiple.

Vediamo ora di chiarire bene le ipotesi semplificative in cui ci poniamo, alcune proprie del modello, altre invece adottate per evitare di addentrarsi in particolari non irrilevanti, ma sicuramente di secondaria importanza.

a) Il sistema sia lineare; ipotesi senz'altro verificata fintanto che le grandezze in gioco rimangono limitate.

b) Non vi sia correlazione tra i parametri dei vari buchi, ipotesi verificata sperimentalmente.

c) Il tubo abbia perdite trascurabili. Dall'espressione dell'impedenza di un tubo

$$Z_0 = \sqrt{\frac{Z + j\omega L}{Y + j\omega C}}$$

si vede che questa è funzione della frequenza. A frequenze elevate le componenti resistive possono essere senz'altro trascurate, mentre a frequenze più basse bisogna stare più attenti. La minima frequenza di interesse in un clarinetto è di 146 Hertz, e per questo valore il contributo delle parti resistive è percentualmente piccolo, e perciò può essere ignorato.

d) La sezione del tubo sia uniforme lungo tutta la sua lunghezza. Quest'ipotesi è senz'altro falsa, in quanto la parte finale dello strumento è a sezione conica, e inoltre la forma del bocchino è di cruciale importanza per quel che riguarda sia il timbro, sia le caratteristiche dinamiche dello strumento.

e) I fori chiusi siano trascurabili. In realtà anche essi sono assimilabili a delle discontinuità, ma la loro influenza è limitata.

Di I ritardi di propagazione nei fori aperti siano trascurabili; le dimensioni dei fori del clarinetto variano moltissimo a seconda della posizione da essi occupata sulla canna, ma in linea di principio sono larghi e bassissimi verso il fondo dello strumento, stretti e leggermente più profondi verso l'inizio, in ogni caso mai più lunghi di 0.3 cm. Ora, visto che la velocità di propagazione all'interno dello strumento può essere stimata sui 350 m/s, tener conto di questi piccoli ritardi imporrebbe una frequenza di campionamento elevatissima; per i fori finali del clarinetto poi, vista la loro geometria, risulta assurdo ipotizzare tale ritardo.

Quest'ultima ipotesi porta ad una ulteriore semplificazione radicale del modello. Trascurare il ritardo significa spostare l'impedenza di propagazione a diretto contatto con il tubo principale, ottenendo così un modello a costanti parzialmente distribuite (il tubo principale) e parzialmente concentrate (i fori). Vengono così eliminate le onde riflesse all'interno dei fori.

Inoltre l'assunzione che l'area della canna sia uguale prima e dopo il foro, rende il comportamento del foro simmetrico se visto da destra o da sinistra, portando quindi ad un'ulteriore semplificazione. I due coefficienti A di riflessione risultano uguali come pure i coefficienti B di trasmissione nella canna. Inoltre la trasmissione nel foro può essere descritta da un unico coefficiente C. Lo schema risultante è illustrato in figura 1.

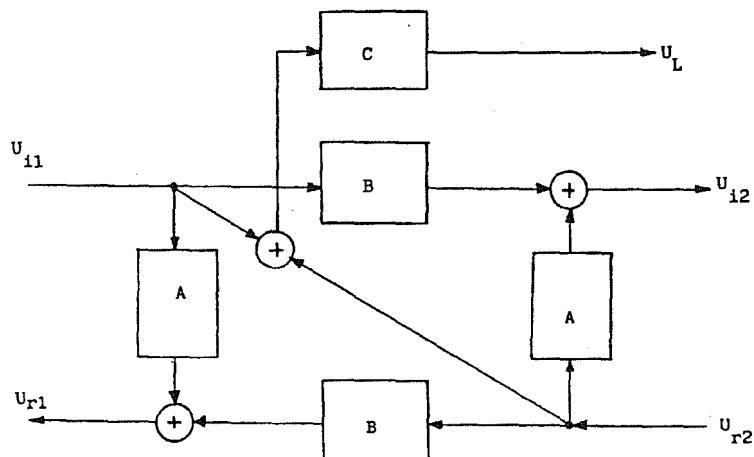


FIG. 1

Dalla teoria delle guide d'onda (Smith), nel caso di multigiuinzioni in parallelo con carico si ricavano i valori

$$A = \frac{-Z_o}{Z_o + 2Z_L} \quad B = \frac{2Z_L}{Z_o + 2Z_L} = 1 + A \quad C = \frac{2Z_o}{Z_o + 2Z_L} = -2A$$

dove  $Z_o$  è l'impedenza caratteristica del tubo e  $Z_L$  è l'impedenza di radiazione del foro. Si noti che normalmente  $Z_L$  non è una pura resistenza e pertanto A, B e C sono dei filtri.

In analogia alla formulazione con una moltiplicazione della giunzione di Kelly-

Lochbaum, è possibile una ulteriore semplificazione, che porta all'uso di un solo filtro. Infatti osservando che vale

$$\begin{aligned} U_{i2} &= B U_{i1} + A U_{r2} = U_{i1} + A^*(U_{i1} + U_{r2}) \\ U_{r1} &= A U_{i1} + B U_{r2} = U_{22} + A^*(U_{i1} + U_{r2}) \\ U_L &= C^*(U_{i1} + U_{r2}) = -2A^*(U_{i1} + U_{r2}) \end{aligned}$$

chiamando  $U_S = U_{i1} + U_{r2}$ , ci si riconduce allo schema di figura 2 in cui compare solo un filtro.

Per concludere bisogna mettere in evidenza il più grosso difetto di questo modello:

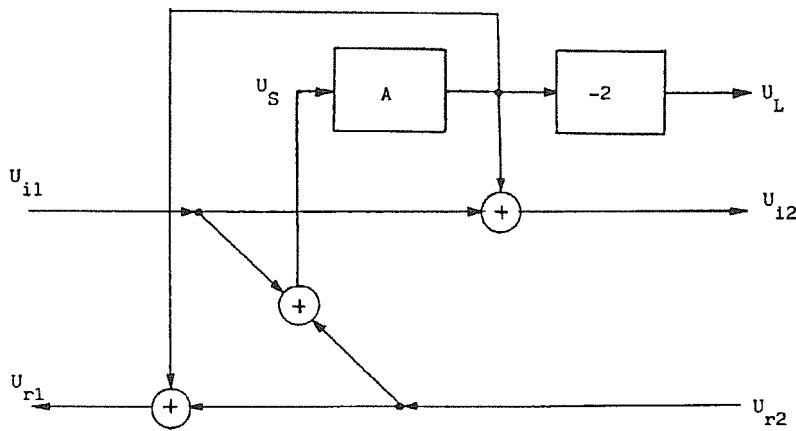


FIG. 2

essendo unidimensionale, colloca la discontinuità in un punto ben preciso, mentre ciò non è verificato in pratica. Non è assolutamente possibile tenere conto poi della correzione di lunghezza della canna, in quanto la posizione reale del nodo di pressione nella canna è funzione della frequenza (più questa è alta, più questo supera la posizione del buco). Inoltre questo spostamento risulta verso il basso per le componenti che vengono dall'alto e in posizione opposta per quelle che vengono dal basso.

#### UNA IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO

Il modello è composto da due parti l'eccitatore, corrispondente all'ancia, e il risonatore, la canna con i fori e la campana. La canna è costituita da una doppia linea di ritardo per le onde di flusso incidenti e riflesse. In essa sono inseriti modularmente i filtri relativi ai fori. Alla destra termina con un filtro per la campana e a sinistra con la riflessione all'ancia e il meccanismo di controllo dell'eccitazione, costituita dal flusso entrante.

Per l'ancia si è usato l'approssimazione a bassa frequenza, e si è usato l'algoritmo computazionale sviluppato da Balena e De Poli (1985). Esso consente di ricavare la funzione che fornisce il flusso entrante in funzione dell'onda riflessa, che arriva all'ancia dalla canna del clarinetto, e della pressione applicata  $P_a$  dal suonatore.

Infatti chiamata  $P_a$  la pressione applicata dal suonatore all'esterno dell'ancia e  $P$

la pressione all'interno del clarinetto in prossimità dell'ancia, il flusso entrante  $U_e$  dipende dalla caratteristica non lineare dell'ancia (a bassa frequenza) e risulta definito dalla relazione  $U_e = f(P-P_a)$  con  $P = P_r+P_i$ . D'altra parte risulta  $P_i = P_r + Z_0 U_e$  da cui  $U_e = f(Z_0 U_e + 2P_r - P_a)$ . Il flusso è definito pertanto implicitamente e può essere espresso esplicitamente come

$$U_e = g(2P_r - P_a) = G(U_r - P_a / 2Z_0).$$

La funzione  $G(\cdot)$  viene calcolata e tabulata per i valori di interesse e quindi si ottiene una implementazione molto efficiente dell'interazione non lineare. In questo modo infatti si ricava il flusso entrante in funzione dell'onda riflessa, e quindi di valori che dipendono solo dal passato. L'onda incidente, che dall'ancia si propaga verso la campana, è data da  $U_i = U_e + U_r$ .

Per un migliore controllo delle caratteristiche espressive dello strumento, si può aggiungere anche un modello dinamico della lingua e dell'ancia come fatto ad esempio da Adrien (1988).

Nel caso dei fori l'impedenza di radiazione può essere espressa da una relazione del tipo  $ZL = sL + s^2R$ . Nella simulazione questi filtri analogici devono essere trasformati in numerici. Ad esempio il filtro A può essere trasformato con la sostituzione  $s = (1 - z^{-1})/T$ , corrispondente al metodo della soluzione dell'equazione differenziale, e diventa

$$A = \frac{-Z_o}{Z_o + 2sL + 2s^2R} = \frac{-1}{a_o + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}$$

con

$$a_o = 1 + \frac{2L}{Z_o T} + \frac{2R}{Z_o T^2} \quad a_1 = -\frac{2L}{Z_o T} + \frac{4R}{Z_o T^2} \quad a_2 = \frac{2R}{Z_o T^2}$$

Ovviamente trasformazioni più accurate sono possibili, però nel nostro caso, dove sono presenti solo componenti a frequenza relativamente bassa, può essere usato anche questo metodo.

Il comportamento della campana, come risulta dalla letteratura, è piuttosto complicato. Per una buona approssimazione sono necessari filtri complessi. D'altra parte l'energia che esce dalla campana è trascurabile, e se sono aperti vari fori, l'influenza della campana risulta molto ridotta. In questo lavoro pertanto si è semplificato di molto il problema usando un filtro passa basso con frequenza di taglio di 4500 Hz.

## IL PORTAVOCE

Il compito principale del portavoce del clarinetto consiste nel produrre la dodicesima (la terza armonica) della nota fondamentale ottenuta con la stessa diteggiatura. Questo foro presenta delle caratteristiche peculiari rispetto agli altri: esso infatti ha un raggio molto piccolo ed è relativamente profondo. A causa di questa sua geometria

particolare non è possibile trascurare la resistenza addizionale presentata dalla strozzatura. Per fare ciò abbiamo usato la seguente formula:

$$Z_A = \frac{P}{\pi a^2} \left( \frac{8\mu}{a^2} + j\omega \rho \right)$$

dove  $a$  = raggio del foro,  $P$  = lunghezza del foro,  $\mu$  = coefficiente di viscosità,  $\rho$  = densità dell'aria. Questa impedenza  $Z_A$  aggiuntiva è stata posta in serie all'impedenza di radiazione  $Z_L$ , il tutto a parametri concentrati senza ritardi di propagazione.

Quello che si ottiene con questa modifica è esattamente quello che doveva succedere: il suono prodotto sale di dodicesima e compaiono anche le armoniche pari. Anche se il suono ottenuto in questo caso non è molto bello (ricorda molto quello di un suonatore alle primissime armi) questo a nostro parere è la prova più lampante della validità del modello.

In figura 3 vi sono mostrate le funzioni di riflessione del modello dello strumento, rispettivamente per le note Sol3 e Re5. Queste note hanno gli stessi fori aperti a parte il portavoce. La funzione di riflessione corrisponde alla risposta all'impulso della parte lineare del modello (canna e fori).

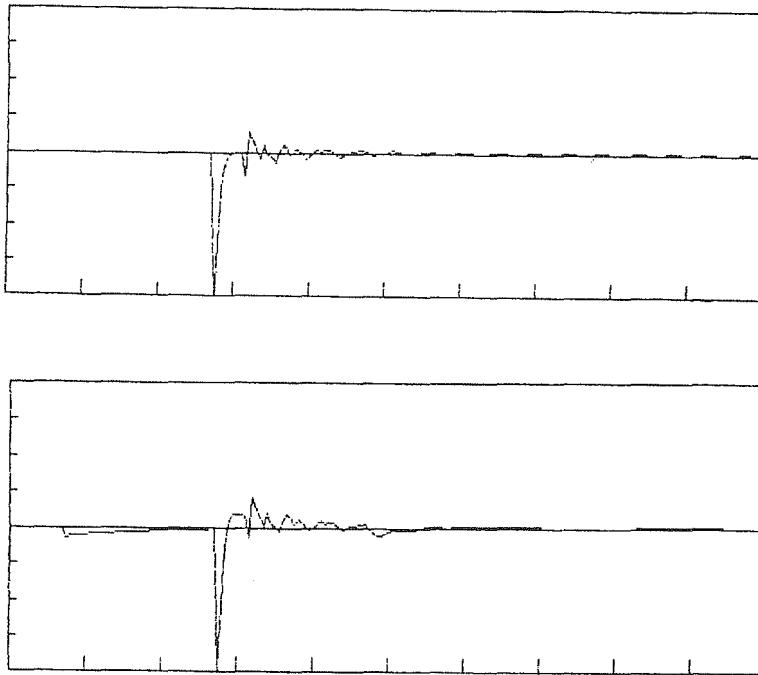


FIG.3

## CONCLUSIONI

E' stato presentato un modello computazionale nel tempo della canna e dei fori del clarinetto. Questo lavoro si inserisce nell'ambito delle ricerche volte ad individuare tecniche per la sintesi di suoni, in particolare algoritmi non lineari con reazione. L'obiettivo a media scadenza pertanto non è tanto una perfetta simulazione del meccanismo di produzione del suono, né di tutte le possibili articolazioni, quanto trarre spunto dalla realtà per formulare algoritmi e modelli che siano di uso più generale. Questo lavoro intende pertanto contribuire allo studio delle varie componenti e alla loro interazione in un modello computazionale. Il confronto con suoni e strumenti reali serve a fornire indicazioni ed elementi di valutazione delle varie soluzioni sperimentate.

## RIFERIMENTI

- Adrien J.M., Caussè R., Ducasse E., "Dynamic modeling of stringed and wind instruments: sound synthesis by physical models", Proc. ICMC 88, p. 265-271, 1988.
- Balena F., De Poli G., "Un modello semplificato del clarinetto mediante oscillatore non lineare", Atti 6<sup>o</sup> CIM, p. 11-138, 1985.
- Kelly J.R., Lochbaum C., "Speech synthesis", Proc. Int. Cong. Acoust., G-24, p. 1-4, 1962.
- Mc Intyre M.E., Schumacher R.T., Woodhouse J., "On the oscillations of musical instruments", J. Acoust. Soc. Am., 74(5), p. 1325-1345, 1983.
- Schumacher R.T., "Ab initio calculations of the oscillations of a clarinet", Acustica, 48(2), p. 71-85, 1981.
- Smith J.O., "Efficient simulation of the reed-bore and bow-string mechanisms", Proc ICMC 86, p. 275-280, 1986.
- Stewart S.E., Strong W.J., "Functional model of a semplified clarinet", J. Acoust. Soc. Am., 68(1), p. 109-120, 1980.

# SINTESI GRANULARE E METODI DI ANALISI

*IMMACOLATA ORTOSECCO, ALDO PICCIALLI  
DIP. SCIENZE FISICHE- UNIVERSITÀ DI NAPOLI*

## SINTESI GRANULARE E DIGITAL SIGNAL PROCESSING

Per la sintesi di segnali vocali e musicali sono state sviluppate svariate tecniche alcune su regole empiriche ed altre su ampie basi teoriche.

Di solito la formalizzazione di strutture sonore dinamiche passa attraverso una rappresentazione tempo-frequenza a cui si può pervenire mediante l'uso di algoritmi di analisi.

In questa prospettiva la "sintesi granulare" fornisce un metodo intuitivo per modellare sorgenti sonore.

La sintesi granulare è una tecnica di produzione del suono alla cui base vi è l'idea che si possa ottenere un suono complesso mediante la successione temporale di suoni di breve durata. Tale tecnica si può configurare come un tipo di sintesi additiva di più canali costituiti da pacchetti d'onda opportunamente traslati nel tempo.

La teoria della sintesi granulare, proposta inizialmente dal fisico inglese D. Gabor, assumeva come grano elementare o 'quanto acustico', un pacchetto costituito da una sola sinusoida di opportuna frequenza inviluppata da una gaussiana e postulava che qualsiasi segnale acustico potesse essere rappresentato mediante la somma di grani di durata costante, ma con frequenze diverse e traslati nel tempo (D. Gabor 1946-47).

La completezza dello sviluppo in serie fu verificata da Bastians (1980), ma per una serie di motivi anche teorici, questo algoritmo ha avuto scarse applicazioni.

Solamente negli ultimi anni nell'ambito dell'analisi dei segnali è stato sviluppato un approccio, brevemente detto "le wavelets", che fornisce, mediante pacchetti d'onda localizzati nel dominio del tempo e della frequenza e non violanti il principio di

indeterminazione, un nuovo strumento rigoroso per la rappresentazione dei segnali dinamici. (Martinet et alii 1987). La classe delle funzioni che costituiscono una base ortogonale di

$L^2(\mathbb{R})$  è derivata da una funzione passabanda

$$\psi(t)$$

la wavelet o pacchetto d'onda, mediante operatori di traslazione e dilatazione su una griglia diadica (o non) di punti

$$\psi_{n,m}(t) = K^{1/2} \psi(2^{-n}t - m)$$

E' da sottolineare che un formalismo di questo tipo conduce ad una rappresentazione molto vicina a quella relativa ai meccanismi di percezione acustica dell'uomo.

L'uso di basi ortogonali di wavelets permette di elaborare i coefficienti dello sviluppo in maniera molto efficiente; il progetto di filtri mirror gioca un ruolo determinante in siffatta elaborazione discreta. (Mallat, Pirani et alii 1984).

Se identifichiamo la wavelet con il grano introdotto da C. Roads (Roads - 1985) ed altri, l'approccio mediante "wavelet" fornisce una solida base teorica alla sintesi granulare, permettendo l'analisi e la sintesi di qualsiasi segnale.

In questo lavoro ci siamo proposti di realizzare sulla base della struttura wavelets, un sistema di analisi dei segnali acustici in grado di fornire all'operatore musicale, interessato in particolare alla sintesi granulare, un potente strumento di lavoro. La conoscenza dei parametri derivati dall'analisi per wavelets ha permesso di separare certe informazioni e modificare alcuni suoni con notevole significato percettivo e musicale.

A tale scopo è stato implementato sia un banco di filtri (channel vocoder) derivato da una opportuna wavelet campione sia la struttura di analisi basata sulla ormai classica "wavelet quasi ortogonale" di Martinet.

## CHANNEL VOCODER

Una metodologia di interpretazione del channel vocoder, ben noto nella letteratura del Digital Signal Processing, (Schroeder 1966, Gold e Rader 1967) è quella di effettuare una analisi di un segnale per mezzo di un banco di filtri tutti dello stesso tipo. Le frequenze di centro banda di ciascun filtro sono equispaziate da 0 a  $R/2$ , dove  $R$  è la frequenza di campionamento. Le uscite dei filtri sono espresse come ampiezze varianti nel tempo. La separazione del contenuto spettrale da quello temporale permette facilmente l'analisi mediante spettrogrammi nonché il processo di sintesi eventualmente dopo le desiderate modificazioni. Ben nota è un'altra interpretazione del channel vocoder: secondo quest'ultima, il sistema di analisi mediante il banco di filtri illustrato sopra è del tutto equivalente all'analisi di Fourier a tempo breve, se il segnale da analizzare viene limitato da una finestra di lunghezza finita e ne viene effettuata la D.F.T. su  $N_o$  frequenze. Da questo punto di vista si possono dedurre due aspetti essenziali per la comprensione degli spettrogrammi:

a) la risposta in frequenza della finestra è quella di un filtro passa-basso le cui caratteristiche possono essere associate al contenuto armonico dell'inviluppo del canale desiderato.

b) La durata della finestra prescelta in base al principio di indeterminazione, limita sia la risoluzione nel tempo che nella frequenza: se la durata della finestra è molto piccola sarà buona la risoluzione nel tempo, ma pessima la risoluzione in frequenza (l'allargamento e lo sparpagliamento delle righe non permetteranno una analisi fine), inversamente finestre di lunga durata permetteranno l'analisi di dettagli della frequenza a spese di una scarsa localizzazione temporale.

In conclusione il fine del channel vocoder classico è quello di separare quanto più è possibile informazioni temporali da quelle spettrali e ciò viene ottenuto mediante la divisione del segnale in un certo numero di bande spettrali e caratterizzando ciascuna banda mediante segnali lentamente variabili nel tempo.

L'ipotesi della quasi stazionarietà dei segnali da analizzare non è essenziale nel caso di un'analisi effettuata mediante wavelets.

## CHANNEL VOCODER MEDIANTE WAVELETS

Ricordiamo alcune proprietà delle wavelets analizzanti:

a) la wavelet ha una sua durata che dipende dalla frequenza di centro banda del filtro passabanda considerato (la durata sarà tanto più piccola quanto più alta è la frequenza di centro banda del canale).

b) in conseguenza di quanto detto al punto a) il banco di filtri costituente il sistema di analisi risulta non più a banda costante, ma a Q costante

$$(\Delta f/f = \text{costante})$$

c) la wavelet analizzante viene traslata, nell'analisi di un canale con un passo che è direttamente correlato alla frequenza del canale stesso (passo piccolo per le alte frequenze ed inversamente per le basse).

Può essere utile una interpretazione che può essere dedotta intuitivamente dalle fig. 1 (canale classico) e fig. 2 (canale per wavelet): nel caso della fig. 1 a canali equispaziati, l'ampiezza variabile nel tempo, cioè l'inviluppo, ha un contenuto spettrale limitato nella banda; nella fig. 2 vediamo una situazione ben diversa il contenuto spettrale dell'inviluppo è ben più largo per cui una informazione spettrale di frequenza inferiore rispetto a quelle contenute nel canale può ripresentarsi sotto una aspetto temporale. Il concetto è più facilmente compreso se ci riferiamo agli spettrogrammi relativi a strutture formantiche (De Poli - Piccialli 1988). In tal caso si possono notare le periodicità dell'inviluppo soprattutto dovute al pitch ed alle armoniche successive.

Ricordiamo alcune definizioni e proprietà base della trasformata wavelet da noi utilizzate per l'implementazione del channel vocoder.

Sia  $\psi(t)$

una wavelet analizzante, la trasformata wavelet integrale di un segnale  $f(t)$  ad energia finita ed appartenente ad  $L^2(\mathbb{R})$

$$\widehat{F}(a,b) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{\infty} \psi^*((t-b)/a) f(t) dt \quad (1)$$

dove  $a$  e  $b$  sono rispettivamente un parametro di scala (correlato alla frequenza) e una variabile temporale. Si può dimostrare che un segnale  $f(t)$  può essere ricostruito

mediante campionamento su una griglia opportuna di punti nel piano  $a, b$ . Infatti se l'insieme delle funzioni

$$\psi_{n,m}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi((t - b_{nm})/a_n) \quad n, m \in \mathbb{Z} \quad (2)$$

è completo e ortonormale in  $L^2(\mathbb{R})$  allora:

$$f(t) = \sum_{n,m} \frac{1}{\sqrt{|a|}} \widehat{F}_{nm} \psi((t - b_{nm})/a_n)$$

La (2) è detta costituire una base ortonormale di wavelets.

La  $\psi_{n,m}$

può essere ottenuta partendo da una coppia di filtri mirror con risposta in frequenza

$$H(e^{j\omega}), G(e^{j\omega})$$

caratterizzati dalla condizione

$$|H(e^{j\omega})| + |H(e^{-j\omega})| = 1$$

$$H(e^{j\omega}) \cdot G^*(e^{j\omega}) + H(e^{-j\omega}) \cdot G^*(-e^{-j\omega}) = 0$$

Dove

$$H(e^{j\omega})$$

è un filtro passa-basso con  $H(1) = 1$  e

$$G(e^{j\omega})$$

è un filtro passa-alto.

Mediante l'introduzione di una funzione ausiliaria (funzione scaling) così definita

$$\Phi(\omega) = \prod_{k=1}^{\infty} H(2^{-k}\omega) \quad (3)$$

è possibile ricavare la relazione tra le trasformate di Fourier della wavelet e la trasformata di Fourier del filtro mirror

$$G(e^{j\omega})$$

in:

$$\varphi(2\omega) = G(e^{j\omega}) \Phi(\omega) \quad (4)$$

I coefficienti del filtro passa-basso  $H$  sono stati calcolati mediante la ben nota tecnica di ottimizzazione di Parks e Mc Clellan. Nelle fig. 3a e 3b sono mostrate le risposte in frequenza dei filtri mirror passa-basso e passa-alto nelle figure 4a e 4b la risposta impulsiva e la risposta in frequenza della funzione scaling, nelle fig 4c e 4d rispettivamente la wavelet derivata e la sua risposta in frequenza.

Nelle sperimentazioni fatte sono state adoperate sia la wavelet quasi ortogonale costituita da un inviluppo gaussiano per l'esponenziale complesso sia quella ortogonale da noi calcolata. Nelle figure 5 e 6 sono mostrate le ricostruzioni di un segnale sintetico nei due modi. Il segnale sintetico adoperato è stato realizzato per sintesi additiva, con

quattro armoniche la prima delle quali a 110 Hz; le ricostruzioni sono per ottave in entrambi i casi; la figura 5 si riferisce a wavelets ortonormali, la 6 a quella quasi ortonormale di Martinet. Nella parte superiore di ciascuna figura è graficato il segnale sintetico da ricostruire e nella parte inferiore il segnale ricostruito. Come si vede, nel caso di wavelet ortonormale, già per ottave, si ottiene una ricostruzione migliore con un numero di operazioni nettamente inferiore a quelle che necessitano nel caso di wavelets non ortogonali o quasi ortogonali.

Sono stati analizzati alcuni suoni di strumenti musicali ed alcuni fonemi e per una parte di essi è stata mostrata la controparte del vocoder classico. Sono stati, inoltre, modificati dei suoni sulla base di alcune proprietà delle wavelets.

#### IMPLEMENTAZIONE DEL SISTEMA DI ANALISI

Le strutture per la realizzazione del banco di filtri discusse precedentemente sono state implementate su una scheda Ariel che utilizza il processore TMS 32025 su pc AT.

La scheda permette di memorizzare i segnali da analizzare ed offre la possibilità di riascoltarli dopo eventuali modifiche dei parametri rappresentativi mediante conversione digitale-analogica.

Nel caso della wavelet ortogonale che è alla base del banco di filtri, la wavelet prototipo è stata valutata su 4096 campioni e memorizzata nell'unità. Sottocampioni sono stati dedotti da questa tabella base.

#### CONCLUSIONI

E' stata introdotta una nuova tecnica di analisi applicata ai vocoders che si è rivelata utile in sperimentazioni che vanno dalla psicoacustica alla timbrica.

L'analisi per wavelet ortonormali fornisce un metodo preciso per la scomposizione del segnale acustico in grani wavelet elementari e quindi la eventuale ricostruzione dello stesso e/o la sintesi di nuovi segnali a partire da tali componenti granulari. La efficienza di elaborazione di strutture di calcolo ad alto parallelismo permetterà in futuro implemen-tazioni in tempo reale già in via di progettazione.

#### BIBLIOGRAFIA

- M. Bastians - Gabor's expansion of signal into gaussians elementary signals. - Proc. of IEEE-68, 1980, 538-539.
- G. De Poli, A. Piccialli - Dynamic control of FIR filters for sound synthesis - Proc. Eusipco '88, 559-562.
- G. De Poli, A. Piccialli - Forme d'onda per la sintesi granulare sincrona - Atti del VII CIM, Roma Marzo 1988, 70-75.
- D. Gabor - Theory of communication - Journal of IEE-93, 1946, 429-441.
- D. Gabor - Acoustical quanta and the theory of hearing - Nature-159, 591-594.
- B. Gold and Rader - The channel vocoder - IEEE Trans. Audio Electroacoustic Vol. Au-15, pp. 148-151, Dec. 1967.
- R. Kroland Martinet, J. Morlet, A. Grossman - Analysis of sound patterns through wavelet transform - Inte J. of Pattern recognition and A.I., 7 1987.

- S. Mallat - A theory for multiresolution signal decomposition the wavelet representation. - preprint Grasp Lab. of Comp. and Info. Science, Univ. of Pennsylvania.
- G. Pirani and V. Zingarelli - Analytical formula for design of quadrature mirror filters - IEEE Trans. ASSP vol.32, pp. 645-648, Jun 1984.
- P.P Vaidyanathan - Quadrature mirror filter banks, M-band extension and perfect reconstruction techniques - IEEE ASSP Magazine july 1987.
- C. Roads and G. Strawn - Foundation of Computer Music - pp. 154-151 Mit Press 1985.
- M.R. Schroeder - Vocoders: Analysis and Syntesis of speech - IEEE Vol. 54, pp. 720-734, May 1966.

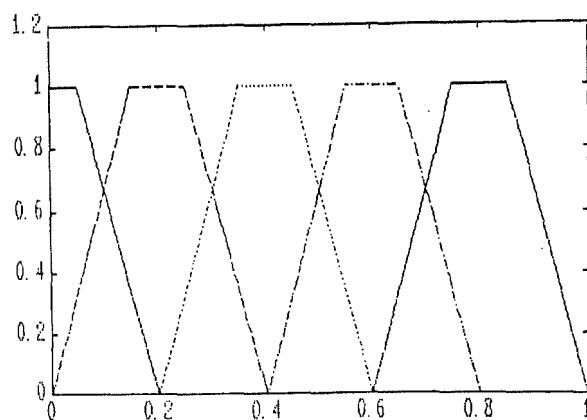


FIG. 1 CHANNEL VOCODER A CANALI EQUISPZIATI TUTTI DELLO STESSO TIPO.

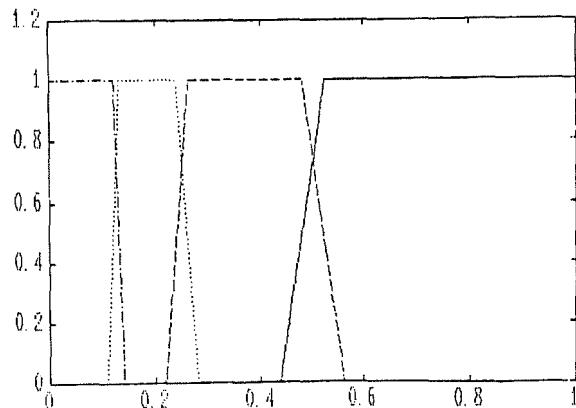


FIG. 2 CHANNEL VOCODER A CANALI WAVELETS.



FIG. 3A RISPOSTA IN FREQUENZA DEL FILTRO MIRROR PASSA-BASSO.

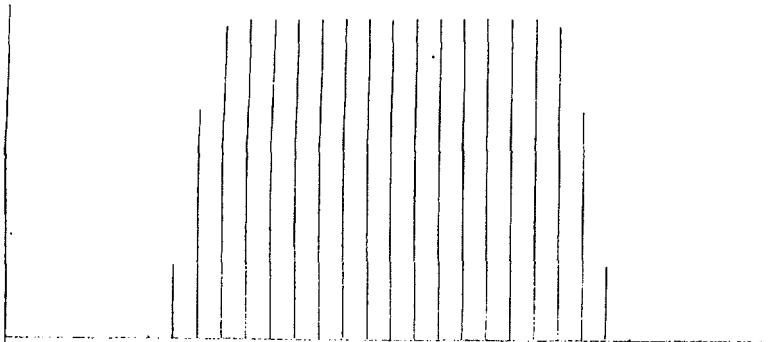


FIG. 3B RISPOSTA IN FREQUENZA DEL FILTRO MIRROR PASSA-ALTO.

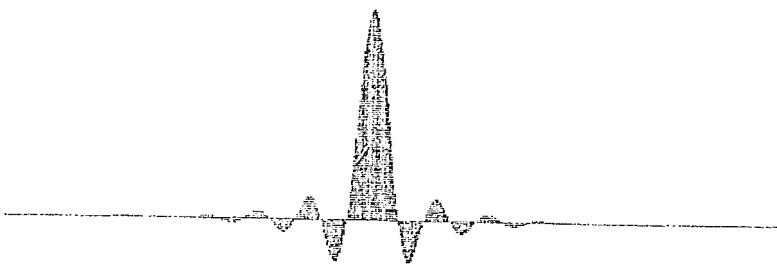


FIG. 4A FUNZIONE SCALING NEL DOMINIO DEL TEMPO.

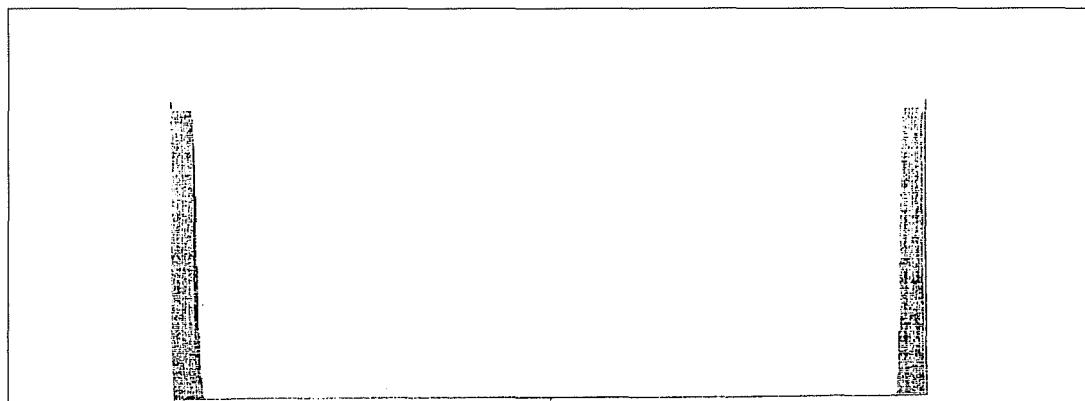


FIG. 4B FUNZIONE SCALING NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE.

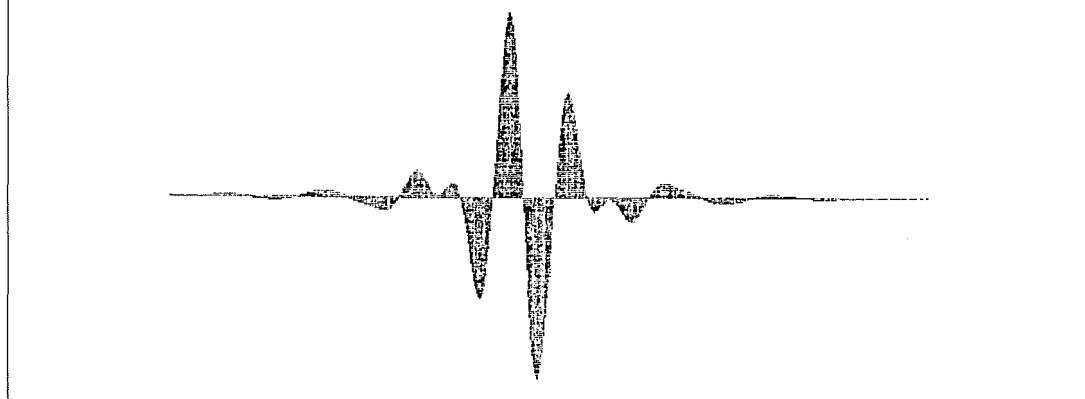


FIG. 4C WAVELET ORTONORMALE NEL DOMINIO DEL TEMPO.



FIG. 4D WAVELET ORTONORMALE NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE.

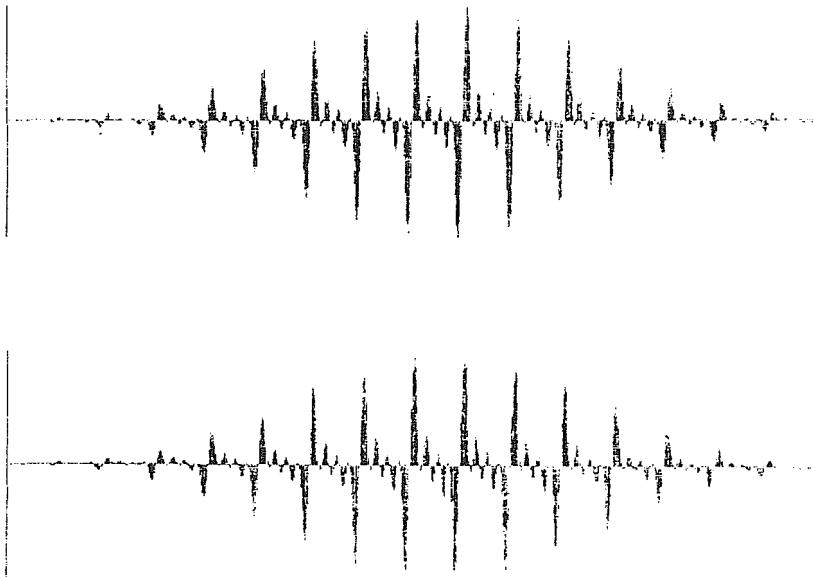


FIG. 5 RICOSTRUZIONE DI UN SEGNALE MEDIANTE WAVELET ORTONORMALE.

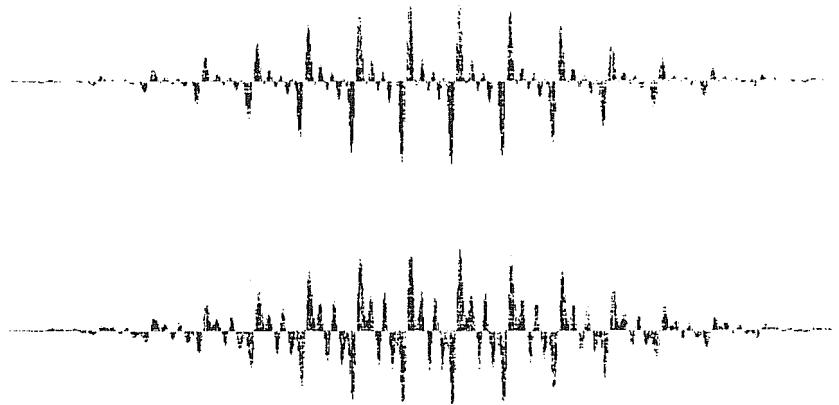


FIG. 6 RICOSTRUZIONE DELLO STESSO SEGNALE DELLA FIGURA PRECEDENTE MEDIANTE WAVELET NON ORTONORMALE.

# SISTEMI PER LA SINTESI DEL SUONO IN TEMPO REALE BASATI SUL CHIP SET VLSI ASF

*FRANCESCO GALANTE, GIORGIO NOTTOLI*

*S.I.M. S.R.L.*

*VIA GRAZIOLI LANTE, 30  
00195 ROMA*

I primi tre componenti del chip set A.S.F. (audio synthesis family), sono stati realizzati con pieno successo riguardo alle caratteristiche e prestazioni, obiettivo del progetto.

La famiglia dei circuiti integrati VLSI ASF, si presta alla progettazione di sistemi di sintesi di elevata flessibilità e di diversa potenza: la descrizione del progetto è agli atti del VII Colloquio di Informatica Musicale del 1988 pagina 37/41 titolo "A.S.F.: an audio synthesis family of VLSI chips" - Giorgio Nottoli e Francesco Galante.

A valle della realizzazione dei circuiti integrati in collaborazione con Texas Instruments, si è passati alla fase di progettazione e realizzazione di due sistemi per la sintesi del suono in tempo reale basati su tale tecnologia.

Il primo dei due, completamente realizzato, utilizza soltanto tre chip della famiglia A.S.F. ed è il più semplice e di minor costo.

Cablato su di una singola board esso comprende un microprocessore 68000 motorola completo di memorie ROM/RAM che mediante una interfaccia MIDI può comunicare con un computer per impieghi generali o una tastiera MIDI.

Il microprocessore controlla la sezione sintesi del suono che è costituita da:

- FG (96 channels parallel Function Generator) circuito integrato generatore di inviluppi ad infiniti segmenti.

- AG-NL (96 channels parallel address generator) circuito integrato generatore della fase istantanea di 96 oscillatori virtuali.

- Table look-up RAM: memoria forme d'onda indirizzata dal circuito AG-NL, contiene 128 tabelle memorizzate scrivibili.

- AMX (96 channels parallel amplitude modulator and mixer): circuito integrato che provvede al riscalamento in ampiezza delle uscite degli oscillatori generati tramite AG-NL,

mediante l'inviluppo generato tramite FG ed il parametro Level (ampiezza generale in dB) interno al chip.

Oltre a ciò AMX provvede al calcolo di filtri passa alto o passa basso del primo ordine, alla generazione del feed-back per la modulazione di fase ed al mixage dei 96 canali in 12 uscite selezionabili.

AMX, insieme ad AG-NL provvede alla interconnessione fra i 96 canali.

- Conversione Digitale Analogica: il sistema di conversione, gestito dal chip AMX, è costituito da un convertitore digitale analogico 16 bits del tipo impiegato nei compact discs multiplexato nel tempo in modo da raggiungere la dinamica globale teorica di 115dB.

L'uscita analogica è stereo e lo spazio left-right, è diviso in dodici punti.

Ciascuno dei 96 canali può essere diretto ad uno qualsiasi dei dodici punti in modo completamente indipendente.

Ciò consente una distribuzione arbitraria del materiale sonoro nello spazio d'ascolto stereo.

Il sistema, da un punto di vista software, contiene un firmware completo residente in ROM, che consente la gestione sino a 96 processori paralleli sotto controllo di un processore ospite (personal computer o tastiera MIDI) mediante un opportuno protocollo di trasmissione seriale: ASFSCP (audio synthesis family serial communication protocol).

Il software è stato realizzato in collaborazione con il Gruppo LAST dell'Istituto di Acustica "O.M. Corbino" del C.N.R.

In termini di prestazioni il sistema può generare 96 canali indipendenti ed interconnettibili fra loro, ciascuno dei quali può essere un'oscillatore con forma d'onda arbitrariamente determinata un filtro passa alto, un filtro passa basso o un formatore di inviluppo: ciascun canale ha un inviluppo per segmenti arbitrariamente definibile.

Fra i possibili metodi di sintesi utilizzabili:

- Sintesi Additiva a forma d'onda fissa
- Sintesi per modulazione di frequenza (algoritmi con sino a 24 oscillatori).
- Sintesi per distorsione non lineare.

## IL SISTEMA

Il secondo sistema, attualmente in fase di avanzata progettazione, utilizza 28 chips della famiglia ASF.

24 chips: 8 per FG, 8 per AG-NL, 8 per AMX, sono interconnessi come nel primo sistema e formano quindi 8 moduli capaci ciascuno di 96 canali per un totale di 768.

Le dodici uscite di ciascuno degli 8 moduli (96 in tutto) sono inviate ad un circuito AMX collegato ad una memoria veloce che consente l'interconnessione arbitraria delle 96 uscite.

I risultati finali sono inviati ad un circuito AMX che gestisce il mixage finale e la conversione digitale analogica su dodici uscite audio indipendenti.

I due circuiti AMX a valle del sistema ricevono in ingresso 96 per 2 inviluppi da due circuiti FG loro dedicati.

Tale struttura corrisponde a quella di un mixer programmabile 96 ingressi per dodici uscite.

I canali programmati come oscillatori fanno riferimento a 65.536 tabelle memorizzate scrivibili.

Il controllo del sistema è effettuato da nove microprocessori 68000 uno con funzione di master, otto dislave.

In termini di prestazioni il sistema ha una potenza di 768 canali interconnettibili e raggruppabili in otto sottoinsiemi di 96.

Le dodici uscite di ciascun sottoinsieme formano 96 canali "complessi" arbitrariamente interconnettibili fra loro.

Tutti i 960 canali risultanti: 768 di primo livello e 192 di secondo livello, sono controllati mediante 960 involucri per infinite spezzate lineari dedicati ed indipendenti.

# CONTROLLO IN TEMPO REALE DI DISPOSITIVI DI SINTESI DEL SUONO: IL PROGRAMMA ASF

VITO ASTA

ISTITUTO DI ACUSTICA "O.M. CORBINO" - CNR  
VIA CASSIA, 1216 - 00189 ROMA

A.S.F. (Audio Synthesis Family) è una famiglia di chips VLSI Semicustom, in tecnologia CMOS 2 microns, progettati e realizzati dalla S.I.M. di Roma e destinati a costituire un set completo di periferiche per la sintesi numerica in tempo reale. Le caratteristiche principali sono: 96 canali di sintesi, 128 forme d'onda per gli oscillatori, numero di voci variabile via software, fino a 24 canali per voce, fino a 12 canali di uscita, frequenza di campionamento fino a 50 KHz.

Nel quadro di un accordo di collaborazione scientifica tra la S.I.M. e l'Istituto di Acustica "O.M. Corbino", è stata avviata una ricerca, svolta in seno al gruppo LAST, per la realizzazione di un programma di controllo in tempo reale dei circuiti detti.

L'originalità di questo lavoro risiede nelle metodologie adottate per risolvere una serie di problematiche tipiche di una vasta classe di sistemi di sintesi musicale, non ristrette quindi al solo caso concreto in esame.

Il programma in oggetto, denominato ASF, costituisce nella sua versione attuale il firmware di base di una scheda comprendente:

- tre chips della famiglia A.S.F.: FG (generazione di inviluppi), AG-NL (generazione di oscillatori a table look-up, modulabili in fase), AMX (controllo di ampiezza degli oscillatori, accumulazione e mixing finale).

- memoria (RAM o PROM) per le forme d'onda
- DACs di uscita (fino a 12 DACs)
- un microprocessore di controllo MC68000
- una porta parallela per la comunicazione con un bus esterno

Il microprocessore (uP) comunica attraverso la porta con un Master Processor (MP),

che controlla il bus esterno e che vede l'intera scheda come una periferica intelligente, affacciata sul suo bus attraverso un'unica porta di I/O. Il MP è normalmente responsabile della gestione di un sistema di sintesi completo, comprendente una o più delle schede ora descritte, e invia comandi di alto livello alla scheda (caricamento di forme d'onda, definizione di inviluppi, di modelli di voce, partenza e arresto di eventi sonori - tipo Note-On e Note-Off nel protocollo MIDI, etc.); il uP riceve i comandi, li compila in una forma interna e posiziona appropriate strutture di dati, e lancia in conseguenza comandi di basso livello ai chips, in tempo reale, servendo inoltre gli interrupts richiesti dal generatore di inviluppi, per l'aggiornamento dei segmenti.

Il programma è scritto interamente in linguaggio C, fatto salvo un file in assembler di circa 20 righe, e riesce a svolgere il suo compito (incluso, tra l'altro, la conversione delle frequenze da unità logaritmiche in lineari e quindi in step effettivo degli oscillatori) senza effettuare una sola moltiplicazione. La memoria discute in particolare i seguenti aspetti del programma ASF:

- progettazione ed implementazione del protocollo di dialogo tra uP e MP
- rappresentazione interna di parametri significativi e strutture di dati associate
- organizzazione interna del programma, strategia di controllo dei chips e di allocazione/deallocazione dinamica delle risorse hardware e software
- implementazione all-software di oscillatori a bassa frequenza (LFOs).

Il protocollo di dialogo comprende i seguenti comandi: HDW\_RES (hardware reset), SFW\_RES (software reset), LD\_WF (load wave form), LD\_ENV (load envelope), SET\_VM (set Voice Model: definisce un prototipo di voce, da referenziare nel comando NT\_START), UNS\_VM (unset Voice Model), NT\_START (note start), NT\_END (note end), NT\_KILL (note kill: deallocazione veloce di una voce attiva, per poter allocare risorse ad un nuovo evento sonoro), SET\_MODE (set program mode: specifica alcune opzioni del programma al uP), SET\_MIDI (set MIDI protocol). L'ultimo comando fa sì che il uP accetti comandi secondo il protocollo MIDI, ciò che permette, specie in fase prototipale, di controllare la scheda con una semplice Master Keyboard MIDI, che svolge il ruolo di MP. Il uP conosce un "System Exclusive Message" che lo riporta al protocollo normale.

Il programma gestisce numerose strutture di dati, alcune delle quali sono allocate e deallocate dinamicamente da un pool globale, all'inizio e alla fine di ogni evento sonoro. Esistono, in particolare, strutture VM (Voice Model), envelope, voice, channel, segment. Ciascuna struttura comprende tipicamente più puntatori per implementare liste linkate di altre strutture simili o per puntare a liste di strutture di livello inferiore. Alcune strutture possono trovarsi in uno tra più stati operativi: ad esempio, la struttura channel ha i seguenti stati: FREE (il canale associato non è allocato a nessuna voce), RUN (è allocato ed è attivo nei chips), DEAD (l'inviluppo del canale sta eseguendo il suo ultimo segmento), ZOMBIE (l'inviluppo ha finito il suo ultimo segmento, ma il canale è ancora allocato alla voce).

L'allocazione dinamica dei canali, soggetta ad alcune restrizioni imposte dall'hardware, e l'implementazione software degli LFO (che non sono previsti dai chips), sono tra le parti più delicate dell'intero programma. La memoria discute in dettaglio gli algoritmi scelti.

# UN TOOLKIT AUDIO PER AMBIENTI OBJECT ORIENTED

*PAOLO BALLADORE, FABIO CAPPELLO*

*CENTRO SONOLOGIA COMPUTAZIONALE*

*UNIVERSITÀ DI PADOVA*

*VIA S. FRANCESCO, 11*

*35100 PADOVA*

## 1. INTRODUZIONE

Spesso i musicisti che si dedicano alla musica informatica si trovano ad utilizzare dei sistemi poco intuitivi, difficili da usare e che richiedono un bagaglio di conoscenze tale da scoraggiare chi non ha accumulato una sufficiente esperienza pratica. L'interazione tra il compositore e la macchina è sin dall'inizio poco amichevole, ed in certi casi addirittura traumatica.

A nostro parere, un sistema per la musica informatica dovrebbe avere una serie di caratteristiche base tra le quali:

- facilità d'uso
- interattività nell'ascolto
- facile modificabilità del materiale musicale

I nuovi linguaggi Object Oriented sembrano rispondere a queste esigenze e sono perciò attualmente visti come una sicura promessa per le applicazioni di musica informatica. A differenza dei vecchi linguaggi dedicati alla sintesi del suono (ad esempio MUSIC V) che si basano su linguaggi come il FORTRAN, poco rispondenti a questo tipo di esigenze, i sistemi per la musica informatica costruiti sulla programmazione Object Oriented risultano ancora più elasticci ed intuitivi.

Alcuni vantaggi fondamentali sono:

- flessibilità e semplicità dello stile di programmazione;
- definizione e lavoro in un unico ambiente integrato, dentro il quale l'utente può

scrivere, testare, eseguire programmi attraverso l'attivazione di finestre, ottenendo immediatamente i risultati, senza dover uscire dal sistema stesso;

- ottima interfaccia utente: tutti i comandi sono disponibili su pull-down menus richiamabili tramite mouse;
- possibilità di avere input/output grafici.

## 2. SCOPO DEL LAVORO

L'unico inconveniente degli ambienti Object Oriented è che normalmente non offrono un'adeguata uscita sonora.

Scopo del nostro lavoro è proprio quello di fornire una estensione per ambienti Object-Oriented, tale da rendere disponibile una serie di utilities di base per l'impiego musicale dell'ambiente stesso. Alcune di queste sono ad esempio la possibilità di suonare in tempo reale una partitura predefinita, sulla quale si può eventualmente intervenire tramite dispositivi gestuali, oppure di introdurre una frase musicale da una tastiera MIDI.

In ambiente Object-Oriented è facile manipolare "oggetti sonori" (ad esempio effettuare la trasposizione di una frase, o il missaggio di più frasi ecc.); per questo motivo si può immaginare che il nostro toolkit costituisca l'input e al tempo stesso l'output per un sistema di aiuto alla composizione.

Infatti è stato usato in ambiente SMALLTALK/V e attualmente gestisce la parte di input/output audio del sistema per l'aiuto alla composizione SCOOP (B. Fagarazzi - C. Saraggiotto) sviluppato al CSC di Padova.

Il toolkit pur permettendo un'uscita in tempo reale via MIDI, prevede anche la scrittura su files di partiture in linguaggi per la sintesi in tempo differito (per esempio MUSIC V, ADAGIO).

Si è scelto di sviluppare il pacchetto su sistema di dimensione personale (PC/AT IBM compatibile).

Il sistema necessita di una interfaccia MIDI (preferibilmente tipo Roland MPU-IPC) ed un expander MIDI qualunque (es. Yamaha TX81-Z).

Il toolkit dunque è caratterizzato da un buon grado di portabilità.

## 3. MODALITÀ D'USO

Sono due le principali funzionalità del toolkit:

1) permette di registrare una melodia suonata sulla tastiera MIDI e considerare il tutto come un nuovo oggetto sonoro

2) permette di ascoltare una partitura predefinita con la possibilità di controllarla in tempo reale tramite dispositivi gestuali (ad esempio la tastiera), dove il tipo di intervento può essere programmato ogni volta in modo diverso.

Si può anche pensare al controllo in tempo reale di processi di generazione automatica.

Ogni azione viene effettuata richiamando un metodo da ambiente Object Oriented ed applicandolo agli oggetti sonori voluti.

A titolo di esempio una possibile sintassi per il primo modo d'uso potrebbe essere:

**AnEvent InputFrom Keyboard**  
crea l'oggetto sonoro "AnEvent" registrando una melodia suonata sulla tastiera MIDI.

Altri modi possibili per generare un oggetto sonoro potrebbero essere:

**AnEvent DirectlyCreate: ( .... )**  
crea un oggetto sonoro come una lista di note, dove i valori sono specificati nella lista ( .... ).

**AnEvent CasualgenCreate: ( .... )**  
crea un oggetto sonoro tramite una generazione casuale entro i ranges specificati nella lista ( .... ).

Mentre il primo è un metodo definito nel nostro toolkit, gli ultimi due sono da definirsi in ambiente Object Oriented, e quindi a carico dell'utente del toolkit.

Dopo varie manipolazioni sugli oggetti base così definiti e diversi montaggi (messaggi, concatenazioni, trasposizioni, ecc.) è possibile ascoltare la composizione finale così ottenuta (che è a sua volta ancora un oggetto sonoro, e quindi ancora manipolabile).

**AnEvent PlayMIDI**  
suona in tempo reale l'oggetto sonoro "AnEvent" su un sintetizzatore MIDI.

Quest'ultimo è naturalmente un metodo del nostro toolkit.

#### 4. IMPLEMENTAZIONE

Analizziamo ora brevemente alcuni dei problemi di implementazione incontrati nella costruzione del toolkit.

Prendiamo in considerazione il secondo modo d'uso del toolkit, ossia quello che permette di eseguire in tempo reale una partitura predefinita (gestita, come prima detto, dal metodo PlayMIDI).

Una partitura viene rappresentata nel nostro sistema come una lista di note dove ognuna contiene differenti parametri, alcuni opzionali e altri obbligatori, che specificano ad esempio il tempo d'inizio, durata, pitch, ampiezza, ecc. La corrispondente struttura dati è di tipo array con accesso ad indice.

Il problema di suonare una partitura in tempo reale può essere pensato come un tipico problema PRODUTTORE/CONSUMATORE. La partitura (scandita in tempo reale dal metodo PlayMIDI) può essere vista come un processo produttore di note, le quali vengono inserite in un buffer di smaltimento per poi essere mandate, al momento giusto, al sintetizzatore MIDI, che funge da consumatore.

La gestione delle note è in realtà più complessa, poiché mentre la sequenza dei comandi di inizio delle note (NOTE ON) è già ordinata in partitura, la sequenza di quelli

di fine nota (NOTE OFF) deve essere generata via via che le note vengono lette. E' quindi necessario effettuare un SORTING in tempo reale dei tempi di fine nota, usando appunto il buffer di smaltimento come zona di memoria dove effettuare dinamicamente l'ordinamento.

Il tutto viene gestito da un unico scheduler (metodo PlayMIDI) che nei momenti critici effettua delle chiamate, tramite interrupt, a metodi primitivi, i quali sono scritti in un linguaggio a basso livello (ad esempio Assembler). Ciò è necessario, ad esempio, nei momenti in cui vengono mandati i comandi MIDI al sintetizzatore (come sequenza di byte) o quando all'inizio viene programmata l'interfaccia.

Algoritmo dello scheduler in Pseudo-Pascal

## 5. CONCLUSIONI

I linguaggi Object Oriented hanno dimostrato di essere un valido strumento per la costruzione di sistemi per la musica informatica. Questo grazie alla flessibilità dello stile di programmazione e alla generalità delle sue potenziali applicazioni.

Il fatto inoltre che questi ambienti forniscono un'ottima interfaccia grafica, ci ha portato a pensare di estendere le loro possibilità per un utilizzo musicale di alta qualità, fornendoli di un'adeguata uscita sonora in tempo reale (tipo MIDI), e per altri linguaggi di sintesi in tempo differito.

Un buon compromesso tra flessibilità ed efficienza si ottiene scrivendo i programmi più complessi in linguaggio ad alto livello e demandando invece compiti più critici, in termini di efficienza, ad un linguaggio di basso livello. Una gestione di questo tipo garantisce inoltre semplicità e chiarezza anche dal punto di vista dell'ingegneria del software.

## BIBLIOGRAFIA

- Dannenberg, R. (1986). The CMU MIDI Toolkit. Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC) 1986, pp. 53-56, The Hague.
- Hebel, K. (1987). Javelina: an environment for the development of software for digital signal processing. Proceedings of the ICMC 1987, pp. 104-107, Urbana-Champaign.
- Hebel, K. (1989). Javelina: An environment for digital signal processing software development. Computer Music Journal, Vol. 13, n. 2, pp. 39-47.
- Lentczner, M. (1985). SoundKit: a Smalltalk sound manipulator. Proceedings of the ICMC 1985, pp. 141-144, Vancouver.
- Mellinger, D., Garnett, G., Mont-Reynaud, B. (1989). Virtual digital signal processing in an Object-Oriented system. Computer Music Journal, Vol. 13, n. 2, pp. 71-76.
- Pope, S.T. (1987). A Smalltalk 80 based music toolkit. Proceedings of the ICMC 1987, Urbana-Champaign, pp. 166-173.
- Pope, S.T. (1989). Machine Tongue XI: Object-Oriented software design. Computer Music Journal, Vol. 13, n. 2, pp. 9- 22
- Scaletti, C. (1989). The Kyma/Platypus computer music workstation. Computer Music Journal, Vol. 13, n. 2, pp. 23-38.

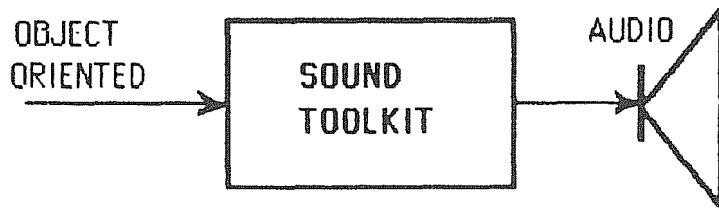


FIG. 1

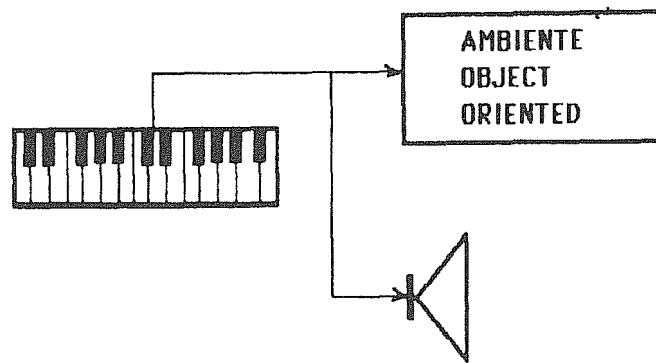


FIG. 2

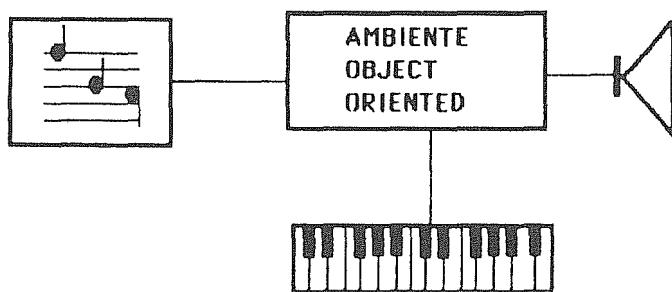
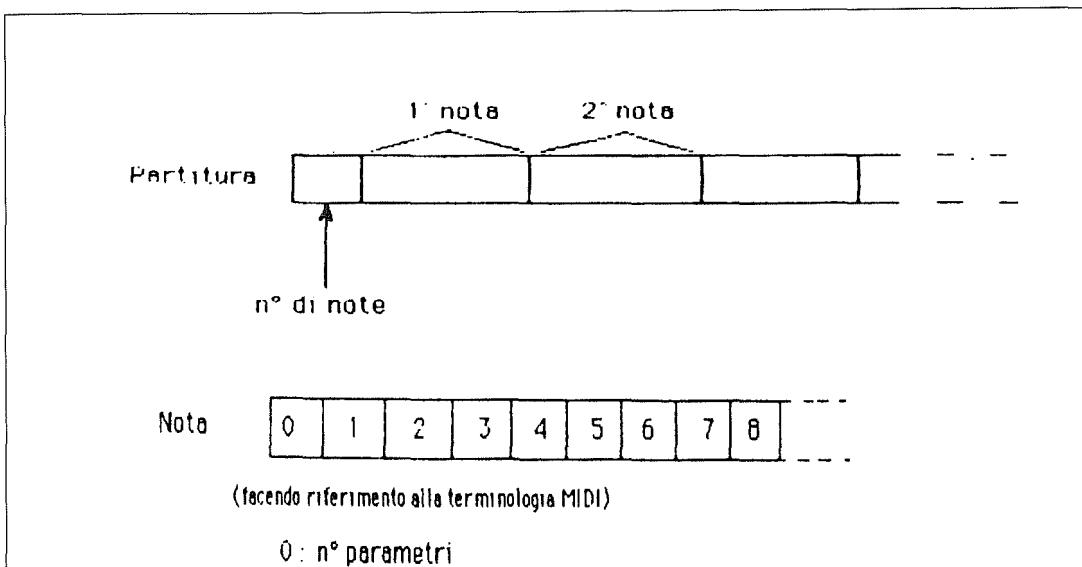
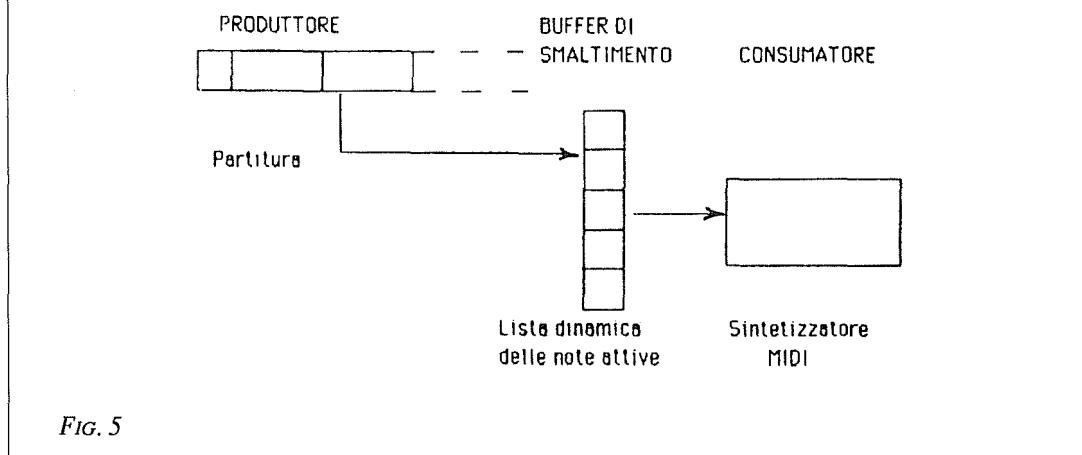


FIG. 3



- 0 : n° parametri
- 1 : tempo d'inizio in centesimi di secondo
- 2 : durata
- 3 : pitch
- 4 : n° di canale
- 5 : ampiezza
- 6 : variazione pitch (pitch bender)
- 7 : controllo della modulazione (modulation wheel)
- 8 : variazione di pressione di tasto (after touch)

*FIG. 4*



*FIG. 5*

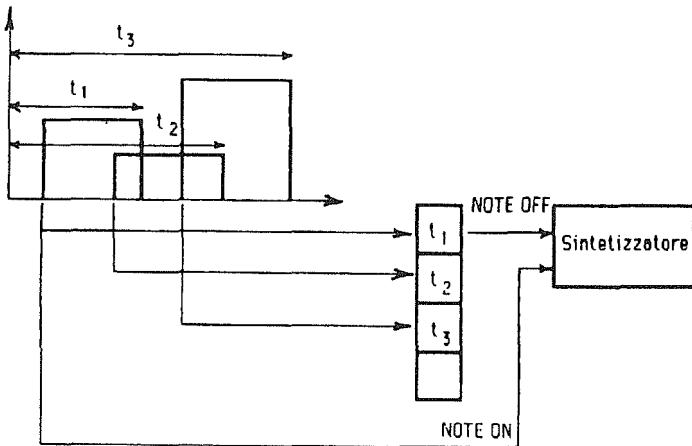


FIG.6

```

inizializza la coda a vuota
FOR i = 1 to N note do
begin
    leggi una nota dalla partitura
    WHILE (ci sono note da spegnere prima di accendere
           la prossima nota) do
        begin
            NOTE OFF dell'elemento di testa alla lista
            cancella l'elemento di testa
        end
        NOTE ON della nota letta
        inserisci ordinatamente nella lista delle note attive la nota
        appena suonata
    end
    WHILE (lista note attive non vuota) do
        begin
            NOTE OFF dell'elemento in testa alla lista
            cancella l'elemento di testa
        end
    end

```

FIG. 7

# ELAB-C25

## SISTEMA DI ELABORAZIONE NUMERICA DEL SUONO IN TEMPO REALE

*LINDORO MASSIMO DEL DUCA  
LEONARDO S.P.A. CENTRO TECNOLOGICO - CULTURALE  
SIM S.R.L. ROMA*

ELAB - C25 è un sistema su singola scheda per PC IBM comp. basato sul processore digitale di segnali (DSP) TMS320 - C25 della Texas Instruments.

La filosofia di progetto del sistema è tale da renderlo particolarmente predisposto alla esecuzione di "partiture di elaborazione" intendendo, con questo, la possibilità di elaborare il suono di uno o più strumenti tradizionali in tempo reale e di variare, secondo una preordinata sequenza, le elaborazioni stesse.

Il succedersi delle elaborazioni può essere automatico (sequenzer programmato) oppure comandato da un operatore alla consolle che contemporaneamente segua la partitura musicale. Sarebbe anche possibile, subordinare le variazioni di elaborazione agli eventi musicali stessi: riconoscimento di una fondamentale, di un'intensità, ecc.).

L'esame della struttura del sistema potrà chiarirne, ulteriormente, le possibilità. Complessivamente possiamo affermare che il sistema risulta di basso costo e piccole dimensioni e completamente aperto nella scelta di elaborazioni e di metodi di sintesi, costituendo, in tal modo, un utile strumento per la ricerca e la didattica musicali.

### STRUTTURA HARDWARE

Nella fig. 1 è mostrato lo schema a blocchi di ELAB - C25, nella quale è possibile osservare le caratteristiche peculiari del sistema, che possono essere così riassunte:

1) Interfaccia parallela con host computer IBM e C25 dotata di 2 memorie FIFO di 64 posizioni, una in ingresso, una in uscita, per consentire flusso di dati, fra sistema ed host, veloce.

2) EP è una eprom di programma contenente una firmware di gestione dello start

- up, di un autodiagnostico e di un corredo di routines fondamentali di I/O ecc.

3) RA, Rb sono due memorie RAM di programma del tipo dual - port, accessibili sia da host che da C25. Tali memorie vengono riempite di codice dall'host alternativamente. Mentre viene eseguito il programma di elaborazione in RA, viene caricata la Rb, esaurito il tempo della prima elaborazione, il C25 commuta su Rb e RA viene a sua volta caricata con il codice di una successiva elaborazione.

Il programma completo di elaborazioni è contenuto nell'host e viene fornito gradualmente ad ELAB durante la esecuzione.

B 1 - B 4 sono buffer di RAM statica, dotati di 64 Kwords ciascuno, usati per memorizzare segnali acquisiti. Questi possono essere considerati come 4 tracce indipendenti di un registratore digitale, gestibili in maniera randomica, consentendo interessanti elaborazioni quali riverberi, accumulazioni, ritardi, ecc...

D 1 - D 4 sono 4 DAC da 16 bit, con i quali è possibile realizzare una spazializzazione in tempo reale.

A 1 - A 2 sono due canali ADC da 16 bit, che consentono acquisizione contemporanea, da 2 sorgenti diverse.

## CARATTERISTICHE SOFTWARE

Il software di corredo al sistema è suddiviso nelle seguenti parti:

### 1) Software su Host

EDIT : consente di preparare, guidati da opportuni menu, le elaborazioni desiderate, salvarle su disco, richiamarle, correggerle e compilarle.

COM : consente di entrare in comunicazione con ELAB e poter inviare comandi in esecuzione (play, stop, ecc.), caricare codici e dati, raccogliere dati, esaminare lo stato della macchina.

ASM : assembler C25 e Linker per generare i codici oggetto e creare nuovi moduli.

LIB : libreria di elaborazioni già codificate.

### 2) Firmware su elab

- Monitor su eprom

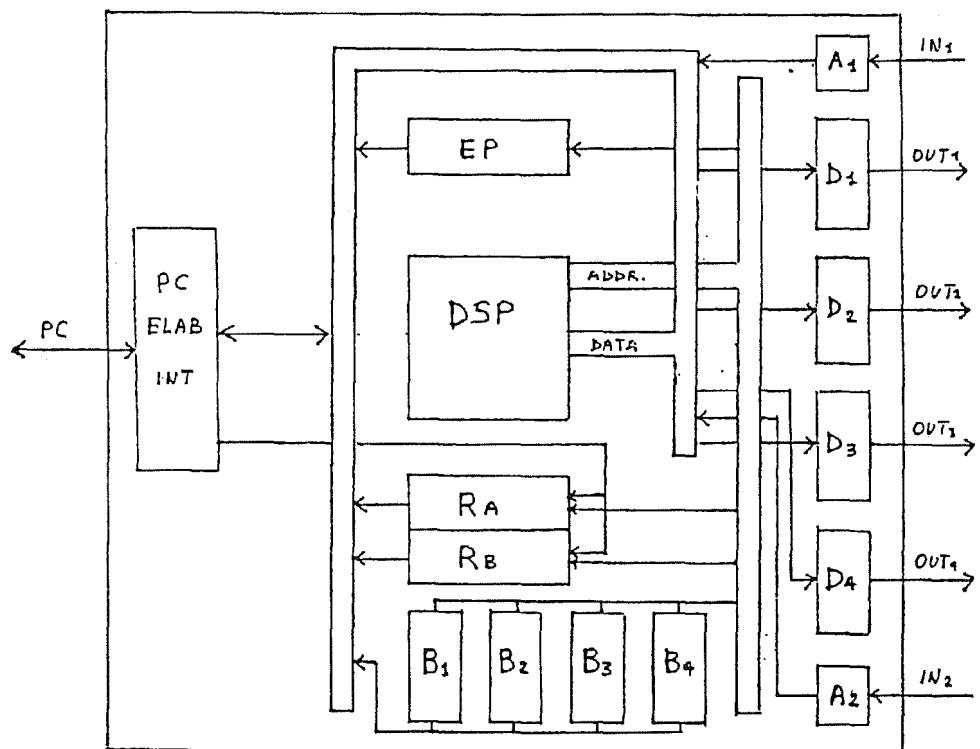
## PROCEDURA NORMALE DI USO DI ELAB - C25

Con la scheda ELAB inserita nel PC, si collegano le uscite DAC ai canali amplificatori e gli ADC ai microfoni. Come prima operazione si sceglie una particolare elaborazione fra quelle contenute in LIB e mostrate dal menù sotto EDIT. Scelta l'elaborazione si assegnano i parametri, si lancia la compilazione e si entra in COM per una verifica immediata. Sotto COM è possibile trasferire il codice oggetto in ELAB (con il comando DL) e successivamente con il comando PLAY mandarlo in esecuzione.

Sempre sotto COM, se si sta sperimentando una nuova elaborazione, si può operare il debugg ispezionando ELAB sia nelle memorie che all'interno del DSP. E altresì possibile,

sempre sotto COM, operare con opportuni comandi, la variazione di parametri dell'elaborazione (+ / -) in tempo reale.

Quando l'elaborazione è considerata accettabile può essere salvata sul file di partitura (in EDIT) e si procede alla scelta delle successive elaborazioni. Quando la partitura è completa si entra in COM e questa volta il PLAY darà lo start all'esecuzione della partitura totale.



ELAB-C25

# TRAILS: UN SISTEMA INTERATTIVO PER LA SPAZIALIZZAZIONE DEI SUONI

*NICOLA BERNARDINI, PETER OTTO  
CENTRO RICERCA, PRODUZIONE E DIDATTICA MUSICALE TEMPO REALE*

## ABSTRACT

TRAILS è l'acronimo di **Tempo Reale - Audiomatica Interactive Location System**, un sistema software - hardware per la spazializzazione dei suoni in ambienti non dedicati (sale da concerto, spazi aperti, ecc.). TRAILS è in grado di leggere una partitura di movimenti o locazioni spaziali del suono ed eseguirla in tempo reale interagendo con comandi esterni descritti nella partitura stessa.

## 1. INTRODUZIONE

TRAILS è una matrice di 'Voltage Controlled Amplifiers' ideata e realizzata per le applicazioni riguardanti la localizzazione spaziale dei suoni ed il movimento nello spazio di questi ultimi.

TRAILS è stato ideato all'**Istituto Tempo Reale** nel marzo 1988 da un gruppo di lavoro formato inizialmente da Peter Abramowitsch, Vito Asta, Luciano Berio, Nicola Bernardini, Maurizio Cavalli, Brian Evans, Peter Otto, Miller Puckette e Jol Settel. In settembre 1988 la struttura del software è stata rivista in modo sostanziale da un gruppo di lavoro formato da: Vito Asta, Nicola Bernardini, Maurizio Cavalli, Roger Dannenberg e Peter Otto.

L'hardware è stato sviluppato dalla società **Audiomatica** di Firenze. La parte ad alto livello della prima versione del software è stata sviluppata da Peter Abramowitsch, assistito da Paolo Aiello, Nicola Bernardini e Alex Bozman, mentre la parte a basso livello

è stata realizzata da Maurizio Puggioni. La seconda versione del software (denominata "Trails Two"), che utilizza lo stesso hardware dedicato ma modifica sostanzialmente la struttura di controllo ed il relativo software, è stata ideata e realizzata da Nicola Bernardini assistito da Paolo Aiello, Franco Saba e Piero Chiodaroli.

Parallelamente, il progetto **TRAILS** ha generato un'altro progetto, denominato "MiniTRAILS" per la realizzazione di una matrice di dimensioni ridotte per applicazioni limitate. L'hardware di "MiniTRAILS" l'hardware è stato sviluppato dalla società **Audio-matica** di Firenze. Il software è stato ideato e realizzato da Maurizio Cavalli.

## 2. REQUISITI DEL SISTEMA

I requisiti del sistema sono i seguenti:

- a) realizzabilità del sistema in tempi brevissimi e con costi contenuti
- b) riproduzione audio professionale (rapporto S/N > 100 dB, risposta in frequenza  $20 + 20000$  Hz  $\pm 0.3$  dB, basso THD)
- c) gestire separatamente un numero consistente di ingressi audio
- d) poter operare in modo affidabile e con risultati soddisfacenti senza una preparazione preventiva del luogo d'ascolto
- e) poter operare in spazi aperti
- f) poter essere gestito in tempo reale da esecutori umani pur mantenendo una grossa flessibilità di controllo dei parametri effettivi a livello musicale.

Le soluzioni concettuali di queste problematiche sono esposte nei paragrafi che seguono.

### 2.1 SISTEMA IBRIDO ANALOGICO-DIGITALE

Per soddisfare le condizioni a), b) e c) si è deciso di adottare un approccio hardware ibrido: il percorso audio sviluppato in elettronica analogica ed il controllo dei parametri sviluppato in elettronica digitale.

Un approccio completamente digitale, a lungo studiato e valutato per la maggiore flessibilità del sistema a livello di elaborazione si è infatti rivelato improponibile a causa dei seguenti fattori:

1. potenza non sufficiente degli elaboratori generalizzati di segnale (DSP chips)
2. costi non abbordabili per lo sviluppo di circuiti integrati dedicati
3. complessità del sistema troppo elevata per lo sviluppo in tempi brevi

Al tempo stesso, un percorso audio analogico ha permesso di raggiungere senza difficoltà i requisiti audio professionali (punto b). I costi ridotti di un siffatto approccio hanno poi permesso l'espandibilità della concezione ad un sistema piuttosto esteso ( $24 \times 8 \times 24$ ), soddisfacendo così il requisito del punto c).

Ad ogni modo, la decisione di ponticellare gli otto 'bus' interni è scaturita dal desiderio di lasciare aperto il sistema alla possibilità di elaborare i suoni nelle forme più diverse, sia analogiche che digitali.

## 2.2 L'APPROCCIO

Pur interessati dagli sviluppi sulla simulazione della localizzazione sonora puntuale (Kendall & Martens 1984), la necessità di utilizzare il sistema in ambienti non preparati appositamente (i.e. ambienti LEDE e simili) ed in spazi aperti (punti d, e) ci ha portato a considerare l'adozione dell'approccio 'Brute Force' ('Forza Bruta') (Fedorkow, G., Buxton, W. & Smith, K. C 1978).

L'approccio 'Brute Force' consiste nell'utilizzare un grande numero di altoparlanti per estendere l'area di ascolto omogeneo degli effetti di localizzazione spaziale dei suoni. Tale approccio consente altresì la costruzione di una vivida "geografia sonora" utilizzando spazi non dedicati ad attività concertistiche o simili (spazi aperti, grandi, articolati, ecc.).

## 2.3 UN SISTEMA MISTO IN TEMPO REALE - TEMPO DIFFERITO

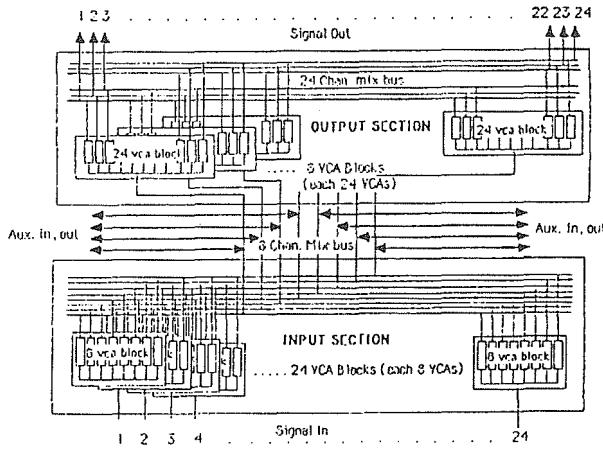
Infine, la necessità di far fronte a performances di musica strumentale con spazializzazione dei suoni controllabile in tempo reale, ed al tempo stesso quelle di riuscire a rendere umanamente gestibili il grande numero di parametri coinvolti nell'elaborazione di movimenti spaziali dei suoni ci ha spinto a realizzare un sistema misto tempo reale/tempo differito dove l'interazione uomo-macchina è attuata con l'intervento in tempo reale, via dei controllers MIDI generalizzati, su una partitura scritta e compilata in tempo differito.

## 3. LO HARDWARE

In questo paragrafo vengono descritte le caratteristiche fisiche del sistema TRAILS. Il sistema TRAILS è composto da un hardware ibrido dedicato, denominato **ALS** (Audio Location System), e da una struttura di controllo costituita da elaboratori general purpose.

### 3.1 ALS

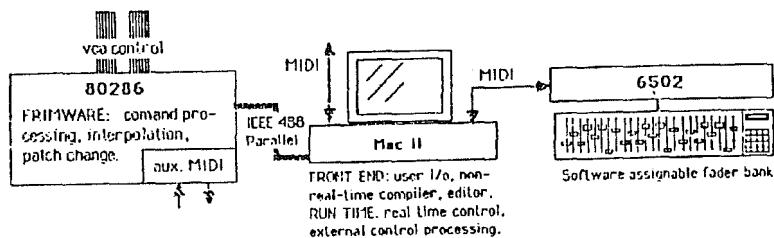
*LA FIG. 1 ILLUSTRA LA STRUTTURA INTERNA DI ALS.*



Als è suddiviso in due unità principali (2 unità rack 19" da 4 spazi): la sezione ingressi e la sezione uscite. Si tratta di una matrice di 384 vca (Voltage Controlled Amplifier) disposti in una configurazione 24 x 8 x 24. Sono così disponibili 24 ingressi, convogliati su 8 bus centrali, i quali sono a loro volta ri-distribuiti su 24 uscite. Questi 384 vca sono controllati digitalmente da 384 dac (Digital to Analog Converters) con una risoluzione di 10 bits. I bus sono ponticellati esternamente per permettere l'inserzione di specifiche elaborazioni di segnale nel percorso audio.

### 3.2 I SISTEMI DI CONTROLLO

*LA FIG. 2 ILLUSTRA I SISTEMI DI CONTROLLO DI TRAILS.*



Nella prima versione del sistema TRAILS Als viene controllato da due host computer in cascata: un AT-286 controllato a sua volta da un Macintosh II (ambiente di sviluppo del software) oppure da un Macintosh SE (ambiente esecutivo). La comunicazione tra AT e Macintosh avviene attraverso un canale parallelo IEEE-489 (GPIB-channel).

In "Trails Two" la struttura di controllo è stata unificata e consiste unicamente di un elaboratore 386-25 mhz, un Olivetti M380 xp7 che controlla direttamente Als.

## 4. IL SOFTWARE

I paragrafi che seguono descrivono le strutture software progettate e create per le finalità proposte, previo un breve riassunto dei fondamenti concettuali alla base del progetto.

### 4. 1 AMBIENTI DI SVILUPPO

#### 4. 1. 1 Trails

Il software di TRAILS è stato sviluppato in due porzioni diverse, una in ambiente Macintosh (alto livello), e l'altra in ambiente MS-DOS (basso livello)

##### 4. 1. 1. 1 Ambiente Macintosh.

La porzione di TRAILS in ambiente Macintosh è stata sviluppata interamente in Linguaggio C (Compilatore Think C 3.0). Per l'interfacciamento MIDI sono state utilizzate porzioni del CMU MIDI Toolkit (Dannenberg 1986) integrate con funzioni scritte appositamente.

#### 4.1.1.2 Ambiente MS-DOS.

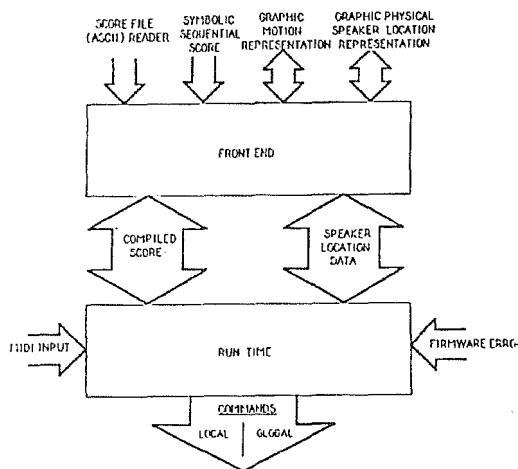
La porzione di TRAILS in ambiente MS-DOS è stata sviluppata in Macro Assembler 8086 (MASM) per motivi di efficienza.

#### 4.1.2 Trails Two

Il software Trails Two è stato scritto interamente in C. Lo sviluppo e la simulazione del sistema sono stati realizzati sotto UNIX System V, mentre l'applicazione reale funziona sotto MS-DOS. I files-sorgente e la documentazione di Trails Two sono disponibili agli utenti di TRAILS per modifiche, ports su altri computers ed applicazioni specializzate.

### 4.2 STRUTTURE DEL SOFTWARE

*LA FIG. 3 ILLUSTRA LA STRUTTURA GENERALE DEL SOFTWARE.*



TRAILS si può suddividere schematicamente in due blocchi software che interagiscono tra loro:

1. un front end che gestisce l'interfaccia con l'utente;
2. uno scheduler run-time che gestisce il controllo dei VCA in tempo reale (i.e. durante l'esecuzione).

Pur essendo sostanzialmente diverso nei dettagli tecnici della realizzazione, Trails Two rispetta anch'esso questo schema di fondo.

#### 4.2.1 Il Front-End

Il front-end di TRAILS si compone di:

- a) un compilatore di partiture (scritte in linguaggio TRAILS);
- b) un processore di comandi ;
- c) un pre-processore grafico per l'elaborazione di partiture;
- d) un display dello stato del sistema (durante il run-time).

##### 4.2.1.1 Il compilatore TRAILS.

Il compilatore del linguaggio TRAILS si compone di un analizzatore lessicale ed un

parser LALR sviluppati ambedue con le utilities UNIX yacc e lex. La definizione della grammatica di TRAILS segue la concezione sviluppata da Max Mathews nei linguaggi di tipo MUSIC (Mathews 1969) per la definizione di eventi temporizzati. Alcune caratteristiche, tuttavia, distinguono il linguaggio TRAILS dai linguaggi di tipo MUSIC:

1. la possibilità di sostituire alla maggior parte delle costanti numeriche le variabili generate da controllers in tempo-reale. Tali variabili vengono valutate al momento di attuazione dell'istruzione in questione e per tutta la durata dell'attuazione;
2. la presenza di espressioni condizionali intrinseche.

#### 4.2.1.2 Il processore di comandi.

Il processore di comandi di TRAILS è un processore che si adegua agli standard dei computers sul quale esso viene realizzato (finder per il Macintosh, Korn shell per i sistemi MS-DOS e UNIX). Esso è espandibile e contiene i comandi necessari ad una gestione efficiente del sistema (open score, edit, go, ecc.).

#### 4.2.1.3 Pre-processore grafico.

Il pre-processore grafico è un programma scritto nel linguaggio grafico Hypercard su computer Macintosh. Tale pre-processore permette la scrittura di una partitura in linguaggio TRAILS utilizzando icone e traiettorie grafiche, ecc.

#### 4.2.1.4 Display run-time.

Il display run-time è realizzato, in TRAILS, utilizzando le risorse grafiche del Macintosh Toolbox. In Trails Two, l'utilizzazione estesa della libreria semi-grafica curses disponibile sia sotto UNIX che sotto MS-DOS (denominata in questo caso pc-curses) permette una definizione portabile nel display run-time.

### 4.2.2 La porzione run-time

La porzione run-time del sistema gestisce l'esecuzione in tempo reale della partitura con l'integrazione degli ingressi MIDI (controlli e sincronizzazione).

Essa è realizzata in TRAILS e in Trails Two con degli schedulers nonpreemptive che gestiscono la scrittura dei VCA, l'interpolazione, I/o, ecc.

In Trails Two lo scheduler adottato è simile a quello descritto in (Dannenberg 1988).

## 5. SVILUPPI FUTURI

Gli sviluppi futuri di TRAILS prevedono:

- ports su macchine diverse (in particolare, Trails Two su Macintosh II);
- riscrittura in C++;
- ri-elaborazione del front-end con shells grafiche (i.e. Windows, Motif, X-Windows, ecc.).

## 6. CONCLUSIONI

Il sistema TRAILS è un sistema sperimentale per la spazializzazione dei suoni. L'accezione "sperimentale" va intesa nel senso di una apertura nei confronti di nuovi

sviluppi sia nella ricerca teorica che in quella tecnologica di tale campo.

L'ideazione e la realizzazione di tale sistema non sarebbe avvenuta senza il fondamentale contributo di: Peter Abramowitsch, Paolo Aiello, Vito Asta, Luciano Berio, Alex Bozman, Mauro Bigi, Maurizio Cavalli, Piero Chiocaroli, Roger Dannenberg, Brian Evans, Maurizio Jacchia, Miller Puckette, Maurizio Puggioni, Franco Saba e Joel Settel.

Un ringraziamento particolare va a Lucia Asplanato che ha coordinato in modo impeccabile gli uffici di segreteria, i colloqui ed i seminari interni dedicati a questo progetto.

Il Centro Tempo Reale è sostenuto da fondi del COMUNE di FIRENZE e della REGIONE TOSCANA, con il concorso del MONTE DEI PASCHI DI SIENA, BANCA NAZIONALE DEL LAVORO, BANCA TOSCANA e CASSA DI RISPARMIO DI FIRENZE.

## 7. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### **Dannenberg, R.**

The CMU MIDI Toolkit, in "Proceedings of the 1986 International Computer Music Conference", CMA San Francisco USA 1986.

A real-time scheduler for musical applications, in "Proceedings of the 1988 International Computer Music Conference", CMA San Francisco USA 1988.

### **Fedorkow G., Buxton W. & Smith K.C.**

A computer-Controlled Sound Distribution System for the Performance of Electroacoustic Music, in "Computer Music Journal" Vol. II Number 3 Menlo Park, CA. 1978.

### **Kendall G.S. & Martens W.L.**

Simulating the Cues of Spatial Hearing in Natural Environments, in "Proceedings of the 1984 International Computer Music Conference", CMA San Francisco USA 1984.

### **Mathews, M.**

"The Technology of Computer Music", MIT press. 1969.

# UN SISTEMA MULTI-DSP PER L'ELABORAZIONE DI SEGNALI AUDIO ED UN EDITORE GRAFICO PER ALGORITMI DI SINTESI E FILTRAGGIO.

*LEONELLO TARABELLA*

*REP. DI INFORMATICA MUSICALE DEL CNUCE/CNR, PISA*

*VIA S.MARIA 36, 56126 - PISA*

*TEL. 050/593276 - FAX 050/576751*

*EL.M: MUSIC5 @ ICNUCEVM.EARNET (BITNET)*

*GRAZIANO BERTINI*

*REP. ELABORAZIONE SEGNALI ED IMMAGINI DELL' IEI/CNR, PISA*

*VIA S.MARIA 42, 56126 - PISA*

*TEL. 050/500159 - FAX 050/576751*

*EL.M: MUSIC5 @ ICNUCEVM.EARNET (BITNET)*

## SOMMARIO

Con la disponibilità di microprocessori specializzati al Digital Signal Processing e di dispositivi VLSI di nuova concezione, è oggi possibile realizzare sistemi versatili adatti alla ricerca nel settore audio ed alla produzione musicale. Viene qui descritta l'architettura di un'apparecchiatura derivata da precedenti esperienze di progetto e prototipazione, ed illustrata una particolare soluzione software orientata ad un'efficace gestione del sistema per la definizione di algoritmi di sintesi e di filtraggio digitale.

L'architettura del sistema prevede un modulo Master che controlla la comunicazione con un Host-Computer e con una sezione di conversione D/A e A/D, ed un insieme di processori Slave: ogni processore Slave agisce come un co-processore programmabile; la comunicazione tra modulo Master e moduli Slave viene svolta con l'uso di memoria Dual-Port RAM. Il sistema è stato progettato per consentire l'implementazione della maggior parte degli algoritmi di sintesi e di filtraggio digitale, e la sperimentazione di eventuali nuove tecniche.

Per facilitare la definizione degli algoritmi di sintesi e di filtraggio, è stato sviluppato

un apposito Editore Grafico su calcolatore MacIntosh: per mezzo dell'uso del mouse che si muove all'interno di una zona di disegno, è possibile costruire un diagramma corrispondente ad un desiderato algoritmo con simboli grafici relativi ai componenti di base come oscillatori, generatori di inviluppo, sommatori, linee di ritardo etc. Lo schema viene poi tradotto in codice macchina per il TMS320C25.

## INTRODUZIONE.

Il sistema per l'elaborazione numerica di segnali descritto in questo lavoro è del tipo a Processori Multipli, e la sua particolare architettura offre all'utente la potenza di calcolo idonea per complesse elaborazioni in tempo reale per segnali in banda audio ed un'agevole interfaccia con un personal computer. Questo sistema è nato dall'esigenza di risolvere problemi tipici del settore dell'Informatica Musicale quali l'implementazione di algoritmi di sintesi e filtraggio, e per l'estrazione di parametri relativi a segnali provenienti da sorgenti varie, da eseguirsi in tempo reale.

Tali problemi in effetti, sono risolubili ricorrendo a numerose elaborazioni parallele complesse con vincoli stretti sulla durata dell'elaborazione. Comunque, l'architettura progettata è tale da adattarsi agilmente anche ad altre applicazioni del settore del Digital Signal Processing.

I sistemi disponibili sul mercato atti al trattamento del segnale audio, offrono prestazioni sempre più sofisticate sia per quello che riguarda la timbrica, sia per le possibilità di performance polifonica, e di elaborazione del segnale. Questi risultati sono stati conseguiti principalmente con l'introduzione sul mercato di circuiti integrati custom dedicati a svolgere funzioni specifiche come ad esempio la sintesi digitale del suono con algoritmi di modulazione di frequenza, unità di riverberazione, effetti speciali etc. Tali macchine tuttavia non soddisfano appieno le esigenze tipiche della ricerca e della produzione musicale professionale, sia perchè in generale si limitano ad un solo tipo di tecnica di sintesi, sia perchè non consentono il trattamento del segnale visto nel suo complesso di analisi e sintesi. Tali caratteristiche sono attualmente riscontrabili solo in alcune macchine particolari molto complesse e molto costose, sviluppate ed utilizzate presso i ben noti laboratori di ricerca (IRCAM, CCRMA etc.).

Solo in questi ultimi anni la disponibilità di microprocessori per l'elaborazione digitale del segnale audio con elevate potenzialità di calcolo (oltre 10 MIPS) e di dispositivi VLSI di nuova concezione (PAL, Dual-Port RAM, Convertitori A/D e D/A a 16bit, etc.) ha permesso di semplificare la progettazione, la realizzazione e la manutenzione di apparati con architetture compatte e versatili, che in unione a personal computer della classe PC, possano andare a costituire delle stazioni di lavoro musicali di notevole flessibilità e polivalenza operativa: sperimentazione e ricerca nel settore audio, composizione musicale e performance in sede di concerto.

## ARCHITETTURA DEL SISTEMA

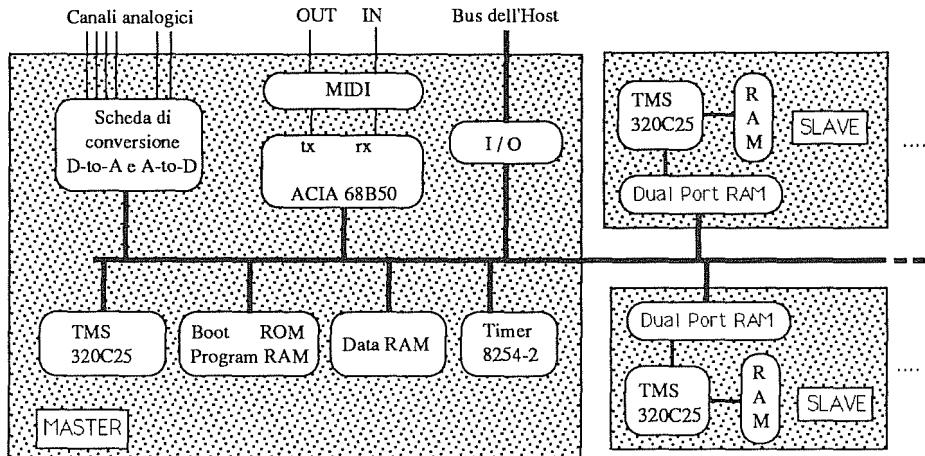
Il sistema per elaborazioni in tempo reale su segnali audio digitali, è stato progettato intorno al microprocessore della Texas Instrument TMS320C25 [1]: la scelta di questo microprocessore è stata determinata dal confronto costo/prestazioni con altri della stessa

classe [2][3], per l'esperienza acquisita su precedenti micro della stessa famiglia [4] e per la reperibilità del componente stesso e di strumenti di lavoro al contorno come emulatori, compilatori, assemblatori, sistemi di sviluppo etc.

Il TMS320C25 è un microprocessore a 16/32 bit in grado di eseguire la maggior parte delle sue istruzioni in un tempo di 100 ns, per una potenza di calcolo globale di circa 10 MIPS [5]. Il ricco set di istruzioni (che comprende anche l'operazione di moltiplicazione e varie operazioni per la manipolazione di bit) ed il disegno dell'architettura sono tali da consentirne l'uso in una vasta gamma di applicazioni; fatto questo non riscontrabile in altri microprocessori della stessa classe progettati per assolvere in maniera molto efficiente poche e specifiche funzioni quali ad esempio operazioni di FFT, etc.

Il TMS320C25 indirizza direttamente due banchi di memoria di 64K-word di memoria veloce, ma attraverso l'uso di logica wait-state offre anche la possibilità di interfacciare in modo elegante, dispositivi esterni più lenti; possiede inoltre un timer interno ed un'interfaccia seriale con canali di I/O separati, in grado di operare fino a 5 Mbit/sec con varie modalità di trasmissione sincronizzata, e sorgenti di interruzioni mascherabili con diversi livelli di priorità.

Il sistema ha un'architettura definita Multi-DSP, e consiste essenzialmente in un singolo Processore controllore definito Master, e di una serie di Processori paralleli definiti Slave.



*FIG.1 ARCHITETTURA DEL SISTEMA MULTI-DSP*

I componenti principali del Master sono:

- μP TMS320C25, data RAM, program RAM e boot-ROM, timer;
- bus parallelo di I/O e un'interfaccia MIDI standard;
- sezione di conversione Analogico/Digitale e Digitale/Analogica.

L'architettura di un modulo Slave è invece molto più semplice essendo costituito da un  $\mu$ P TMS320C25, 64-Kword di data-RAM ed una Dual Port RAM di 1K-word allocata nello spazio di memoria della program RAM.

Il Master gestisce tutte le risorse del sistema svolgendo principalmente i seguenti compiti:

- 1) interfacciamento con l'Host via I/O parallelo e via MIDI;
- 2) controllo degli Slave;
- 3) sincronizzazione dell'elaborazione di tutto il sistema;
- 4) acquisizione dei segnali campionati;
- 5) invio dei segnali elaborati ai convertitori.

I moduli Slave, in pratica, svolgono la funzione di co-processori del Master che eseguono sotto il suo controllo le elaborazioni relative ai programmi caricati. Il collegamento Master/Slave avviene mediante l'uso di una memoria Dual-Port che permette alle due unità di avere accessi in lettura ed in scrittura (anche simultanei) ad una stessa zona di lavoro, senza la necessità di ulteriori circuiti di arbitraggio.

Tramite i canali seriali del TMS320C25 i moduli Slave possono poi comunicare tra loro senza l'intervento del Master permettendo di spezzare elaborazioni complesse in più fasi ed in cascata. In tal modo, anziché eseguire le elaborazioni in parallelo, ogni Slave elabora una singola fase durante la quale è previsto che riceva i risultati parziali da quello precedente per produrre dati per quello successivo (esecuzione in pipeline).

Nelle applicazioni musicali, di solito, si prevede lo svolgimento contemporaneo di almeno tre processi a velocità diversa: generazione dei campioni, controllo degli inviluppi, controllo di "nota" [6][7]. La sincronizzazione di tali processi, tenuto conto delle diverse velocità, viene risolta opportunamente con l'uso di meccanismi di interruzione che in questa architettura sono ottenuti mediante l'uso del timer programmabile 8254-2 presente sul Master [8].

Per il controllo dell'apparato, sono state previste due interfacce: la prima è un'interfaccia parallela, direttamente collegabile al Bus dei PC IBM compatibili, con la quale si opera comodamente alla massima velocità nella fase di sviluppo e di messa a punto del software di base, ed una seconda, seriale, realizzata mediante l'UART 68B50 [9] che implementa lo standard MIDI per il controllo anche da parte di un qualunque altro calcolatore.

Il numero degli Slave previsti e/o presenti dipende dal livello di complessità della elaborazione desiderata, e in base a considerazioni di carattere generale, risulta che il numero di 16 costituisca un ragionevole limite superiore. In ogni caso il sistema rende possibile l'implementazione delle tecniche di sintesi note, e grazie alla presenza di una notevole quantità di memoria, possono essere realizzati anche meccanismi di riverbero, eco ed altri effetti di spazializzazione del suono. Infine, con la presenza dei convertitori analogico/digitali, è possibile usare l'apparecchiatura come un usuale campionatore, potenziato inoltre dalla possibilità di elaborare in tempo reale segnali acquisiti.

## L'EDITORE GRAFICO.

Poiché la scrittura di programmi in linguaggio assembler del TMS-320C25 richiede un notevole sforzo in special modo quando si è in fase di sperimentazione di algoritmi di sintesi, è stato realizzato uno speciale Editore Grafico [10] che dà la possibilità di disegnare (nel senso italiano ed inglese del termine) gli algoritmi di sintesi da usare poi sul sistema Multi-DSP. L'applicazione è stata realizzata su MacIntosh utilizzando il linguaggio Pascal [11] e segue nell'uso la filosofia di lavoro tipica di questo calcolatore: icone, menu, mouse etc. Nella sua essenzialità il programma mette a disposizione un piano di lavoro ed un menu di icone dove sono rappresentati i simboli tipici di assemblaggio di un algoritmo di sintesi: generatori, operatori aritmetici, linee di ritardo, inviluppi etc.. Tali elementi vengono qui genericamente definiti "atomici".

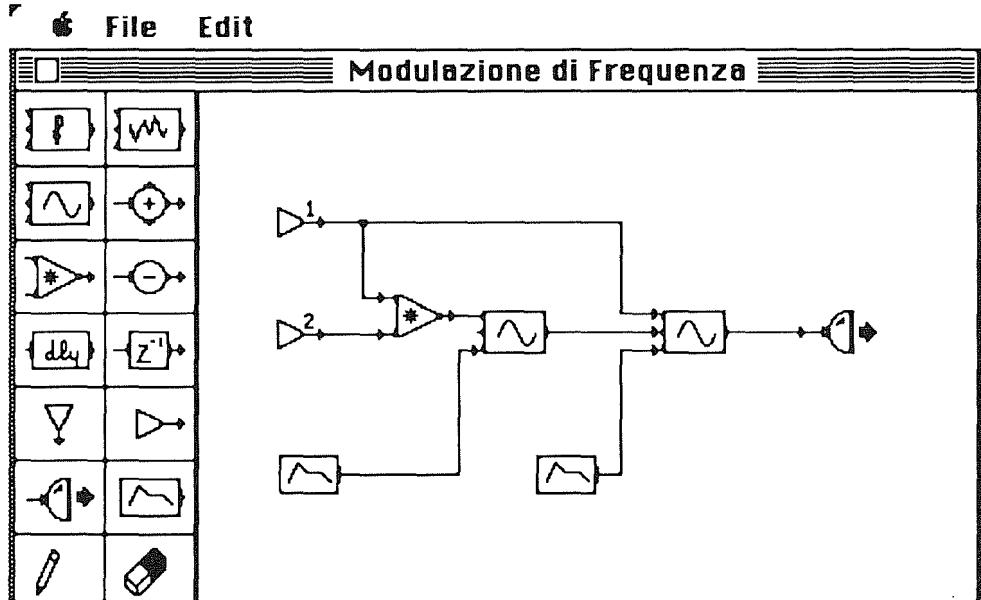


FIG.2 - FINESTRA DI LAVORO DELL'EDITOR GRAFICO CON ESEMPIO DI ALGORITMO FM.

Per qualcuno dei simboli (come ad esempio per il generatore e l'inviluppo) è possibile dare ulteriori specificazioni: eseguendo l'operazione di doppio-click su uno di questi simboli (quando siano stati collocati sul disegno), appare una sottofinestra che dà la possibilità di definirne graficamente la forma e l'andamento.

Le funzioni dell'Editore sono tali che durante la fase di disegno, viene controllata on-line la consistenza e la correttezza "sintattica" dell'algoritmo di sintesi disegnato [12]. A disegno ultimato, con un opportuno comando, avviene la "compilazione" e cioè la generazione del codice macchina relativo al TMS-320C25 del programma che ne implementa le funzionalità operative.

Questa fase, in realtà, consta di due momenti separati: nel primo avviene la generazione di un meta-codice che esprime, in corrispondenza uno a uno, un programma assembler; nel secondo avviene la sostituzione nel codice binario del TMS. Questa suddivisione del processo in fasi è stata scelta per facilitare la generalizzazione d'uso dell'Editore Grafico anche con altri tipi e modelli di microprocessori DSP.

Come sviluppo del lavoro, si prevede di includere la possibilità di racchiudere un intero schema in un singolo elemento pseudo-atomico e di usarlo poi come tale nella definizione di altri schemi più complessi. Questo fatto darà dunque la possibilità di costruire librerie di algoritmi come ad esempio quella costituita dall'insieme di algoritmi di sintesi FM della serie DX e TX della Yamaha.

Per ciò che riguarda lo sviluppo del traduttore, la possibilità di ottenere codifiche diverse da quella prevista, è già una possibilità effettiva: il funzionamento del traduttore si basa infatti su una struttura dati in cui sono stati memorizzati, seguendo certe specifiche precise, i blocchi di codice relativi agli atomi dichiarati dal sistema. Una estensione di questa modalità operativa potrebbe allora portare alla gestione esplicita di biblioteche di routines, relative ai diversi tipi di atomi, scritte nei linguaggi macchina di diversi processori DSP.

#### RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano l'Ing. Stefano Toni ed il Dr. Andrea Lombardini per il loro sostanziale contributo allo sviluppo di parte del lavoro qui presentato, svolto nell'ambito delle loro tesi di laurea.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Un sistema multi-DSP per la sintesi e l'elaborazione di segnali audio con TMS320C25 - G.Bertini, S.Toni, L.Tarabella - Nota Interna IEI/CNR B4-25, maggio 1989.
- [2] Computer Music Journal, Volume II Number I - Spring 1987, pag. 103/106
- [3] Programmable DSP Architectures - Edward A.Lee - IEEE ASSP Magazine, January 1988, Vol.6, n.1 pagg. 4-14; October 1988, Vol.5, n.4 pagg. 4-19.
- [4] Progetto di un sistema polifonico modulare a sintesi digitale in tempo reale - G.Bertini,G.Chini, P.Chiadaroli, L.Tarabella - Nota interna IEI/CNR B4/5, maggio 1987
- [5] TMS320C25 User's Guide - (Texas Instruments U.S.A. - 1986) e Manual Update (1987). The Versatility of Digital Signal Processing Chips - A.Aliphas (DSP Associates), J.A.Feldman (Kurzweil Applied Intelligence)
- [6] Tecniche per la gestione in tempo reale del sintetizzatore audio digitale MP3A - G.Bertini, P.Chiadaroli, S.Toni,L.Tarabella - Nota Interna IEI/CNR B4-62 Dicembre 1988.
- [7] The Primula Machine - L.Tarabella , Computer Music Journal, Volume 11 n.2 - pagg.59-64
- [8] Microprocessor and Peripheral Handbook (Intel Corporation - 1983)  
pag. 6-150/6-165
- [9] Fairchild Microprocessor Data Book (1982) pag.5-207/5-217
- [10] Un sistema grafico per progettare e realizzare algoritmi di sintesi e filtri digitali

in banda audio - L.Tarabella, G.Bertini, A.Lombardini - Rapporto interno CNUCE/CNR - C88 n.54, ottobre 1988

[11] Light Speed Pascal, User's Guide and Reference Manual - AA.VV. - Think Technology, 1985

[12]Description of the Initial GRASPIN WorkStation Prototypes - Project Team - Final Report, 2nd project Phase - GRASPIN Technical paper, GRA 85/2, marzo 1987.

## CONTACT:

# A PROGRAMMABLE INTERFACE PANEL FOR MIDI CONTROL

PETER OTTO, CENTRO DI RICERCA, PRODUZIONE E DIDATTICA MUSICALE TEMPO REALE,

FLORENCE, ITALY

MAURIZIO CAVALLI, AUDIOMATICA, FLORENCE, ITALY.

## INTRODUCTION

Extensive use of MIDI technology in creative and re-creative musical projects has yielded both encouraging and discouraging results. Cost and general accessability advantages of MIDI equipment are undeniable and many suprising new possibilities present them selves with each new technical exposition and journal issue. But some subtle and many not-so-subtle frustrations and limitations also arrise as MIDI-based systems and workstations proliferate. This paper will discuss a control device called the "Contact MIDI Panel" that has been designed to address a group of common control issues found in professional applications of MIDI systems. A class of problems are defined and our approach to their solutions is discussed. A functional description follows and conclusions are drawn.

## PROBLEMS OF ERGONOMY IN MIDI EQUIPMENT AND SYSTEMS

The general category of problems the Contact Panel corresponds to is ergonomical, both in terms of physical addressability of musical technology and processes, and in terms of organizational strategies. In our experience three common and persistent problems frustrate many composers and engineers as we advance further into the all-digital era of audio and synthesis:

- restrictive (modal) or convoluted physical control conventions for complex devices (both in real time and out of real time); in other words, a lack of sensible, localized man-machine interfaces.

- lack of nuanced process control in real-time (for example in mixing, for compositional algorithmic control, or for synthesizer parameter expression).
- difficulties of studio and live systems control and management.

### DEVICE MODALITY

An all-too-familiar ergonomic difficulty found in commercial synthesis, sampling and processing devices is the need to scroll through dozens of "performance" or editing parameters in order to access one or two crucial controls. Since a single parameter manipulation often results in the need to readjust or make compensatory adjustments of secondary or related parameters, one is often in the unenviable position of needing 20 or 30 moves of a few modal switches to effect a single needed adjustment. We counted 27 closures of 5 separate switches (including no mistakes) on a Yamaha DMP 11 digital mixer-processor in order to adjust "low equalization" of a single input channel (storage and later accessing of these kinds of adjustments can often lead one on another irritating journey through a modal labyrinth).

We all know why this problem exists: it's much cheaper and easier to build synthesizers, digital mixers or effects devices with minimal display possibilities. The trouble is, under modal operation, a few buttons and knobs serve (maddeningly) to access as many as 100-200 possible parameters. Given the trade-offs, the market seems to have made the decision for us (and I suppose I grudgingly agree) that we can afford many, *potentially* powerful MIDI devices in a studio or sound system, but these will have poor physical interfaces. Thus it is left up to external devices and software to mediate the degree of actual control and power to be derived from the devices.

Of course the problem of device modality can be compensated for by using a computer as an interface, but the software is an added expense, and even if you buy the software, the computer is often busy doing other, more appropriately complex things. Other problems exist in using a computer as a MIDI device editor: a mouse still only allows one to touch a single parameter at a time and a QWERTY keyboard will often involve many keystrokes to access operations. Under a multitasking MIDI computing environment with typical memory configurations it is possible to have one real time application plus one or two editors available, but usually at the cost of having to stop execution of a sequence or other real time process.

Further, we may be using 5 or 10 or 20 different devices, yet if we really want mastery of all controllable parameters, we should have 5 or 10 or 20 device editors "on line" which is a compute-utility headache. What we ideally would like is to talk immediately and in detail to any device parameter in a system, without suspending the real-time musical context, allowing us to make and store any parameter adjustment we wish. We emphasize here the importance of access within a sustained musical context. When we can do this our MIDI equipment begins to behave as a large, integrated system rather than a loosely assembled (inadequately controlled) collection of difficult-to-access modules.

### CONTROL OF MUSICAL PROCESSES IN REAL TIME

Not only should we be able to immediately access any static parameter in a system within a real time musical context, but we want to be able to dynamically control "macro"

processes themselves. Sequencing, mixing, sound structuring, real-time composing and algorithmic processes are all types of processes we want to control, representing a desire to move beyond the typical "event orientation" that MIDI suggests. Smaller dimensions (via parametric control) should of course also be available to dynamic control. Some MIDI manufacturers have realized the dynamic limitations of first generation MIDI devices and (within limits) are providing more possibilities for dynamic access to device parameters (usually through controller mapping and/or system exclusive codes). Yamaha, Roland, Lexicon, Emu and others including some makers of higher-end digital music or audio workstations are all marketing devices that are more or less responsive on multiple levels to dynamic controls. Unfortunately many devices are still being manufactured that disallow real-time control access due to poor design choices that limit parametric access to non-real time bulk dumps, complete with handshakes and other distinctly non-real time attributes.

Those more thoughtfully designed, dynamically accessible devices still leave the problem of proper ergonomical access to their newly available control possibilities. Some companies have compensated by building dedicated controllers; Yamaha's physical controllers for its DMP digital mixer products come to mind. But a large MIDI system complete with many dedicated control devices is an absurd thought. Those "open" devices without dedicated controllers are assumed to be accessed by keyboard controllers (more modal controls!) or, by virtue of recent developments, by small, non-professional but somewhat generalized fader panels, which are promising but limited.

#### STUDIO AND LIVE SYSTEMS CONTROL AND MANAGEMENT

Those who have assembled large arrays of MIDI studio equipment or live sound systems incorporating MIDI accessible mixers, processors and sound generators realize that as a system grows, so do its management problems. Ideally there should be a single, centralized physical controller device that could be used inobtrusively in a studio or concert hall and would include a large array of gestural control possibilities, and would be flexible enough to function as a generalized ergonomical interface. The device would be amorphous and thus should have extensive monitoring facilities. Further functionality could be optimized to deal with problems of channelizing, storage and dumping of configurations, accessing and editing effects libraries, recalling and modifying mix 'snapshots', sending, receiving, storing and recalling system "state" and even storing and recalling real-time gestures. Further in the future one could expect to use such a device as a gestural interface to powerful pc-based DSP environments.

#### CONTACT PROTOTYPES

Audiomatica and Tempo Reale have working prototypes of a simplified version of such a device, a panel that includes 6 freely programmable switches and 24 programmable MIDI generating faders. Ninety nine separate configurations are storable and can be instantaneously recalled. In our experience we have found it particularly useful in performing digital mixes of sequences of MIDI instruments, as an interface to the all-digital mixing environment of the Waveframe Audioframe workstation, and most fascinatingly as an interface to the MAX programming environment developed at IRCAM. The

prototype fader panels differ from those introduced by JL Cooper and Lexicon by being fully programmable and thus more generalized. Ours use minimal modal programming procedures and were developed for fully professional applications using high-quality components.

## THE CONTACT MIDI PANEL

Based on our experiences with 24-fader MIDI panel versions, we are developing a more powerful unit called Contact MIDI Panel. Contact's micro-processor is completely user-programmable, allowing the musician or engineer to send and scale any MIDI message including system exclusive, from any of 99 banks of panel definitions. The panels will be available in 8, 16 or 24 fader versions (attached to a cpu module that includes a set of MIDI generating switches and wheels) and will allow up to 40 parameters to be "touched" (or command messages to be passed) by the user at any time. It's functionality is summarized below.

## SUMMARY OF FUNCTIONALITY

### MIDI Merging

Grouping of several sends from one fader  
chaining commands from preset recall or soft switch

### MIX SNAPSHOTS:

**get mix snapshot**  
**save mix snapshot as preset**  
**send mix snapshot**

dump, load Contact presets  
map sysex value sends from fader  
selectable fader response and range  
operation of MIDI Sequencer and Drum machine "transports"  
mapping and scaling of any MIDI message  
user determined message length  
expansion to 3 8-fader sections from one central console  
intelligent parsing to control buffer overflow and controller overlaps  
eventual expansion for writing to and reading disk  
program from a computer via dumps using sysex

## LIST OF FUNCTION KEY ACTIONS OPERATING IN CURRENT SOFTWARE VERSION:

Basic MIDI Channel Set  
Load Preset  
Memory Unprotect  
Edit Key  
Cursor >  
Send Sysex

Save Preset  
Memory Protect  
Cancel Entry  
Edit Fader  
Cursor <

## LIST OF ADDITIONAL ACTIONS FOR LATER SOFTWARE RELEASES:

System Reset  
Copy Switch Definition  
Copy Wheel Definition  
Chase Mode ON/OFF  
Read Mix  
Monitor/Overwrite (Follow)  
Get/Send Mix Snapshot  
Send Status on Start (short delay)  
Scrub (MIDI Clock, SMPTE or MIDI time code)  
Select Fader Response Table  
Send Bulk  
Chain To Preset  
Copy Fader Definition  
Message Scale  
Send on Preset Select  
Group Faders  
Song Position Pointer  
Load Bulk

## LIST OF DISPLAYS

### Central Consol

80 char LCD displays edit and utility functions and menus, also shows current preset number and status of wheels and switches when in run mode.

### Fader Section

Each fader's LED status display indicates relative value of fader, following real time movements. This display will update during "send on preset select" action, or in monitor overwrite mode.

3 Digit LCD display works in conjunction with it's associated membrane switch to display any of the following message values:

value sent	scale range
message code, ctrl#	sysex value
MIDI Stream#	Prgm Change
Fader Curve	Fader Invert
Local Edit, Copy?	Prgm. Incr. Decr.
Controller Thinning	

These value definitions are indicated on the central display panel.

LCD "Scribble Strip" displays 8 or 10 character description of each fader definition.

## PHYSICAL INTERFACE:

### *CENTRAL CONSOLE*

#### Front Panel:

Center-Detente pitchbend-type wheel  
Modulation Wheel  
Continuous Circular Knob  
12 Function Keys  
12 Numerical & Entry Keys  
6 "Soft" Keys  
Display Intensity Regulator Knob  
80 Position LCD Display

#### Back Panel:

7 MIDI jacks (2 in, 2x2 out, 1 thru)  
2 Phone Jacks for SMPTE  
Expansion connector  
Footswitch, Footcontroller

### *FADER SECTION*

#### Front Panel:

8 Professional Quality Faders with LED value displays  
8 Active/Edit modal 2-position switches  
8 X 3 LED Numerical Displays with 2 "dots" per each 3 digit display  
8 X 10 LCD Display(s) per Fader Track "Scribble Strip"  
8 Display toggle membrane switches

A bank of freely programmable rotary pots is also being discussed and several new fader technologies are being explored including one that allows users to program interpolations between gesturally specified points.

## CONCLUSIONS

We have noted that most experienced professionals have greeted our ideas on MIDI system ergonomics with enthusiasm. A frequent criticism is that the limited bandwidth of MIDI will decrease the usefulness of a device such as Contact. Our experience has been that most of what we need to do with Contact is easily achieved as long as parsing is done carefully. Moreover, computing and sequencing environments increasingly are able to deal with multiple MIDI streams which effectively alleviate most bandwidth problems.

Our concerns are more with the vastly inconsistent response capabilities of MIDI receiving devices themselves. We would encourage manufacturers to adopt two simple conventions that will increase the power and real-time controllability of system devices:

1. Whenever possible manufacturers should improve and list as a specification the response time and other characteristics of real-time controllable aspects of their devices.

2. We ask manufacturers not to limit real-time access within bulk sysex commands. Wherever possible we much prefer to map arbitrarily selected controller codes on any MIDI channel to a parameter control rather than using much more costly sysex parameter changes as controls.

#### ACKNOWLEDGMENTS

Special thanks must go to Lucia Asplanato who ran the secretarial offices and organized consultations for this project. The Centro Tempo Reale is supported by funds of the Regione Toscana and the municipality of Firenze. Additional funding comes from the sponsorship of:

MONTE DEI PASCHI DI SIENA, BANCA NAZIONALE DEL LAVORO, BANCA TOSCANA, CASSA DI RISPARMIO DI FIRENZE.

#### REFERENCES

1. Cadoz, C. (1988)  
"Instrumental Gesture and Musical Composition". ICMC Proceedings, 1988.
2. Starkier, Michel, and Prevot, Phillippe (1986).  
"Real-Time Gestural Control". ICMC Proceedings, 1986.

# UN DISPOSITIVO VLSI PER LA SINTESI INTERPOLATIVA MULTIDIMENSIONALE

*ISELQUI S.P.A.  
ISTITUTO ELETTRONICO  
PER LA QUALITÀ INDUSTRIALE  
ANCONA*

Con questo intervento si intende presentare un dispositivo VLSI in avanzata fase di progettazione, per la generazione di segnali musicali complessi ottenuti tramite interpolazione lineare in uno spazio multidimensionale di fenomeni sonori.

Si è partiti dal constatare che la riproduzione imitativa in tempo reale è di difficile implementazione con i dispositivi oggi disponibili per almeno due motivi: da un lato è difficile mascherare le discontinuità che si hanno nel discretizzare le dimensioni tempo, frequenza, timbro, dinamica, ecc.; dall'altro è piuttosto complesso parametrizzare efficacemente la descrizione delle variazioni in quelle dimensioni, dei fenomeni sonori.

Il circuito integrato oggetto dell'intervento, e denominato BIG ("Big Interpolative Generator"), rappresenta la nostra proposta integrata di una macchina per la sintesi interpolativa, che permetta di generare in tempo reale una molteplicità di eventi in uno spazio a più dimensioni, e di ottenere da essi un fenomeno risultante estremamente complesso ma al tempo stesso controllato in modo parametrico ed efficiente.

Il BIG, sfruttando una architettura ad elevato parallelismo e pipeline, assieme ad una tecnologia sul silicio sotto il micron di canale, consente la gestione di 128 segnali suono, affasciati in 32 voci completamente indipendenti e ciascun a con propria sezione di controllo e modulazione.

Lo schema a blocchi è riportato in figura 1, mentre la figura 2 mostra con una notazione tipo Music V, lo schema semplificato di ciascuna voce; in figura 3 è mostrata una possibile organizzazione del materiale sonoro derivato dal campionamento, per generare traiettorie timbriche nello spazio tridimensionale.

FIG. 1

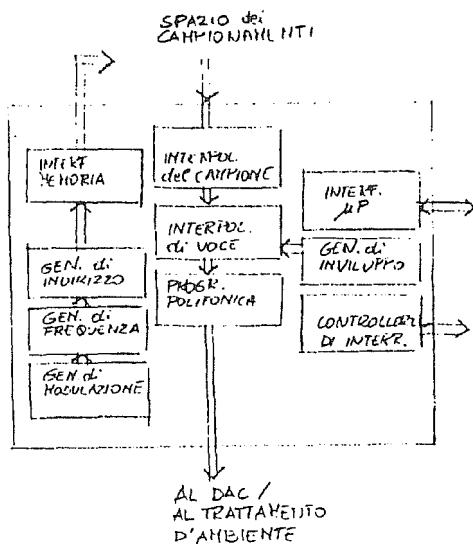


FIG. 2

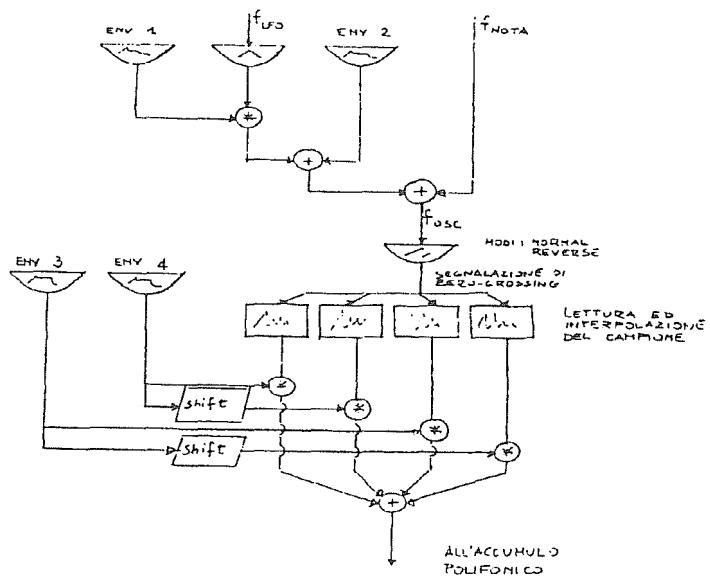
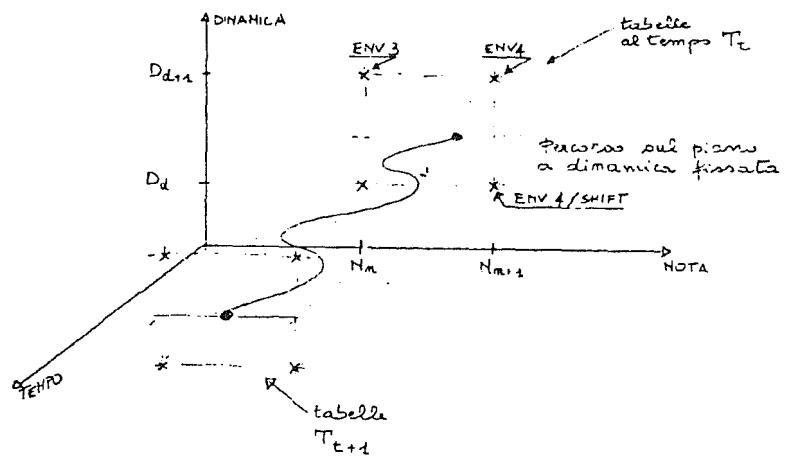


FIG. 3



L'intervento sarà corredata da esempi sonori ottenuti durante le simulazioni del dispositivo. Saranno inoltre presentate alcune possibili alternative di utilizzo del dispositivo per simulare modalità di sintesi combinate.

# INTERFACCIA DI COLLEGAMENTO PER LA 4X SU SISTEMI AT-COMPATIBILI.

*ROBERTO CAVAZZANA*  
*CENTRO DI SONOLOGIA COMPUTAZIONALE*  
*UNIVERSITÀ DI PADOVA*  
*VIA SAN FRANCESCO 11 - 35121 PADOVA*

Il prototipo del processore di suoni 4X, che il C.S.C. ha ricevuto dall'IRCAM, è pilotato da un Digital PDP 11/34.

La capacità di calcolo (0.3 mips) e di memoria (128Kbyte) di questo microcalcolatore sono insufficienti per gestire adeguatamente la 4X.

In un primo tempo per superare i limiti del PDP si era pensato di dotarlo di un'interfaccia MIDI da collegare ad un personal computer.

In questo modo parte dell'elaborazione dei parametri da passare nella 4X sarebbe avvenuta esternamente, sgravando i compiti del PDP.

Dopo diverse prove si è visto che la soluzione non portava i miglioramenti auspicati. Infatti la MIDI si è rivelata un collo di bottiglia: tutto il tempo risparmiato nell'elaborazione viene perso per l'insufficiente velocità di trasmissione. La velocità adeguata dovrebbe essere circa 4 volte superiore (128 Kbit/s), ma così si occuperebbe troppo tempo macchina per la gestione dell'I/O, perdendo velocità di calcolo.

La scelta obbligata, se si vuol poter sfruttare adeguatamente la 4X, è collegarla ad un computer più potente.

Considerando che l'interfaccia PDP-4X è praticamente immodificabile, si è deciso di costruire un circuito che facesse da bus translator, ovvero trasformasse i segnali del computer ospite in segnali UNIBUS.

Il computer scelto è stato un compatibile AT-IBM, per le seguenti ragioni:

- ampia diffusione della macchina.
- slot di espansione facilmente accessibili.
- grande disponibilità di software di vario tipo.

Inoltre collegandosi con i nuovi AT-compatibili basati sull' 80386, sarà possibile

usare diversi sistemi operativi anche multitask (OS/2, Unix), disporre di linguaggi diversi, compilatori efficienti, ottima grafica e una grande varietà di interfacce commerciali.

#### DESCRIZIONE HARDWARE

Le diverse aree di memoria e i registri di controllo della 4X non sono mappati di seguito, ma a blocchi sparsi per evitare collisioni con le locazioni di sistema del PDP. Comunque sia, con qualche trucco, si riesce a comprimere tutto in 32Kb.

Il protocollo di comunicazione dell'UNIBUS funziona con il seguente principio:

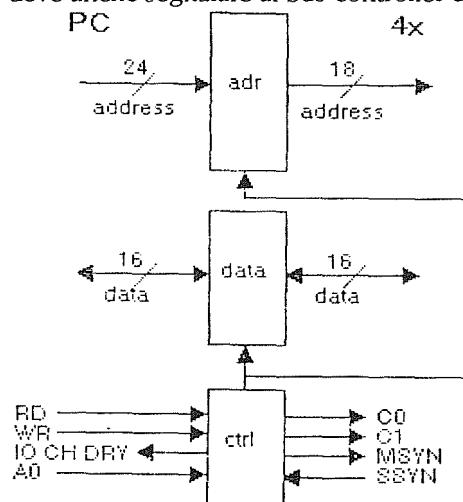
- il bus-master prepara gli indirizzi, i dati in scrittura e le linee di stato; dopo un certo tempo abbassa la linea MSYN;
- il bus-slave una volta codificati i segnali di controllo e indirizzo, attende il segnale MSYN, scrive o legge i dati sul bus e abbassa la linea SSYN;
- il master riceve SSYN, rialza MSYN e attende che anche SSYN si rialzi. Dopodichè il bus è libero.

La prima versione dell'interfaccia prevede di generare tutti i segnali necessari via hardware.

Un ciclo completo di accesso alla 4X richiede circa 2 micro sec., ben oltre la normale velocità di accesso dell'AT(250-300ns).

Per risolvere il problema si usa l'ingresso I/O CHDRY sul bus AT che permette di congelare lo stato delle linee del processore per poterlo interfacciare con i dispositivi più lenti.

Inoltre la scheda deve anche segnalare al bus-controller dell'AT se l'accesso deve



avvenire con una word da 16 bit o su due byte consecutivi, tramite il segnale MCS16. I due segnali IOCHDRY e MCS16 sono critici e devono essere generati nel più breve tempo possibile.

Considerando dunque che il bus degli indirizzi non bufferizzato (che permette una selezione più rapida) è disponibile dalla linea A17 in su, lo spazio occupato dall'interfaccia

è obbligatoriamente in pagine da 128 Kbyte.

Sono state realizzate due prototipi di questo tipo di interfaccia: uno esterno di prova per poter eseguire le misure agevolmente e uno interno.

I test di funzionamento hanno rivelato inconvenienti di vario genere.

E' stato innanzitutto impossibile inserire i 128K della interfaccia nello spazio riservato all'espansione di memoria da 512K a 640K, come originariamente previsto. Ciò a causa dei circuiti di controllo parità che bloccano la macchina ad ogni accesso in quell'area. Spostare la mappa nello spazio libero al di sopra di 1Mbyte risulta impraticabile, se si vuol mantenere la compatibilità con l'MS-DOS.

La soluzione adottata è stata di sostituire la scheda grafica EGA con una CGA e di inserire la mappa dell'interfaccia al posto della ROM del BIOS EGA.

Un difetto hardware è stato riscontrato sul clone AT di prova: se si fa funzionare il clock di sistema a 10MHz, il bus controller ignora il segnale MCS16 e spezza comunque l'accesso in due byte consecutivi sugli 8 bit meno significativi del bus.

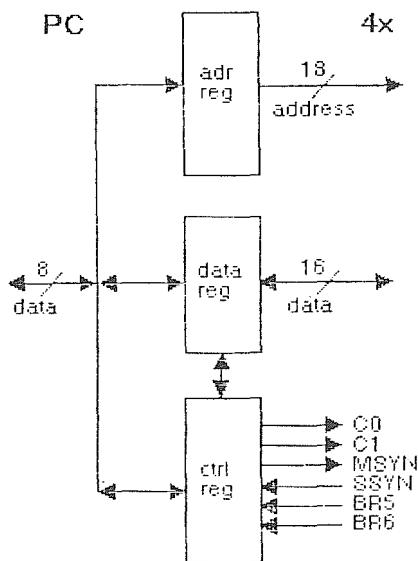
Il fatto di per sè non è grave, in quanto è sufficiente selezionare il clock a 8MHz perchè tutto funzioni, ma potrebbe creare dei problemi con altre macchine.

Le modifiche necessarie per eliminare ogni inconveniente avrebbero però portato ad una eccessiva complessità: così si è deciso di riprogettare completamente il circuito.

In questa seconda versione l'emulazione dell'UNIBUS viene eseguita in parte via software: quasi tutti i segnali UNIBUS fanno capo ad una serie di registri che occupano in tutto una decina di byte, assegnati nell'area I/O riservata al Game controller. Inoltre i registri sono collegati sul bus AT agli 8 bit meno significativi.

Come si vede dallo schema i segnali relativi ai dati e agli indirizzi fanno capo a due registri.

I segnali di controllo MSYN e read/write (CO, C1), sono invece generati via hardware alla lettura od alla scrittura dei registro dei dati.



Un registro di controllo che abilita la lettura scrittura su un singolo byte o su 16 bit sull'UNIBUS e il re-routing degli interrupt.

Un registro riporta lo stato degli interrupt e l'avvenuta corretta operazione sul bus.

Si è inoltre apportato una semplice modifica sulla 4X, per eliminare l'invio sul bus dei vettori di interrupt.

Questo schema evita tutti gli inconvenienti citati in precedenza.

L'unico prezzo pagato è una maggior complessità del software a basso livello. Rispetto alla versione precedente la velocità di accesso globale resta praticamente immutata in fase di lettura, mentre migliora in scrittura, in quanto si evita il congelamento del bus AT.

#### BIBLIOGRAFIA

G. Di Giugno: "Schemi del prototipo 4X-001". Manoscritti originali.

S. Sapir, E. Martin: "Gestione dati MIDI per l'accompagnamento in tempo reale col processore 4X". Tesi di Laurea, 1987.

S. Sapir, M. Rizzo: "Ambiente di sviluppo per processore di suoni 4X". Tesi di Laurea, 1986.

"AT- technical reference manual". IBM.

"Microprocessor and peripherals data book": vol. I & II. Intel, 1988.

"The TTL data book": vol. I & II. Texas instruments, 1984.

# IL CENTRO TEMPO REALE: UNO STUDIO REPORT

NICOLA BERNARDINI, PETER OTTO  
*CENTRO DI RICERCA, PRODUZIONE E DIDATTICA MUSICALE TEMPO REALE*

## ABSTRACT

Il Centro Tempo Reale è un Centro dedicato alla produzione musicale ed alla ricerca applicata a tal fine. La sede del Centro è in Firenze ed il Direttore Artistico del Centro è Luciano Berio. Nel presentare il Centro, gli autori di questa memoria intendono discutere gli argomenti seguenti:

1. le motivazioni fondamentali del Centro
2. le risorse tecnologiche presenti e pianificate nel futuro
3. i progetti musicali realizzati e/o in via di realizzazione
4. i progetti di ricerca e di sviluppo
5. i criteri di accesso alle risorse da parte di compositori esterni

## 1. INTRODUZIONE

Il Centro Tempo Reale è un Centro di recente costituzione sorto a Firenze. Il Direttore Artistico Luciano Berio ed il Direttore Amministrativo Piero Cerchiai hanno garantito il finanziamento continuativo del Centro con l'apporto fondamentale del Comune di Firenze e della Regione Toscana. Altre fonti finanziarie provengono dalle sponsorizzazioni del MONTE DEI PASCHI DI SIENA, della BANCA NAZIONALE DEL LAVORO, della BANCA TOSCANA e della CASSA DI RISPARMIO DI FIRENZE.

Nel 1990 il Centro Tempo Reale avrà completato una lunga fase progettuale nella quale saranno stati definiti tutti i dettagli di pianificazione, amministrazione e gestione delle risorse. Inizierà quindi l'attività pubblica del Centro con la conseguente apertura a

compositori e ricercatori esterni.

Lo scopo della presente memoria è quello di presentare agli operatori specializzati del campo della Computer Music le finalità e la gamma di attività previste per il Centro Tempo Reale ed una breve descrizione delle risorse tecnologiche pianificate per il loro raggiungimento.

## 2. FINALITÀ DEL CENTRO TEMPO REALE

I fondatori del Centro Tempo Reale sono fermamente convinti che i rapidi sviluppi su scala planetaria di aree quali l'informatica, la trasmissione di informazioni e tecnologie di conoscenza costituiscono la base di un forte cambiamento in tutte le aree di attività intellettuale e culturale. Malgrado l'enorme contributo musicale e scientifico italiano generato da apporti individuali nei campi della musica elettronica ed informatica, non è esistito in Italia, fino ad ora, un centro di produzione musicale specifico dove compositori italiani e stranieri possano lavorare fianco a fianco nello sviluppo di composizioni musicali che utilizzano tecnologie d'avanguardia. Il Centro Tempo Reale nasce con l'intenzione di applicare gli sviluppi più significativi nel campo della ricerca tecnologica musicale alla produzione di opere musicali altrettanto rilevanti.

## 3. GLI OBBIETTIVI DEL CENTRO TEMPO REALE

Gli obiettivi del Centro Tempo Reale sono i seguenti:

1. diventare un polo didattico dedicato alla formazione di know-how generalizzato e specializzato sull'utilizzazione delle tecnologie informatiche, con particolare riferimento alle applicazioni di elaborazione numerica dei segnali (DSP) e musicali.
2. diventare una risorsa di interesse generale per compositori e studiosi, italiani e non, interessati allo sviluppo ed alla utilizzazione di nuove tecnologie musicali a scopi artistici.
3. costruire e mantenere un luogo gestito professionalmente per permettere a compositori e tecnici un accesso a strumenti ed informazioni non disponibili, generalmente, nella vita musicale italiana e nelle Università.
4. realizzare un programma ricco e diversificato di seminari e workshops aperti al pubblico su:
  - informatica per musicisti
  - composizione (generale)
  - analisi di composizioni con particolare riferimento a lavori che utilizzano nuove tecnologie
  - acustica
  - tecnologia musicale e audio
5. costruire e mantenere una biblioteca di materiali musicali, tecnici e audiovisivi
6. realizzare programmi di produzione e ricerca prediligendo
  - le tecnologie musicali per l'esecuzione in tempo reale
  - le workstations audio/musicali a basso costo
  - l'editoria musicale computerizzata
7. agire come luogo di progettazione, sviluppo ed aggiornamento di tecnologie tese a risolvere specifici problemi musicali posti dai compositori.
8. promuovere la Computer Music in Italia (e lo sviluppo delle alte tecnologie in

Toscana) attraverso:

- la sponsorizzazione di concerti dell'Istituto a Firenze ed in altre città italiane
- i contributi e la gestione delle attività di:
- International Computer Music Conferences (ICMC)
- Colloqui di Informatica Musicale (CIM)
- Associazione Italiana di Informatica Musicale
- Computer Music Association

9. promuovere la qualità della Computer Music italiana sponsorizzando o collaborando alla sponsorizzazione di compositori residenti, tecnici e studenti.

10. collaborare con le istituzioni cittadine e locali nelle attività didattiche e di formazione musicale (di base e specializzate).

#### 4. STRUTTURA ARCHITETTONICA DEL CENTRO TEMPO REALE

Il Centro Tempo Reale è collocato all'interno di Villa Strozzi, una villa del 18mo secolo completamente restaurata e posseduta dal Comune di Firenze. Esso occupa un insieme di 11 stanze all'ultimo piano della Villa. Nonostante l'immediata bellezza di tale collocazione, molti adattamenti necessari si sono rivelati impossibili per via dei cambiamenti di struttura che essi coinvolgerebbero (Villa Strozzi è, ovviamente, protetta dall'amministrazione dei Beni Culturali).

Ad ogni modo, i molti ostacoli alla realizzazione di un centro di musica informatica in un palazzo di 250 anni di età sono stati più o meno superati. Il rifacimento completo degli impianti elettrici e dei sistemi di backup elettrico si sono rivelati necessari, assieme alle canalizzazioni necessarie per le reti di elaboratori. Rimangono problematici l'accesso diretto al Centro e la mancanza di ascensori e/o montacarichi. Nel progetto definitivo, la Limonaia adiacente alla Villa dovrebbe essere trasformata in un piccolo Auditorium.

#### 5. LA BASE TECNOLOGICA DEL CENTRO TEMPO REALE

La base tecnologica sulla quale poggia il Centro Tempo Reale è alquanto diversificata, e consente l'uso sia di piccoli sistemi basati su microcomputer, sia di sistemi di maggiore potenza.

##### 5.1 SISTEMI DI MEDIA POTENZA

Abbiamo sentito la necessità di poter disporre delle possibilità offerte nel campo della comunicazione e dello sviluppo software, da una rete di computers funzionanti con sistema operativo UNIX, e a tal fine abbiamo utilizzato finora un computer Olivetti M380 XP7 con diversi terminali connessi per via seriale. Questo sistema sarà ora espanso in una rete locale comprendente il M380 come host, con sistema operativo UNIX e interfaccia X-Windows, quattro X-terminals, e diversi PC e Mac II, alcuni dei quali dotati di schede DSP e convertitori. Sarà possibile l'accesso attraverso la rete a stampanti laser e ad aghi, l'uso di posta elettronica e altri mezzi di comunicazione, l'accesso e lo scambio di files (compreso un protocollo interno dell'Istituto per lo scambio di files di campioni sonori). Il sistema sarà dotato di una certa capacità di sintesi sonora software nell'arco di un anno circa.

## 5.2 SISTEMI DI PICCOLE DIMENSIONI

Diversi Mac II e Mac SE saranno destinati prevalentemente all'editoria musicale e saranno connessi tra loro attraverso una rete Appletalk. Questa sarà poi connessa con un gateway alla rete principale. Altri Mac II, utilizzati come stazioni di lavoro indipendenti, saranno connessi individualmente alla LAN. Diversi PC compatibili sono utilizzati per l'amministrazione, per emulazione di terminali UNIX, e per lo sviluppo software (progetto TRAILS e software per DPS). Un Mac II e un Mac Plus sono usati nello studio MIDI e diversi Mac SE sono destinati ai concerti a piccole workstations musicali. Per le workstations saranno disponibili inoltre computer Atari ST e PC compatibili per utilizzazioni saltuarie. Un PC compatibile 386 controllerà una workstation musicale WaveFrame AudioFrame e sarà connesso alla rete in modo che tutti i computers collegati possano utilizzare i files di campioni sonori e le capacità di elaborazione digitale del suono della AudioFrame. Infine, si spera di poter acquisire due computer Next da destinare sia all'elaborazione digitale del suono, sia ad innovative applicazioni nel campo dell'editoria musicale.

## 6. RISORSE MUSICALI

### 6.1 UN "CENTRO DECENTRALIZZATO"

Un aspetto importante della concezione originaria di Tempo Reale è che il Centro dovrebbe fornire gli strumenti di lavoro ai compositori senza che necessariamente tutto il lavoro debba essere svolto all'interno del Centro stesso. A tale scopo saranno messi a disposizione dei compositori o dei tecnici una varietà di apparecchiature che permetteranno di lavorare al di fuori del Centro, il quale sarà utilizzato, nello stadio iniziale e in quello centrale di un progetto, soltanto come fonte d'informazioni e per la rifinitura del materiale sonoro. Solo la fase finale del lavoro, in cui i mezzi tecnologici assumono una maggiore importanza, dovrà essere svolta nella sede del Centro. Queste workstations funzioneranno dunque come "satelliti" di una sorta di "centro decentralizzato".

Tra le risorse disponibili per i compositori e i tecnici, per uso temporaneo a casa o per concerti, vi saranno computer Macintosh, Atari e PC compatibili, software MIDI e per la notazione musicale, diversi campionatori MIDI, elaboratori digitali del suono e sintetizzatori MIDI, schede DSP, sistemi di registrazione/editing digitale come ADAP Soundtrack e Digidesign Sound Tools, ecc. Saranno fornite anche flight cases, tastiere interfacce MIDI e altre periferiche.

### 6.2 STUDIO MIDI

Il Centro dispone già di uno studio MIDI ben attrezzato che sarà tra breve ulteriormente espanso. La nuova configurazione comprenderà tre computers, con tutti i principali pacchetti software MIDI commerciali, sistemi di patch by audio e MIDI, mixer automatizzato, numerose macchine MIDI (campionatori, elaboratori del suono, sintetizzatori ecc.) registratore digitale a 12 tracce, registratori a due e quattro tracce di vario formato, diversi sistemi di ascolto. Nello studio è stato inoltre installato un prototipo di MiniTRAILS, una matrice digitale per la spazializzazione del suono - realizzata da Tempo

Reale e Audiomatica - per prove di spazializzazione. E' presente infine un prototipo del modulo di controllo MIDI a 24 cursori (anche questo realizzato da Tempo Reale e Audiomatica) chiamato Contact. Ambedue i prototipi sono soggetti a continui aggiornamenti e miglioramenti.

### 6.3 REGISTRAZIONE MULTITRACCIA, EDITING DIGITALE, DUPLICAZIONE

Un altro spazio, separato dallo studio MIDI, ma a questo collegato, sarà riservato alla registrazione, all'editing digitale, alla realizzazione dei master e alla duplicazione. Sarà equipaggiato con una AudioFrame con espansioni di memoria, hard disks per la registrazione digitale e modulo DSP per il missaggio digitale. La AudioFrame sarà utilizzata sia per la registrazione multitraccia che per l'editing digitale. Per i master e le duplicazioni saranno usate diverse macchine analogiche Otari dei formati più comuni e un registratore digitale Sony. Una parte di questo spazio sarà dedicato alle registrazioni dal vivo, e disporrà di un pianoforte a coda MIDI.

### 6.4 UFFICIO PER L'EDITORIA MUSICALE ELETTRONICA

Una apposita sezione di Tempo Reale è competamente attrezzata per la realizzazione professionale di lavori di editoria musicale. Sono utilizzati diversi Mac II e SE e una LaserWriter Apple. Gli obiettivi di questo ufficio comprendono sia la realizzazione di lavori per i musicisti che operano nell'ambito del Centro, sia contratti (realizzazione di partiture e consulenze) con le maggiori Case editrici musicali europee. L'attività di ricerca correlata (principalmente lavori sperimentali e beta testing di programmi commerciali) serve come supporto significativo sia per i lavori interni che per quelli svolti per conto di Case Editrici musicali.

## 7. ATTIVITÀ MUSICALI

Le attività musicali svolte finora sono state principalmente lavori sperimentali dello staff di Tempo Reale e di alcuni compositori che sono stati ospiti del Centro. Un programma di concerti di musiche realizzate a Tempo Reale è prevista per la seconda metà del 1990.

## 8. PROGETTI DI RICERCA E SVILUPPO

I programmi di ricerca finora realizzati sono stati incentrati sul progetto TRAILS (Tempo Reale - Audiomatica Interactive Location System) (vedi Bernardini e Otto, 1989). I progetti attualmente in discussione comprendono:

1. Controllo di ampiezza e fase in sistemi audio multicanale
2. Simulazione della locazione spaziale dei suoni
3. Studi su ergonomia e controllo gestuale per workstation musicali e dispositivi MIDI
4. Applicazioni DSP in tempo reale
5. Portatura di software musicale da mainframes a personal computers

6. Analisi informatica dell'interpretazione musicale
7. Definizione di un linguaggio efficiente per la notazione di sequenze musicali
8. Definizione di standards per l'editoria musicale computerizzata
9. Progettazione di modifiche triviali al sistema operativo UNIX per applicazioni musicali multitask multiuser in tempo reale (progetto TRIX, Tempo Reale Unix System).

## 9. CRITERI PER L'ACCESSO AL CENTRO

All'apertura ufficiale di Tempo Reale, saranno stabilite delle norme per l'utilizzazione del Centro da parte di compositori e studenti. Questi potranno richiedere a Tempo Reale informazioni sui requisiti e le modalità per usufruire di questo servizio. Gli interessati dovranno presentare i loro progetti descrivendone gli obbiettivi artistici e/o tecnici, gli aspetti logistici e le attrezzature tecniche necessarie. Dovranno essere inclusi anche i preventivi di spesa e il curriculum del richiedente.

## 10. CONCLUSIONI

L'inaugurazione ufficiale del Centro Tempo Reale è prevista per l'inizio del 1990. La lunga e difficile costruzione del Centro ha richiesto la collaborazione e l'aiuto di numerose persone, che qui ringraziamo. Con l'apertura ufficiale auspichiamo l'estensione e il consolidamento di rapporti di collaborazione con tutte le realtà affini e le persone interessate all'attività del Centro.

## 11. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Bernardini, N & Otto, P. TRAILS.: un sistema interattivo per la spazializzazione dei suoni, in Atti del VII Colloquio di Informatica Musicale, Editrice Unicopli (in via di pubblicazione).

# LA RICERCA MUSICALE ALLO STREAM

## STUDIO REPORT

*ENRICO COCCO, PIERLUIGI MARRAMA, STEFANO PETRARCA*

*STREAM*

*VIC.DEL BEL POGGIO 93- 00147*

*ROMA TEL.06/5000141-2714476*

Questo studio-report vuole illustrare l'orientamento e le linee di tendenza attuali dello Studio per la Ricerca Elettro-acustica Musicale di Roma. Lo STREAM si contraddistingue da altre realtà analoghe per uno spiccato interesse verso la produzione compositiva di opere musicali con mezzi elettronici, per la ricerca nell'ambito dei linguaggi contemporanei, e per l'attenzione verso le problematiche estetico-musicali che scaturiscono dal rapporto arte-elaboratore.

Per meglio capire la situazione presente, e' utile fare un passo indietro. Lo Studio e' sorto all'inizio degli anni '80 (il primo dell'area romana di quel periodo), in tempi in cui non esistevano ancora i sintetizzatori Yamaha, e cominciavano a diffondersi i primi personal computers, quando, in Italia, la musica elettronica si faceva solo nei centri pubblici di pochissime Universita'. E' nato quindi dall'intento di accomunare esigenze puramente intellettuali (latenti o manifeste) del comporre con il suono, di continuare le esperienze storiche della morente avanguardia, di esplorare quel continente per molti versi ancora sommerso delle applicazioni scientifiche all'arte. Problema materiale non di minor conto era quello di procurarsi delle apparecchiature (dividendo i costi di produzione). Diversamente da altri, quest'esperienza originale, non e' scaturita da un "abbraccio" tra artisti e scienziati, ma casualmente, tra giovani compositori che si sono ritrovati ad utilizzare macchine per produrre musica e che al loro interno hanno messo a frutto un comune background di studi scientifici di vario livello e ampiezza. Si e' quindi via via sviluppata quella che riconosciamo oggi essere una nuova figura di ricercatore musicale, prima di essere compositore, che necessariamente ha investito i molti campi del sapere nella musica prodotta per calcolatore.

All' interno dello Studio si svolgono inoltre ricerche scientifiche sui processi di formalizzazione compositiva, di analisi e sintesi del suono e, infine, sulla produzione di tecnologie "mature" in strumenti per la generazione e l'elaborazione del suono in tempo reale e live electronics.

In questo senso lo STREAM non ha mai rincorso il successo tecnologico fine a se stesso, ma si è sempre dotato di apparecchiature che, nella maggior parte dei casi, pur non rappresentando lo "stato dell'arte" della tecnologia, permettono di svolgere in maniera ottimale i fini preposti.

### 1 - LA RICERCA MUSICALE

La ricerca musicale di questi anni, pur nell'autonomia espressiva dei partecipanti, si è mossa in un ambito di continuità con le esperienze strumentali contemporanee, allargate alle potenzialità offerte dall'uso di mezzi tecnologici. Complessivamente sono stati prodotti dai membri dello studio oltre una trentina di lavori elettronici eseguiti in ambiti concertistici, teatrali e radiofonici.

Oggetto di sperimentazione sono le nuove prospettive compositive che scaturiscono dal connubio arte-scienza, e quindi dall'operare con sistemi di aiuto alla composizione, che permettano di limitare il campo di indagine e di tradurlo in modalità semplici di accesso (interfaccia uomo-macchina). Da un altro lato più propriamente esecutivo, particolare interesse riveste l'utilizzo di nuovi strumenti che incidano sulla fruizione e sull'ascolto, come i sistemi di generazione ed elaborazione dei segnali in tempo reale. Attualmente le ricerche convergono per grandi linee sulle direttive generali del timbro, del movimento del suono nello spazio acustico, e della formalizzazione linguistica di modelli compositivi. In particolare le seconde due meritano di essere menzionate, perché sono state associate alla produzione di macchine costruite ad hoc: e' il caso del progetto Dedalog per lo spazio acustico.

### 2 - LA FORMALIZZAZIONE DEI LINGUAGGI COMPOSITIVI

Questo aspetto della ricerca musicale coinvolge un ambito che va dalla composizione automatica con il controllo di parametri ad alto livello, a quella mediamente strutturata che si serve di semplici editor grafici per la scrittura della partitura. A questo proposito si avverte che il problema della scrittura risulta ineludibile anche all'interno della produzione elettronica, perché più che mai legato alla progettazione del suono e dell'intera composizione. A questi studi vanno aggiunti alcuni tentativi, ancora non concretizzati, volti alla creazione di sistemi di aiuto alla composizione che consentano la proliferazione di eventi sonori, il calcolo di pattern psicoacustici etc.

I progetti attuali sono così riassumibili :

a) **Softsyn : Programma di generazione ed esecuzione di partiture (a cura di P.Marrama)**. Realizzato ed operante su Ibm, 6502 e 68000 Motorola. Linguaggi Basic e Assembler.

I sistemi di sintesi additiva richiedono l'inserimento di un alto numero di dati, poco controllabili dal compositore: l'esigenza è quindi quella di creare rapidamente dei timbri e di controllarne l'evoluzione temporale, dando la priorità non alle singole componenti, ma al processo che le mette in relazione fra loro e nell'evolversi del tempo.

Lo scopo di Softsint e' quello di definire i parametri ad alto livello in ingresso (in riferimento diretto ai parametri fisici del suono e alle loro relazioni strutturali) e una grammatica di variabilita' che dislochi gli eventi sonori nel corso della composizione. Ciò consente di generare dai parametri di input, già eventualmente utilizzati, nuove famiglie di timbri e sequenze, simili tra loro perché corrispondenti all'idea compositiva iniziale, per scegliere quello che più si adatta alla propria esigenza. Gli eventi sono creati con "processi random controllati per ambiti" e conservano tutti la matrice comune impressa dai parametri ad alto livello da cui derivano. La parte più importante che caratterizza il programma è quella di "far riconoscere" questa matrice comune in tutti gli eventi generati, per creare una iniziale grammatica generativa che sottintenda le strutture sonore interessate.

I parametri che contribuiscono a creare i timbri sono: densità, registro, armonicità, filtraggio, coefficiente di sfasamento. Gli eventi sono interpolabili tra loro, e la regolazione del evolversi nel tempo è data invece da : influenza del timbro precedente su quello che segue (per densità, filtraggio, frequenza delle componenti etc. ), durata delle interpolazioni, durata totale, inviluppo in ampiezza. I risultati raggiunti e comprovati da vari brani composti con Softsint sono stati confortanti e incoraggiano un ulteriore approfondimento della ricerca che attualmente continua. Con Softsint sono stati composti vari brani tra cui "Savasana" e "Clonazioni" di P.Marrama, "Nested dreams" di S.Petrarca, "Falso sguardo" di E.Cocco, etc.

**b) Pegaso . Sistema grafico interattivo di aiuto alla composizione (a cura di E.Cocco).** In fase di realizzazione.

Pensato come ambiente di sviluppo per la progettazione musicale, si propone di fornire strumenti flessibili di aiuto alla composizione del suono (con criteri psicoacustici) e delle strutture musicali (con criteri linguistici), nel quadro di un superamento della divisione "classica" oggetto-evento sonoro.

Il progetto si propone, nella sua realizzazione definitiva, come un linguaggio di composizione ad alto livello, con primitive musicali grafiche configurabili tra loro da utente.

### 3 - LA RICERCA SU STRUMENTI OPERANTI IN TEMPO REALE E LIVE ELECTRONICS.

**a) Progetto Dedalog : La ricerca musicale sul movimento del suono nello spazio acustico (a cura di S.Petrarca, P.Marrama, E.Cocco).** Realizzato ed operante.

Questa è una ricerca integrata che coinvolge aspetti di studio dello spazio acustico, di costruzione di un sistema

computerizzato, e del suo utilizzo pratico in composizioni di carattere elettroacustico e non. L'utilizzo dello spazio acustico si è posto sin dalle prime ricerche di Stochkausen e di Chowning come un ulteriore parametro del suono. Lo Stream si è posto il problema, in anticipo rispetto ad altri, di un suo utilizzo in maniera continua, controllabile, applicabile anche alla musica concreta e strumentale dal vivo, quindi di uno strumento per l'esecuzione che operi in tempo reale. A seguito di questi requisiti il parametro spazio può diventare un elemento funzionale alla composizione, ed essere parte di una nuova grammatica dell'opera musicale.

Risultano rilevanti, e vanno approfonditi, gli effetti psicoacustici dello spostamento simultaneo dei suoni, differenziati per tipo di sorgente (dal percussivo

al continuo), dalla quantita' di voci interagenti (polifonia spaziale), dalla strutturazione dell'ambiente sonoro, fino ad arrivare alla progettazione di spazi acustici virtuali.

Questa ricerca ha dato luogo nella sua applicazione tecnologica al progetto Dedalog, sistema "special purpose" che permette di muovere in tempo reale n sorgenti sonore su m altoparlanti. Attualmente sono disponibili all'uso due modelli, già presentati in precedenti CIM, che qui riassumiamo brevemente.

### DEDALOG I

La parte hardware e' composta da 8 DAC e 8 VCA commutabili su otto canali, è controllati da un micro-computer interfacciato. Tale hardware permette di muovere su otto altoparlanti quattro sorgenti sonore indipendenti.

Il programma di gestione comprende un editor per la scrittura della partitura, un compilatore che la traduce convertendola in partitura operativa, un programma di esecuzione che, in base ai dati contenuti nella partitura operativa, controlla tutto il sottosistema hardware.

### DEDALOG II

Per l'esecuzione dal vivo, che richiede maggiore flessibilità e un controllo gestuale del suono, è stata realizzata una versione real time, con meno canali, ma completamente stand-alone ; Dedalog II è identico al I tranne per il fatto che può muovere due sorgenti sonore su quattro canali secondo un percorso scelto tra i 16 preset disponibili, selezionabili in esecuzione e con il controllo della velocità di passaggio da un altoparlante all'altro.

E' in preparazione un terzo modello, interfacciato su Atari, che approfondisce la capacità gestuale dei primi due.

**b) Proteus. Sistema per la sintesi del suono e l'esecuzione in tempo reale (a cura di P.Marrama e E.Cocco).** Realizzato.

Proteus e' un sistema integrato per la sintesi additiva e l'esecuzione in tempo reale in grado di operare un controllo sugli 80 oscillatori del sintetizzatore ( freq., amp. e fase) , con step temporali di accesso dati di 10 msec.

L'hardware del sistema si compone di 4 parti : un computer host basato su microprocessore 68000 dotato di un programma per la gestione del sintetizzatore e degli input provenienti dalle altre parti del sistema, un pc che tramite editor immette i dati statici all'interno della scheda 68000 e operando anche in emulazione-terminali consente la scelta dei parametri statici disponibili all'interno del computer host, una tastiera musicale con 60 tasti (tipo pianoforte) per attivare le procedure di esecuzione del suono, il sintetizzatore Troll, in grado di generare 80 oscillatori su quattro voci polifoniche, fornito allo Stream dal Gruppo di Informatica Musicale dell'Università di Napoli (Dip. di Fisica Sper.).

Proteus e' ora pronto in una prima realizzazione software di cui descriviamo il funzionamento di immissione dei dati.

Si compone di due fasi: una pre-esecutiva in cui si preparano separatamente i gruppi di frequenza, ampiezza, fase, gli inviluppi e la configurazione della tastiera, e una esecutiva operante in tempo reale. Quest'ultima e' quella in cui normalmente si agisce durante la performance dal vivo, e consiste in due tipi di operazioni parallele

eseguite da due singoli esecutori : il primo, tramite terminale, realizza delle combinazioni tra i gruppi timbrici di partenza, strutturati gerarchicamente in preset, e gli inviluppi precedentemente inseriti in altri preset; l'altro esecutore invece, tramite tastiera musicale, disloca polifonicamente gli eventi sonori nell'arco temporale della composizione, controllando l'intensità con la sensibilità del tocco.

Esistono due configurazioni di tastiere abilitate da terminale : una di tipo temperato attivata per default ; l'altra completamente programmabile, in cui è possibile associare tasto, frequenza e voci create precedentemente.

Tutti i parametri sono automaticamente salvati nelle ram dotate di batteria di backup del computer host, e comunque c'è la possibilità di procedere alle operazioni da disco su Pc Ibm.

c) **S.A.U : Acquisitore universale di segnali (a cura di S.Petrarca).** In corso di realizzazione.

Per quanto riguarda ancora la strumentazione per le performance dal vivo, è stata progettata la linea di sistemi SAU per l'acquisizione di segnali analogici e la loro elaborazione digitale. Alla base di questi sistemi vi è prima di tutto il loro bassissimo costo e la loro facilità di programmazione che si basa su di un normale processore Von Neumann. In particolare sono stati sviluppati:

a) **PDC ( Pitch to Digital Converter ).** Misura la frequenza del segnale in entrata e genera, in uscita, il relativo codice MIDI (completo di key velocity) sull'interfaccia di uscita per l'host che provvederà a smistarla ad un eventuale sistema di sintetizzatori MIDI.

b) **Waveshaper non stazionario.** Prelevato il segnale in ingresso lo fa passare attraverso delle tabelle di distorsione non lineare la cui forma varia nel tempo con continuità consentendo, così, di ottenere, in uscita dal DAC, modificazioni non stazionarie del segnale d'ingresso.

c) E' in fase progettuale un sistema per modificare un suono concreto con le caratteristiche estratte da un altro suono.

#### 4 - LA RICERCA SUI METODI DI SINTESI

Sono state svolte ricerche originali su varianti del modello della distorsione non lineare, già presentate al VI CIM

a) **Sintesi per reazione non stazionaria (a cura di S.Petrarca).** Realizzato.

Questo modello fa uso della controreazione per controllare dinamicamente il timbro prodotto da un sistema non lineare eccitato da diversi tipi di segnale.

b) **Equazioni differenziali non lineari. ( a cura di S.Petrarca ).** In via di realizzazione.

Il modello "classico" della distorsione non lineare è un modello statico : se con  $x(t)$  indichiamo un segnale e con  $F\}$  un operatore non lineare, la distorsione non lineare potrà essere descritta dall'eq.  $y(t) = F(x(t))$ ; da questo possiamo vedere che  $y(t)$  può essere considerato l'uscita del sistema  $F$  quando l'ingresso sia  $x(t)$ ; è evidente che l'uscita di tale sistema è funzione solo dell'ingresso e quindi possiamo considerarlo statico. I sistemi dinamici sono invece caratterizzati dalla proprietà che la loro uscita è funzione sia dell'ingresso che delle uscite precedenti. Da un punto di vista matematico, questa

proprietà si traduce nel fatto che un sistema dinamico (discreto) può essere descritto tramite un'equazione alle differenze. Un vantaggio di questa rappresentazione è dato dal fatto che si può sfruttare l'instabilità condizionale di tale modello per generare segnali periodici senza far uso di look-up table; nel nostro caso faremo uso dell'equazioni alle differenze non lineari :  $y(n) = ay(n-1) + bF[y(n-2)] + x(n)$  nel caso di un'equazione di secondo ordine; per un'opportuna scelta dei coefficienti, se  $x(n)$  è un impulso unitario, la  $y(n)$  rappresenterà una forma d'onda periodica il cui spettro dipenderà da  $F$ . Se poi quest'ultimo varia in funzione del tempo, avremo delle forme d'onda non stazionarie utilizzabili, dunque, in ambiti musicali.

## 5) MISCELLANEA

a) Nello Studio e' operante una stazione di lavoro Midi, concomputer Ibm e sintetizzatori Yamaha TX7 e TX802.

b) E' sorto all'interno dello Studio un gruppo di esecuzione live electronics, che si ripropone di sviluppare quegli aspetti più indeterministici e di elaborazione dal vivo della composizione elettroacustica, per la ricerca di nuove possibilità di fruizione. Il gruppo e' aperto a proposte e collaborazioni esterne.

# UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

## ESCUELA UNIVERSITARIA DE MUSICA

*ANTONIO MASTROGIOVANNI*

*PAYSANDU' 843,  
MONTEVIDEO, URUGUAY.  
TEL.(598 2) 90.84.15*

La "Escuela Universitaria de Música" (EUM), dipendente dalla "Universidad de la Repùblica", è l'unico centro ufficiale per l'insegnamento musicale a livello superiore nell'Uruguay. Attualmente la EUM include studi e conferisce titoli nelle seguenti carriere:

- Composizione
- Musicologia
- Direzione d'orchestra
- Direzione corale
- Strumenti
- Canto

L'insegnamento musicale nell'Uruguay è stato, finora, lontano dagli apporti che lo sviluppo scientifico e tecnologico ha dato negli ultimi decenni alla vita musicale.

Concluso il periodo della dittatura e dell'interdizione dell'Università, si è affrontato un piano di ricostruzione, ristrutturazione ed aggiornamento di tutta l'Università che include la EUM. In questo contesto si decise che doveva cominciare a funzionare nella EUM, e pertanto nell'Università, un centro di ricerca e creazione musicale ed acustica che permetesse in linee generali:

- a musicisti e studenti, di prendere contatto con gli apporti dello sviluppo scientifico e tecnologico all'attività musicale;
- ai compositori, di sviluppare la loro potenzialità creativa nei campi aperti dalla elettroacustica e l'informatica musicale;
- ai ricercatori, di iniziare lavori di ricerca nei terreni dell'acustica, la psicoacustica, l'informatica musicale ed altri che possano costituire un contributo e vadano ad aggiungersi a quanto si realizza in campo internazionale, tenendo presenti a loro volta le

necessità, specifiche del nostro paese.

E' utile segnalare che non esiste attualmente nell'Uruguay un'altro centro dalle caratteristiche simili a quelle che avrà quello dell'EUM.

Si pensa che i lavori potrebbero cominciare a partire dagli inizi del prossimo anno.

Il centro avrà a sua disposizione le seguenti apparecchiature:

- Computer MacIntosh II con hard disk da 40 MB
  - Sampler Yamaha TX 16 W
  - Tone generator Yamaha TX 816
  - Tone generator Yamaha TX 81 Z
  - Master Keyboard Yamaha KX 88
  - Processore di effetti Yamaha SPX 90 II
  - Riverbero Yamaha REV 5
  - Unità di equalizzazione grafica e compressori
  - Mixer 24 piste
  - Registratori a nastro Otari (8 e 2 piste)
- (pur non appartenendo specificamente al laboratorio, sarà possibile utilizzare altri due computer: Atari 1040 ST ed IBM XT).

In una prima tappa si prevede che il centro di creazione e ricerca in musica ed acustica inizi a lavorare nelle seguenti aree:

#### INSEGNAMENTO

- nel centro si impartiranno le lezioni dei corsi della EUM che richiedano le sue installazioni;
- si inizieranno corsi e seminari speciali sui temi rapportati alle aree di lavoro del centro.

#### COMPOSIZIONE

- Gli studenti di composizione avranno l'opportunità di prendere conoscenza ed iniziare esperienze nella creazione con mezzi elettroacustici e nella composizione assistita dal computer.
- I compositori uruguiani avranno a loro disposizione un centro aperto dove poter sviluppare le loro potenzialità creative nei campi aperti dalle nuove tecnologie, cosa attualmente impossibile nell'Uruguay.

#### MUSICOGOGIA

- Si darà allo studente di musicologia la possibilità di avvalersi dei nuovi mezzi che l'informatica in particolare fornisce alla ricerca ed agli studi musicologici.
- Le ricerche musicologiche portate avanti dal Dipartimento di Musicologia della EUM potranno disporre delle installazioni del centro per compiere i propri progetti.

Aree comuni di ricerca con altri Dipartimenti dell'Università:

- Si inizieranno lavori congiunti con il Centro di Computazione dell'Università della

Repubblica per approfondire e sviluppare le possibilità che l'informatica offre all'attività musicale.

- Verranno iniziati lavori di ricerca nei campi dell'acustica musicale e la psicoacustica che permettano all'Università della Repubblica di aggiornarsi in queste discipline per poter dare in un futuro un proprio contributo alle ricerche che si realizzano sul piano accademico internazionale. Si lavorerà in stretto contatto con il Dipartimento di Fisica della Facoltà di Scienze e con l'Istituto di Psicologia dell'Università.

- Si inizieranno ricerche e lavori di acustica architettonica con il fine di permettere all'Università di compiere lavori di assestamento nel disegno di costruzione ed adattamento di sale dedicate specialmente ad attività musicali. In questo senso si prevede di lavorare congiuntamente con le Facoltà di Architettura ed Ingegneria dell'Università della Repubblica.

#### DIFFUSIONE

- Si prevede di organizzare attività pubbliche (seminari aperti, concerti, ecc.) per diffondere la produzione musicale ed i risultati delle ricerche portate avanti dal centro. Questo punto prevede inoltre la diffusione dei materiali che si riceveranno a partire dallo scambio con i centri esteri, siano essi risultati di ricerche e/o, in modo particolare, composizioni musicali realizzate in tali centri.

- Le installazioni del centro serviranno pure ad appoggiare l'importante compito di diffondere la musica degli autori ed interpreti uruguiani.

Attualmente, sebbene il centro di creazione e ricerca musicale ed acustica non ha ancora iniziato a funzionare in modo ufficiale, il gruppo di persone che porta avanti il progetto ha iniziato in giugno di quest'anno un seminario d'informazione intitolato Acústica, Síntesis e Informática Musical, della durata di tre mesi con un'elevata affluenza di studenti. Per il secondo semestre dell'anno in corso si prevede di realizzare una serie di concerti didattici di musica elettroacustica e di musica creata con l'appoggio dell'informatica.

E' necessario segnalare con enfasi le principali difficoltà che il centro affronta ed affronterà dall'inizio delle sue attività e del suo funzionamento.

- In primo luogo, il problema degli stanziamenti insufficienti, a sua volta originato dalla scarsità dei fondi che vengono destinati all'Università in generale ed alla Escuela Universitaria di Musica in particolare. Queste limitazioni creano pesanti difficoltà alle possibilità di crescita del centro ed alla necessaria convinzione del personale docente.

- In secondo luogo, e trattandosi di un'esperienza nuova e senza precedenti nel nostro paese, il centro dovrà iniziare contatti con centri analoghi in altre nazioni, con il fine di ricevere informazione sullo stato dei lavori e delle ricerche che si stanno realizzando nel settore, dati questi che oggi possediamo in modo insufficiente. Tutto ciò allo scopo di sviluppare in futuro fluidi scambi d'informazione e produzione.

# STUDIO REPORT S.I.M.

## SOCIETÀ INFORMATICA MUSICALE

### - ROMA -

*NICOLA SANI*

1. La prima parte dell'intervento illustra la più recente attività di ricerca della S.I.M. nell'informatica musicale.

In particolare vengono evidenziati i seguenti punti:

- a) ricerca sulle metodologie di integrazione di sistemi per la sintesi del suono in tempo reale;
- b) evoluzione del sistema SOFT MACHINE, progettato e realizzato presso i laboratori della S.I.M.;
- c) ricerca sull'interazione suono/immagine per la realizzazione di sistemi digitali audiovisivi;
- d) principali studi svolti in collaborazione con altre strutture di ricerca sull'elaborazione digitale dei segnali.

2. La seconda parte dell'intervento riguarda l'attività musicale della S.I.M. con riferimento alla struttura per la produzione e la diffusione di computer music. A partire dalla esperienza diretta della S.I.M. vengono effettuate alcune considerazioni generali riguardo ai seguenti punti:

- a) situazione attuale della computer music nel contesto generale della musica e rapporto con i centri di produzione operanti;
- b) nuove dinamiche dei centri di produzione emerse negli ultimi anni e loro influenza sullo sviluppo e la diffusione dell'informatica musicale.

# DMTOOL: UN AMBIENTE SOFTWARE PER LA ELABORAZIONE DI CAMPIONI

*ANTONIO CAMURRI, FRANCESCO GIUFFRIDA; PAOLO PODESTÀ*

*DIST - PCM LAB*

*UNIVERSITÀ DI GENOVA*

*VIA OPERA PIA 11A - 16145 GENOVA*

## 1. INTRODUZIONE

Il presente lavoro si colloca nell'ambito di un progetto attualmente in fase di realizzazione presso il laboratorio di informatica musicale al DIST, riguardante lo sviluppo di un ambiente software integrato per la elaborazione di suono e musica; L'obiettivo del progetto consiste nello sviluppo ed integrazione di strumenti software a diversi livelli: per l'elaborazione di segnali audio, per l'ausilio alla composizione ed all'analisi musicologica.

Nell'articolo viene descritta la parte del progetto relativa alla elaborazione a basso livello, denominata DMTOOL. L'hardware utilizzato è di tipo PC-IBM in ambiente MS-DOS. DMTOOL consiste di un insieme di librerie e programmi scritti in linguaggio C, comprendenti, tra l'altro, librerie per la gestione della interfaccia utente a menu con utilizzo di mouse; un ambiente flessibile per l'editing grafico di campioni e per l'analisi di spettro (STED Sound Editor); un sistema per la comunicazione di file di campioni fra PC e campionatori AKAI<sup>1</sup> S900 (AKAICOMM); una libreria per la gestione della scheda MIDI Roland<sup>1</sup> MPU-401.

Inoltre DMTOOL si integra, a livello di protocolli di comunicazione, al software sviluppato al CARL-UCSD [2], che recentemente abbiamo reso disponibile su PC-IBM<sup>1</sup> in ambiente MS-DOS<sup>1</sup>; in particolare, sono stati portati su PC-IBM ed ottimizzati (in velocità di esecuzione) i programmi phase vocoder [1], cmusic, le librerie di elaborazione di segnali (libieee e libcarl), oltre a diversi programmi di elaborazione di segnali.

DMTOOL è scritto in linguaggio C Microsoft (versione 3.0 o successive) ed in Macro Assembler 4.O. Parte del software CARL-UCSD utilizza anche il linguaggio Fortran

<sup>1</sup>

ms-dos è un marchio registrato della microsoft corporation; ibm è un marchio registrato della international business machines.

(versione 3.3 o successive). DMTOOL è disponibile su richiesta al Computer Music Lab presso il DIST.

## 2. DESCRIZIONE DEL SISTEMA

DMTOOL si compone di due parti distinte: una riguarda il set completo di programmi e librerie utilizzabili per la costruzione di software "ad hoc"; la seconda consiste invece in un programma che integra in una interfaccia "user friendly" tutte le possibili funzioni di elaborazione di segnali e di comunicazione sviluppate finora.

Il software in questione è stato sviluppato su un sistema composto da:

- Campionatore (AKAI S900),
- Elaboratore (PC AT) in ambiente MS-DOS,
- Master Keyboard.

Il software è in grado di gestire l'intero sistema, inclusa la comunicazione tra le unità computer-campionatore e computer-tastiera; inoltre gestisce in ricezione e trasmissione segnali di due tipi:

(1) comandi di performance dalla tastiera verso l'elaboratore e dall'elaboratore verso il campionatore

(2) informazioni riguardanti le caratteristiche stesse dei campioni dall'elaboratore al campionatore e viceversa.

Il sistema consente di lavorare con più timbri contemporaneamente in modo da offrire all'utente possibilità di merging e/o mixing tra due timbri diversi.

Le funzioni descritte nell'articolo riguardano la gestione della comunicazione tra i dispositivi hardware e la gestione delle elaborazioni dei segnali (in particolare visualizzazione ed analisi). Tali elaborazioni sono complementari a quelle consentite dall'AKAI S900: per esempio, la modifica dell'inviluppo di un dato campione senza modificare il timbro di base. Il software consente all'utente di intervenire in modo interattivo direttamente sulle forme d'onda.

### 2.1. L'EDITOR GRAFICO STED

Tramite **Sted** è possibile visualizzare l'andamento di un segnale sia nel tempo che in frequenza e di effettuare su di esso diverse elaborazioni. L'utente può impostare la frequenza di campionamento, variare il fattore di scala di visualizzazione, per esaminare a diversi livelli di precisione la forma d'onda del segnale. Di particolare interesse sono le opzioni che permettono di effettuare operazioni di *cut & paste* fra campioni ed operazioni sulla dinamica del segnale (compressione, espansione e gating). La grafica adottata è quella consentita dalle schede grafiche Hercules (720x350) e EGA (640x350).

**Sted** visualizza campioni mediante il disegno sullo schermo dei pixel corrispondenti ai singoli valori dei campioni e la loro successiva interpolazione lineare. Quest'ultima può essere optionalmente esclusa dall'utente: in tal caso verranno visualizzati solo i pixel reali.

Il programma è strutturato a menù, con opzioni selezionabili da tastiera o da mouse. Selezionata un'opzione, appariranno sul video tre distinte finestre.

La prima finestra contiene i messaggi relativi ai comandi disponibili, selezionabili tramite mouse. L'utilizzo di alcune opzioni complesse (come il cambiamento del fattore di scala) sono facilitate da messaggi autoesplicativi. Una seconda finestra, nella parte centrale del video, è destinata all'output grafico dei campioni; tale finestra può essere unica o doppia a seconda che si lavori con uno o due campioni contemporaneamente. Una terza finestra è posta nella parte inferiore del video. Anche questa come la precedente può essere sdoppiata, ed in essa vengono visualizzati i dati relativi ai campioni attualmente in elaborazione.

In fig. 1 è possibile notare la gestione del video effettuata dal programma nel modo descritto in precedenza.

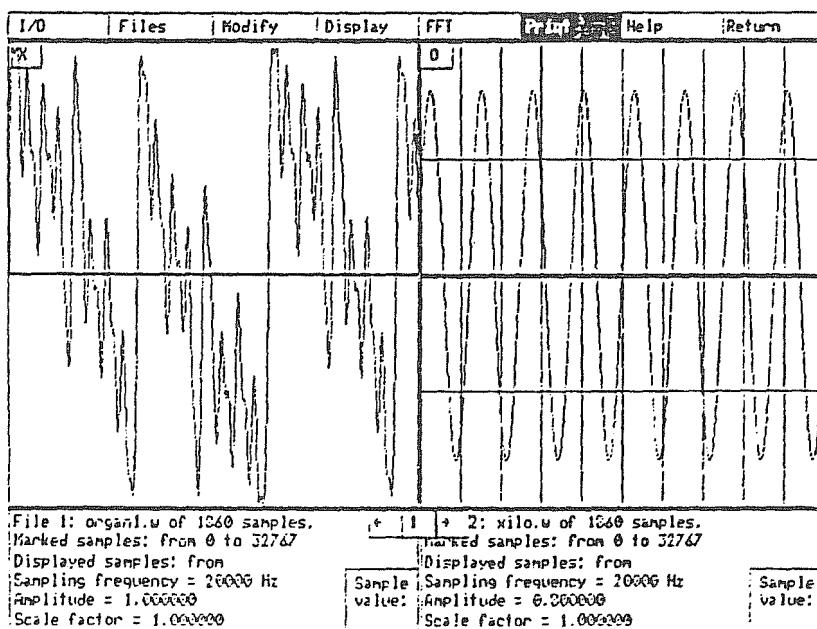


FIG. 1: PRESENTAZIONE GRAFICA DEL PROGRAMMA STED RELATIVAMENTE ALLA FASE DI ELABORAZIONE DI DUE DIVERSI CAMPIONI.

## 2.2 ANALISI DI SPETTRO

Una sezione di DMTOOL è dedicata alla analisi in frequenza dei segnali. E' stata implementata una serie di algoritmi di analisi di spettro, basandosi sulla *CARL/libieee* [2] e su algoritmi descritti in [3].

L'analisi di spettro (opzione FFT del menù principale di DMTOOL) viene eseguita nel modo seguente: il file di campioni viene spezzato in un certo numero di sezioni di eguale lunghezza (il numero di tali sezioni è impostato dall'utente). Gli spettri relativi alle varie sezioni vengono visualizzati in modo tridimensionale in modo correlato o scorrelato tra loro a seconda dei parametri relativi selezionati: in questo modo l'utente può rendersi conto dell'evoluzione nel tempo dello spettro del campione.

Accedendo all'opzione FFT viene eseguita per default un'analisi di spettro di ampiezza e verrà chiesto all'utente il numero di sezioni desiderate. A questo punto è possibile effettuare vari tipi di analisi di spettro:

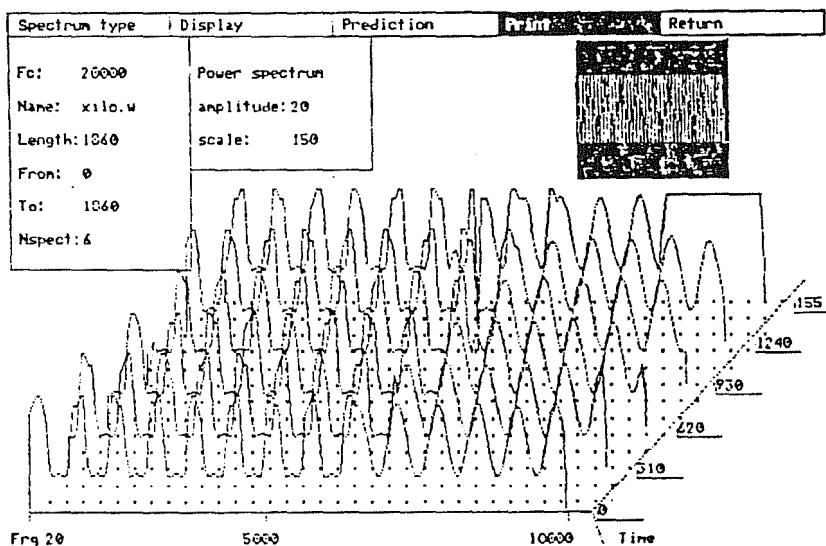


FIG. 2: ESEMPI DI GRAFICI RELATIVI ALLA ANALISI IN FREQUENZA DI UN CAMPIONE

- Ampl -> spettro di ampiezza
- Pwr -> spettro di potenza
- Cpx -> spettro complesso
- Phs -> spettro di fase
- dB -> spettro di ampiezza con scala in decibel
- dBn -> spettro di ampiezza normalizzato con scala in decibel
- Phsd -> spettro di ritardo di fase
- Grp -> spettro dei gruppi di ritardo
- Auto -> analisi di spettro autocorrelata

Per utilizzare i sistemi di predizione è necessario entrare nel sotto menù denominato *Prediction* attraverso cui è possibile abilitare gli algoritmi di predizione lineare, i quali

rimarranno attivi finchè non verranno disinseriti mediante il comando *restore*; all'utente verrà richiesto il numero di poli desiderato, ed apparirà un ulteriore sottomenù con le seguenti opzioni:

- Autocorrelation -> attiva l'algoritmo di autocorrelazione
- Covariance -> attiva l'algoritmo di covarianza
- Restore -> disabilita gli algoritmi di predizione lineare

## 2.3. AKAICOMM

Akaicomm è la parte di DMTOOL che si occupa sia della comunicazione tra il PC e campionatore che dell'editing dei programmi relativi ai campioni, mediante una libreria di gestione dell'I/O per l'interfaccia midi Roland MPU 401. I dati ricevuti dal campionatore sono memorizzati seguendo la seguente convenzione dovuta alla procedura di *dump* del midi:

- filename.p per dati di tipo **program** in particolare modo nei file di tipo **program** sono contenuti i dati relativi ad inviluppo, filtraggio, modulazione e ad altri parametri relativi alla suddivisione della tastiera in split, ad ognuno dei quali possono venire assegnati due diversi campioni (soft e loud).

- filename.h per l'**header del campione**, in cui sono contenuti dati relativi a loop, troncamento e dati di identificazione del campione.

- filename.r per file di **sample parameter**, che contiene dati relativi al campionatore.

- filename.w per dati di tipo **sample**, in cui è contenuto il campione vero e proprio.

In generale un **sample dump** è diviso in un header seguito da un numero variabile di pacchetti di dati.

Un pacchetto comprende:

- numero del pacchetto

- 120 bytes di dati, che rappresentano 60 words.

- un checksum per la identificazione degli errori. Vengono usati 4 tipi di messaggi di tipo **exclusive common** per la comunicazione dei campioni:

- Sample Dump Request

- Cancel Dump

- Not Acknowledge

- Acknowledge

La comunicazione può funzionare sia in modo CLOSED LOOP, che in modo OPEN LOOP; AKAICOMM utilizza solo il modo CLOSED LOOP. La sequenza di operazioni e la gestione dell'handshaking è descritta nel seguito.

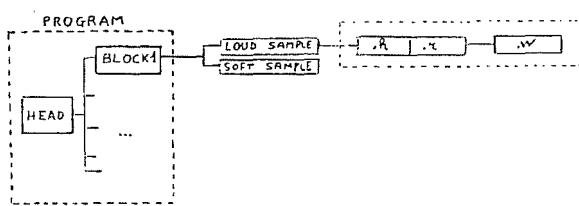


FIG. 3: STRUTTURA DEI FILE RELATIVI AD UN CAMPIONE.

Il master riceve una Sample Dump Request che include il numero del sample, ovvero viene iniziata un'operazione di Sample Dump da tastiera. In entrambi i casi, il master trasmette un header, e si pone in attesa fino a 10 secondi, aspettando che lo slave decida se accettare o rifiutare il dump. Lo slave legge l'header e controllando le caratteristiche del sample, decide se accettare o rifiutare il dump (in particolare il PC non rifiuta mai un dump, mentre l'AKAI S900 in alcune situazioni lo rifiuta). In ogni caso se lo slave accetta il dump, manda un Acknowledge, altrimenti manda un Cancel Dump e ritorna a normali operazioni. Se entro 10 secondi il master riceve un Cancel Dump, viene abortito il dump inviando uno 0xF7 (End of Exclusive), e ritorna a normali operazioni. Se il master riceve un Acknowledge, procede con il sample dump, inviando il primo pacchetto. Lo slave riceve il pacchetto, controlla il numero del pacchetto per vedere se appartiene ad un nuovo pacchetto od è la ripetizione di uno precedente. Inoltre controlla il Checksum: se questo va bene, manda un Acknowledge altrimenti manda un Not Acknowledge e si prepara a ricevere dati. Non appena il master riceve un Acknowledge, incrementa il numero di pacchetto ed invia il prossimo pacchetto. Se riceve un Not Acknowledge, mantiene lo stesso numero di pacchetto e lo ritrasmette. Se riceve un Cancel Dump, abortisce il sample dump. Tutto ciò viene ripetuto finché tutti i pacchetti non sono stati trasmessi. Alla fine il master trasmette uno 0xF0 (End of Exclusive), che pone fine al sample dump.

Per modificare i sample (files con estensione .w), è necessario usare un editor grafico (ad esempio STED); per gli altri tipi di file è possibile usare un qualsiasi editor di linea, con il vincolo di modificare solo il valore dei parametri contenuti, mantenendo inalterata la struttura prefissata dei files. Akaicomm fornisce comunque un editor "dedicato" che, tra l'altro, controlla che i valori dei parametri non escano dal range accettato dal campionatore.

## 2.4. INTEGRAZIONE DMTOOL/CMUSIC

Il programma di sintesi 'cmusic' consente la generazione di file di campioni, caratterizzati da un protocollo particolare. DMTOOL è in grado di gestire campioni in formato cmusic e di trasferirli su AKAI S900; viceversa, DMTOOL è in grado di generare file di campioni in formato cmusic, permettendo ulteriori elaborazioni da parte di cmusic stesso.

## 3. PROSPETTIVE

Sviluppi possibili sono orientati verso la realizzazione di ulteriori moduli sia software che hardware; alcuni punti salienti di sviluppo riguardano ad esempio:

- la conversione di campioni realizzati con standard differenti. Questo permetterebbe lo scambio di suoni tra macchine che altrimenti non permettono la comunicazione, e l'utilizzo dello stesso campione su campionatori differenti.

- l'evoluzione del sistema di analisi di spettro tale da permettere l'uso di tecniche di resintesi additiva sui campioni.

- Infine, è infase di prototipo una scheda hardware per PC dedicata al direct-to-disk, utilizzando convertitori D/A a 16 bit stereo; è prevista l'integrazione futura di DMTOOL con tale sistema.

## RINGRAZIAMENTI

Desideriamo ringraziare il Prof. Carlo Braccini, gli Ing. Ilengo e Spizzica, gli studenti Ciuffi, Luria e Traverso per i preziosi contributi al presente lavoro.

Il presente lavoro è stato realizzato parzialmente grazie al finanziamento del Ministero della Pubblica Istruzione (MPI 40% Informatica Musicale).

## BIBLIOGRAFIA

[1] *The Phase Vocoder: a Tutorial*, Mark Dolson, Computer Music Journal 4, 1986.

[2] *CARL Startup Kit*, Computer Audio Research Laboratory, Center for Music Experiment, Q-O37, University of California, San Diego, La Jolla, California 92093, 1985.

[3] *Programs For Digital Signal Processing*, Edited by the Digital Signal Processing Committee, IEEE Acoustics, Speech and Signal Processing, IEEE Press, 1979.

# MATERIA INTELLIGENTE: UNA RICERCA COMPOSITIVA SU UN MODELLO FORMALE RICORSIVO PER PUNTI DI ACCUMULAZIONE E CATASTROFE.

*ENRICO COCCO*

*CONSERVATORIO P.DA PALESTRINA DI CAGLIARI*

*STUDIO PER LA RICERCA ELETTOACUSTICA MUSICALE DI ROMA - STREAM*

La mia formazione di musicista mi induce ad anteporre alle parole i fatti, cioè i suoni le note ; tuttavia ritengo che sia ancora necessario e non estraneo alla musica d'oggi, la ricerca di elaborazione e riflessione teorica, di una nuova progettualità', che deve poter emergere oltreche' dalla partitura scritta, anche da un corpo di studi teorici. Accettando la validità di questo doppio binario, teoria e prassi musicale sono parallele ed autonome, intendendo con cio' che non e' necessario elaborare una grande teoria per spiegare la propria composizione ma, altrettanto, la fase progettuale e' sufficiente per giustificare sia scelte extramusicali (le quali investano magari la propria visione del mondo) che quelle legate ai problemi di composizione, scrittura, fruizione del segno musicale etc.

Questi aspetti credo si possano avvicinare ad altri mondi, per subirne anche l'influsso, mondi come la scienza o la poesia.

La ricerca compositiva in Materia Intelligente mi ha portato a formulare alcune ipotesi sull'evoluzione delle forme musicali, partendo da una base intuitiva con motivazioni artistiche. La ricerca formale nasce dalla necessità di uscire dalle anguste gabbie strutturali della composizione con il calcolatore per agire in una nuova possibilità' che si situò a metà tra le forme a-temporali (ripetitive) e le classiche forme-sviluppo, che si esauriscono con la saturazione delle possibilità combinatorie e variative dei materiali.

Una parte dei procedimenti usati mi è stata suggerita da quell'insieme di studi scientifici che vanno sotto il nome di "teoria delle catastrofi", un modello matematico che descrive le trasformazioni improvvise riscontrabili in natura, e applicabili dallo studio della materia al comportamento umano.

### A) MODELLO FORMALE GENERALE.

La dialettica interna ai materiali si esplica in una contrapposizione tra punti di accumulazione, momenti in cui la caratteristica di un parametro in una cellula sonora diventa preponderante e intorno ad essa si aggregano via via le altre, e punti di catastrofe, dove i legami strutturali che tenevano insieme il sistema cedono dando luogo a impreviste possibilità'.

Il rinnovo dei materiali avviene quindi alla luce di:

**luogo** (della partitura o del percorso mentale) dove si raggiunge lo stato critico di accumulazione o catastrofe.

**velocita' di cambiamento** (e' la percezione psicologica dei materiali che cambiano).

**direzione**: e' l'orientamento assunto dal materiale polarizzato, volgendosi verso un punto di accumulazione o catastrofe.

A seguito di cio' avremo tre tipologie di mutazione dei materiali:

**per ripetizione** - Non c'e' mutazione ma imitazione di un modello



FIG 1A

**per modulazione** - E' la trasmigrazione di un materiale verso l'altro, da una zona all'altra.

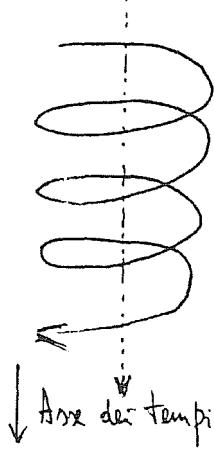


FIG 1B

**per accumulazione o catastrofe** - Il materiale e' confermato o ad esso se ne sostituisce un altro.

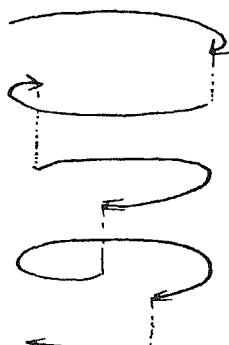


FIG 1C

b) LIVELLO ELEMENTARE.

**Controllo globale dei processi elementari : polarizzazione.**

E' l'orientamento che il materiale persegue (tendente ad un p.to di accumulazione o catastrofe) secondo la direzione del suo moto.

**La generazione degli eventi sonori : ripetizione e ricorsività.**

Definito un oggetto sonoro, si agisce sulla possibilità di ripetizione variata. La definizione di ricorsività e' applicata dall'interno a cellule sonore, simili a organismi viventi, e si riferisce alla capacità di scelta e di riproduzione o, alla sua possibilità di tendere verso un stato di quiete.

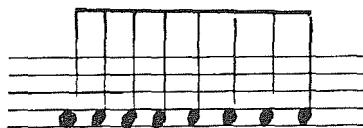


FIG 2A

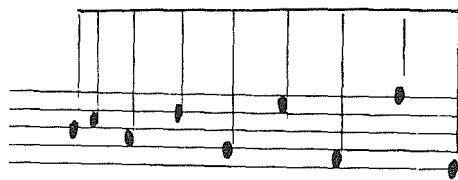


FIG 2B

c) APPROCCIO GLOBALE AL SISTEMA PIANOFORTE - STRUMENTO ELETTRONICO

A livello compositivo il pianista-pianoforte e il calcolatore-sintetizzatore formano un insieme, una struttura, in questo caso ricorsiva e a punti di catastrofe. C'e' la possibilita' che il sistema iteri se' stesso si trasformi secondo propri punti di rottura. La conseguenza dal punto di vista acustico e' che i due ambienti timbrici si integrino e le modificazioni apportate ad una parte di esso, creino riflessi anche sull'altra richiedendone una ristrutturazione.

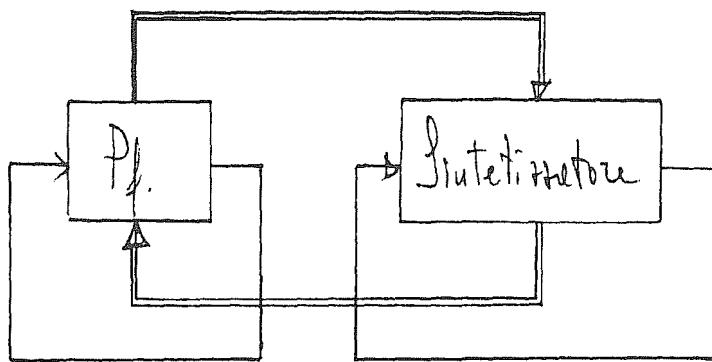


FIG 3

# APPROCCIO OBJECT-ORIENTED ALLA DESCRIZIONE INTEGRATA DI PROCESSI COMPOSITIVI SIA SONOLOGICI CHE SIMBOLICI

*BRUNO FAGARAZZI, CARLA SARAGGIOTTO  
C.S.C. - D.E.I. UNIVERSITÀ DI PADOVA*

La natura dei processi compositivi nella musica contemporanea risulta essere estremamente varia. Di conseguenza i modelli ed i relativi parametri usati dai compositori nel descrivere il proprio universo sonoro sono, volta per volta, frutto di scelte personali che non sempre trovano nella tradizione una codifica formale.

Pertanto, la dote primaria di un sistema di composizione e sintesi musicale deve essere la **versatilità**. Tale dote può, a nostro avviso, essere riassunta nei seguenti punti:

a) **omogeneità di trattamento di tutti gli eventi sonori.** Tutti gli eventi sonori costituenti il sistema devono poter essere trattati in maniera omogenea indipendentemente dalla loro:

- **natura:** il trattamento degli eventi sonori deve poter prescindere dalla loro natura, ad esempio se esiste la possibilità di acquisire dei suoni attraverso un campionatore, gli eventi ottenuti devono poter essere trattati allo stesso modo di altri eventi sonori creati all'interno del sistema con le tecniche previste

- **descrizione:** lo stesso evento deve poter essere descritto in più maniere diverse senza che per questo cambi il modo in cui viene trattato. Ad esempio, un evento dovrebbe esser trattato nella stessa maniera sia che venga preso singolarmente, sia quando è inserito in una sequenza di eventi

- **rappresentazione:** il sistema deve essere in grado di trattare allo stesso modo un evento musicale indipendentemente dal fatto che esso sia espresso in notazione classica (pentagramma) o descritto attraverso parametri fisici (ampiezza, frequenza etc.), psico-acustici (brillantezza, dinamicità etc), o relativi a determinati protocolli (MIDI, ADAGIO etc.)

- **modello di sintesi:** gli eventi trattati devono poter essere riprodotti attraverso qualsiasi strumento di sintesi

### b) **espandibilità del sistema.**

Deve sempre essere possibile arricchire il sistema, attraverso delle semplici operazioni, con l'inserimento di nuove strutture che lo rendano più rispondente alle personali esigenze di ogni singolo compositore.

### c) **archiviabilità del materiale sonoro realizzato.**

Lo scopo è di poter riprendere a distanza di tempo idee e realizzazioni precedenti per elaborarle sotto nuova luce, senza per questo dover ricostruire il processo compositivo o estrarlo da complessi programmi.

### d) **interfaccia utente.**

In relazione al rapporto con l'utenza il sistema deve essere:

- **altamente interattivo** per dare la possibilità all'utente di ascoltare e modificare, possibilmente in tempo reale, gli eventi sonori via via prodotti

- **easy and friendly** per evitare inutili sprechi di energie in macchinose operazioni di editing o di manipolazione di files

- **veloce** per permettere l'ascolto in tempo reale.

L'apparizione sulla scena delle tecniche di programmazione **object-oriented** (O.O.), di cui diamo un breve compendio in appendice, porta a considerare nuovi modi di realizzare la sintesi e la composizione assistita da elaboratore. Infatti in riferimento ai concetti appena descritti, tali tecniche portano ai seguenti vantaggi :

a) tutti gli elementi che compongono un sistema O.O. vengono considerati degli oggetti che possono venir trattati allo stesso modo indipendentemente dalle loro caratteristiche

b) i sistemi O.O. sono estremamente modulari e quindi facilmente ampliabili dall'utente attraverso l'introduzione di nuove classi

c) i sistemi O.O. non fanno distinzione tra memoria e procedure, ma ciascun oggetto racchiude in sè sia la parte di memoria che le procedure ad essa relative in maniera da formare un tutt'uno che può essere archiviato e riusato con la massima facilità

d) i sistemi O.O. sono altamente interattivi e di facile uso poiché pensati per un'utenza non specializzata.

Già una decina di anni fa Marvin Minsky, in una intervista con Curtis Roads [8], sosteneva che la composizione musicale consiste in una sorta di attivazione di numerosi "esperti", situati in diverse zone del cervello. Essi si occupano separatamente dei diversi aspetti del processo e collaborano spedendosi l'un l'altro dei messaggi che vincolano il loro rispettivo campo d'azione.

Questa considerazione incoraggia l'uso delle tecniche O.O., poiché la natura stessa di queste tecniche porta alla realizzazione di sistemi organizzati come comunità di entità separate (oggetti) che comunicano tra loro scambiandosi dei messaggi.

Come abbiamo visto, le esigenze precedentemente elencate, vengono intrinsecamente soddisfatte da un buon sistema O.O. di composizione e sintesi [7] che, allo stato attuale, fornisce anche la possibilità di essere implementato in un microelaboratore con i conseguenti vantaggi di portabilità e compatibilità con altri sistemi. Infatti, per l'implementazione del nostro sistema abbiamo usato il linguaggio Smalltalk/V, che è una versione per Personal Computer di Smalltalk-80 [2].

## IMPLEMENTAZIONE DEL SISTEMA

A nostro avviso il concetto centrale su cui si basa lo sforzo compositivo è quello di **variazione**. Infatti questo concetto comprende tutte quelle operazioni quali compressio-

ne, espansione e trasposizione di tipo sia figurale che temporale, costituenti i vari stadi del processo compositivo.

In più c'è bisogno di una **gerarchia funzionale** [1] in cui inquadrare le strutture generate. Tale gerarchia deve possedere la **massima flessibilità** per poter rispettare tutte le interazioni che si verificano nel corso dell'evoluzione temporale dei diversi oggetti sonori che la compongono e proprio questa è la qualità più difficile da ottenere all'interno di un ambiente O.O.

Infatti, i principali sistemi O.O. di aiuto alla composizione creati fino ad ora [3,6,9,10], sfruttano per la manipolazione degli oggetti le gerarchie messe a disposizione dall'ambiente di programmazione; ma poiché in nessun linguaggio O.O. di ragionevole semplicità, un oggetto può ereditare da più di una classe, gli oggetti derivati da altri oggetti, tramite le previste manipolazioni, costituiscono sempre una sottoclasse degli oggetti da cui derivano.

Ad esempio la trasposizione in altezza di un oggetto costituito da una determinata figura, produce un altro oggetto che è istanza di una sottoclasse di quella a cui apparteneva l'oggetto di partenza. Ora se noi volessimo operare un'altra trasposizione su quest'ultimo oggetto, essa non sarà possibile a meno che non esista una ulteriore sottoclasse dedicata alla trasposizione nella sottoclasse relativa all' oggetto traspusto. Questo meccanismo per poter funzionare sempre dovrebbe quindi prevedere una gerarchia infinitamente estesa.

Ciò ovviamente non succede nei sistemi citati dove ogni trasformazione provoca un irreversibile cambio di livello gerarchico con conseguente impossibilità di trattamento unitario di tutti gli oggetti componenti il sistema, contravvenendo al succitato principio della omogeneità di trattamento.

Alla luce di questa analisi, la nostra scelta è stata di operare qualsiasi manipolazione sugli oggetti costituenti il sistema, spedendo dei messaggi agli oggetti primari. Tali messaggi provocano l'esecuzione di metodi che operano la trasformazione dell'oggetto primario in un oggetto derivato con differenti caratteristiche ma appartenente sempre alla stessa classe e quindi con la stessa interfaccia col resto del sistema.

Dove invece la gerarchia O.O. si rivela vincente è nella gestione della molteplicità di rappresentazione degli eventi sonori generati [4,5].

Infatti, un'altra grossa difficoltà che incontra chi voglia implementare all'elaboratore un sistema intelligente di aiuto alla composizione è nella scelta dello spazio parametrico da adottare per la rappresentazione delle diverse strutture musicali volta per volta generate.

Possiamo immaginare che tutti gli spazi parametrici che è possibile usare costituiscono uno spettro continuo che va da notazioni di tipo simbolico (pentagramma), a descrizioni prettamente fisiche che fanno uso di grandezze di tipo sonologico.

Inoltre, come prima affermato, per ragioni di flessibilità il compositore dovrebbe avere la possibilità di operare su qualsiasi spazio timbrico egli scelga di usare anche in relazione ai previsti strumenti di sintesi.

A nostro parere, si può soddisfare a queste esigenze costruendo un modello basato su un **sintetizzatore virtuale** che si ponga ad un livello di astrazione tale per cui, in base alle sue caratteristiche, sia possibile scrivere delle partiture virtuali che possano poi essere rappresentate in qualsivoglia spazio parametrico ed interpretate da qualsiasi strumento di sintesi, purché le diverse descrizioni siano presenti nel sistema come sottoclassi di quella costituita dal sintetizzatore virtuale.

Gli oggetti che costituiscono il nucleo fondamentale del sistema da noi progettato sono di due tipi, **eventi virtuali** e **processi**. Abbiamo scelto di rappresentare tali oggetti mediante sequenze di numeri variamente specializzati. Tali sequenze costituiscono strutture aventi le caratteristiche di array dinamici che in Smalltalk/V sono istanze della classe **OrderedCollection**.

La classe degli eventi virtuali e dei processi è una sottoclasse di **OrderedCollection**, che abbiamo chiamato **MusEvent**.

Altre classi, che abbiamo usato per le diverse applicazioni, ed alle quali abbiamo aggiunto nuovi metodi dove ciò si rivelava necessario, sono: **Number** e **Integer** (per gestire i valori numerici), **Stream** (per rappresentare l'output del sistema), **String**, **Dictionary**, **Inspector** (per ottenere una visione degli eventi e processi creati). Abbiamo inoltre introdotto la classe **Window**, per gestire finestre di testo con le quali il sistema comunica con l'utente attraverso dei menu, e finestre per la rappresentazione grafica degli oggetti creati, la classe **MIDIevent**, che specializza gli eventi virtuali nella tecnica di sintesi basata sul sintetizzatore MIDI e **ADAGIOevent**, che fa un'operazione analoga per quanto riguarda il linguaggio di sintesi ADAGIO.

#### ESEMPIO D'USO DEL SISTEMA

Uno dei concetti più originali alla base del nostro sistema, è quello della **distinzione tra processo ed evento virtuale**. Entrambi questi oggetti appartengono alla classe **MusEvent**, ma sono oggetti diversi; il primo non è un evento virtuale, ma, seguendo un opportuno algoritmo è capace di generarne uno. Sono eventi virtuali tutti quegli oggetti che vengono creati seguendo una qualunque delle tecniche previste dal sistema, tra cui la generazione mediante processo.

Uno degli algoritmi che noi usiamo, è il Volo di Levy [1]: il processo che lo esegue contiene, nel vettore dinamico che lo rappresenta, un elenco di parametri che verranno forniti all'algoritmo durante la generazione. Un processo potrebbe essere, per esempio: (4 1.4 1 10 0 5 1 4 10 90), dove il primo parametro impone la dimensione delle unità timbriche costituenti l'evento virtuale risultante, il secondo e il terzo sono parametri tipici di questo particolare algoritmo, il quarto determina la dimensione finale dell'evento, e gli altri impongono particolari limiti ai suoi parametri timbrici.

Il processo viene ottenuto in questo modo:

- scelta dell'opzione **PROCESS CREATION** sul menu: l'azione derivata è **MusEvent new createProcess** (invio del messaggio **createProcess** ad un'istanza della classe **MusEvent**).

- il metodo **createProcess** chiama il metodo **process**, che chiede all'utente di quale processo di generazione vuole fare uso.

Se l'utente sceglie il Volo di Levy:

- il metodo **process** chiama il metodo **levySet**: ha così luogo la creazione di un processo relativo all'algoritmo di generazione scelto.

L'esecuzione dell'algoritmo associato al processo porta alla generazione del seguente evento virtuale:

8	Questo evento è costituito
0 3 90 4	da 8 unità timbriche.
1 3 69 2	Ciascuna unità è formata

1 3 31 3 da 4 parametri, che, in  
 2 3 32 1 ordine, indicano:  
 3 4 27 5 TEMPO D'INIZIO, DURATA  
 4 3 22 7 FREQUENZA, VOCE. I tempi  
 5 1 45 8 sono espressi in sec/100,  
 7 1 10 7 le frequenze in tasto MIDI.

L'esecuzione dell'algoritmo avviene scegliendo l'opzione PROCESS EXECUTION sul menu. Tale opzione provoca l'azione: **MusEvent new preExecute**, nella quale viene chiesto di dare il nome del processo che si vuole eseguire. Successivamente si ha l'invio del messaggio **execute**, che avvia la normalizzazione dei parametri calcolati dall'algoritmo. La funzione di normalizzazione viene scelta dall'utente tra un certo numero di funzioni disponibili o creata per punti dall'utente stesso.

Proviamo ora a cambiare il valore di uno dei campi del processo, per esempio il terzo: (4 1.4 47433 10 0 5 1 4 10 90). L'evento virtuale ottenuto sarà ora:

4 Questo evento è costituito da 4 unità timbriche.  
 2 1 10 8 L'ordine dei parametri,  
 2 4 42 3 ed il loro valore, è  
 2 4 90 4 analogo al caso precedente.  
 6 4 68 1

Come si può vedere, l'evento virtuale generato da un processo cambia se nel processo viene variato anche un solo parametro. Se poi il cambiamento coinvolge più di un parametro, per esempio sia (4 3.14 17135 10 0 5 1 4 10 90), il risultato è:

4  
 0 1 10 6  
 0 1 90 1  
 4 1 88 2  
 6 4 45 8

Il cambiamento dei parametri del processo avviene scegliendo l'opzione CHANGE PARAMETERS sul menu; tale opzione provoca l'esecuzione dell'operazione: **MusEvent new changeMusEvent**.

Nel corso di tale operazione viene chiesto all'utente il nome dell'oggetto da manipolare attraverso il metodo **changeProcess**.

Per favorire il cambiamento, il processo viene visualizzato e l'utente può eseguire operazioni di editing su di esso.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] FAGARAZZI,B. 1988. "Self-similar Hierarchical Processes for Formal and Timbral Control in Composition", Interface 17(1):45-61.
- [2] GOLDBERG,A. and ROBSON,D. 1983. Smalltalk-80: The Language and Its Implementation. Reading, Massachusetts: Addison Wesley
- [3] KRASNER,G. 1980. "Machine Tongues VIII: The Design of aSmalltalk Music

System", Computer Music Journal, 4(4): 4-14.

[4] LIEBERMAN,H. 1982. "Machine Tongues IX: Object-orientate Programming", Computer Music Journal, 6(3): 8-21.

[5] MINSKY,M. 1981. "Music, Mind, and Meaning", Computer Music Journal, 5(3): 8-44.

[6] POPE,S.T. 1987. "A Smalltalk-80 Based Music Toolkit", 1987 ICMC Proceedings: 166-173.

[7] POPE,S.T. 1989. "Machine Tongues XI: Object-Oriented Software Design", Computer Music Journal, 13(2): 9-22.

[8] ROADS,C. 1980. "Interview with Marvin Minsky", Computer Music Journal, 4(3): 25-39.

[9] RODET,X and COINTE,P. 1984. "FORMES: Composition and Scheduling of Processes", Computer Music Journal, 8(3):32-48

[10]SCALETTI,C. and JOHNSON,R.E. 1988. "An Interactive Environment for Object-oriented Music Composition and Sound Synthesis", OOPSLA'88 Proceedings: 222-233.

#### APPENDICE: RICHIAMI SULLA OBJECT-ORIENTED PROGRAMMING (O.O.P.)

Le tecniche O.O. si basano sui seguenti concetti:

1) **oggetto**: è qualunque entità che opera all'interno dell'ambiente di programmazione. Un oggetto può essere visto come un nucleo autonomo di informazioni, formato da una zona privata di memoria, nella quale sono contenuti un insieme di dati e un set di procedure che li manipolano.

2) **messaggio**: a ciascuna procedura è associato un messaggio che, inviato all'oggetto, gli consente di eseguire la procedura stessa. Tali messaggi costituiscono il protocollo mediante il quale l'oggetto comunica col resto del sistema, cioè **la sua interfaccia con l'esterno**, poiché essi costituiscono l'unica via che il sistema può seguire per effettuare azioni sull'oggetto.

3) **metodo**: è il termine con cui viene chiamata ciascuna delle suddette procedure.

4) **incapsulazione**: è quel concetto secondo il quale ogni oggetto è una entità "chiusa", che ha accesso ai propri dati e li può elaborare, e che comunica con l'esterno attraverso messaggi.

5) **classe**: è un raggruppamento di oggetti, adatto a contenere e descrivere un insieme di caratteristiche condiviso da tali oggetti. Ogni oggetto è detto **istanza** della classe. Tutte le istanze di una classe hanno in comune la zona privata di memoria, con i dati e i metodi in essa contenuti.

6) **ereditarietà**: è quel concetto seguendo il quale nel sistema è stata costruita una gerarchia di classi, costituente una piramide che, dal vertice alla base, contiene classi con caratteristiche sempre meno generali. Ogni classe della piramide, escluso il vertice, è sottoclasse di una classe ad un livello gerarchico più elevato; tutte le istanze della sottoclasse ereditano la zona privata di memoria appartenente alle istanze della classe superiore.

Riassumendo, potremmo dire che un sistema O.O. è costituito da **istanze di classi** chiamate **oggetti**, che interagiscono spedendo dei **messaggi** che provocano l'esecuzione di **metodi**. Programmare in tale sistema consiste nell'introdurre nuove classi, come sottoclassi di quelle già esistenti, e specificare i dati e i metodi relativi alle loro istanze.

# UNO STRUMENTO DIDATTICO PER LA MUSICA INFORMATICA: IL QUESTIONARIO

*ROBERTO DOATI, C.S.C. UNIVERSITÀ DI PADOVA*

*MARCO STROPPO, IRCAM PARIGI*

*ALVISE VIDOLIN, CONSERVATORIO "B. MARCELLO" DI VENEZIA*

## RIASSUNTO

Nell' accedere ai corsi di musica informatica generalmente gli aspiranti non possiedono una preparazione omogenea nei diversi campi di conoscenza che per sua natura questa nuova disciplina musicale comprende. A tutt' oggi si riscontra infatti una assoluta mancanza di corsi di base che preparino adeguatamente i musicisti intenzionati a specializzarsi in questo settore. Ma per rendere più efficace la didattica è indispensabile per il docente conoscere fin dall'inizio il livello di preparazione e le lacune di chi si appresta allo studio. A tale scopo si è messo a punto un questionario bilingue di duecento domande che consente di avere, in un tempo relativamente breve, un quadro abbastanza approfondito della preparazione dell'allievo. Si presenteranno quindi i criteri di redazione del questionario distinguendo gli argomenti e sottoargomenti in esso compresi, dalla metodologia seguita. Particolare attenzione è stata rivolta al metodo di valutazione delle risposte date al fine di ottenere più livelli di interpretazione dei risultati. Verranno infine illustrati esempi di applicazione in contesti e con obiettivi differenti: dalla valutazione degli iscritti a un corso intensivo, alla verifica di fine anno per il corso di Musica Elettronica del Conservatorio.

## INTRODUZIONE

Nonostante la massiccia introduzione dell'informatica, con i propri mezzi e concetti a tutti i livelli della società (organizzazione industriale, mondo economico, dimensione

personale), la conoscenza necessaria per sfruttare a pieno le potenzialità del nuovo mezzo è patrimonio comune di poche persone.

In particolare anche nell'attività musicale si riscontra la stessa situazione: la più grande parte del mercato degli strumenti musicali è costituita da tastiere e apparecchiature digitali che non richiedono particolari conoscenze informatiche per la loro utilizzazione. Ciò comporta tuttavia un uso altamente riduttivo di quelle che sarebbero le reali potenzialità dello strumento. Tale limitazione è dovuta esclusivamente a scelte di mercato che l'industria attua per perseguire soprattutto obiettivi economici piuttosto che il progresso del linguaggio musicale.

Dall'altro lato vi sono persone che, acquisito nel corso di questi anni un qualificato know how, hanno rivolto la propria attenzione all'utilizzazione del mezzo informatico non preoccupandosi tanto della riduzione dei costi di produzione della musica, quanto della qualità del risultato musicale. Si tratta cioè di rendere realizzabile un pensiero musicale che non trova nei mezzi tradizionali una possibilità di attuazione.

#### I PROBLEMI DELLA DIDATTICA

Il mondo della musica informatica trae le sue origini dall'incontro di differenti discipline: musica, informatica, fisica acustica, matematica, logica, psicologia. E' quindi difficile pensare a una formazione lontana da quei pochi centri che garantiscono la presenza delle varie competenze dando vita a un ambiente di lavoro interdisciplinare. Proprio a causa di questa sua natura non è dato, a quanti vogliono avvicinarsi in modo professionale alla musica informatica, l'accesso a corsi specialistici e completi. Le istituzioni pubbliche preposte non hanno certo dimostrato interesse a soddisfare questo tipo di domanda, nonostante l'Italia sia uno dei pochi paesi europei che possa vantare, già dalla metà degli anni '60, un gran numero di cattedre di musica elettronica presso i Conservatori Statali. Inoltre tali corsi, fino al 1985 di durata triennale, sono stati ridotti a frequenza annuale, per i soli allievi interni e pertanto svuotati da ogni potenzialità formativa. Per soppiare quindi alle lacune didattiche istituzionali, si assiste oggi a un proliferare di corsi e seminari che per la loro breve durata non possono aver l'ambizione di fornire una formazione adeguata e approfondita, pur restando l'unica fonte, e spesso qualificata, di diffusione della cultura musicale informatica.

Un'ulteriore difficoltà nella programmazione didattica risiede nell'eterogeneità delle conoscenze di base presentate dagli iscritti, per cui occorre tenere presente le lacune, spesso gravi, che ognuno di essi manifesta.

La vasta esperienza didattica di chi scrive suggerisce quanto sia difficile stabilire a priori il programma di studi senza avere una diretta conoscenza della preparazione dei singoli allievi. Si è pensato pertanto di approntare uno strumento adeguato a tale scopo evitando il ricorso a lunghi, talvolta ambigui e logisticamente poco pratici colloqui, oppure ai metodi tradizionali, quali presentazione del curriculum studi, troppo generico, analisi di partiture che in genere si riferiscono solo a strumenti tradizionali, svolgimento di un compito il cui soggetto non può che essere parziale. Un test attitudinale generale in forma di questionario è stata pertanto la scelta effettuata da chi scrive in ragione delle sue caratteristiche di adattabilità alla complessità dei comportamenti, non ambiguità del risultato ed economicità. Inoltre il questionario, per la semplicità della misurazione dei risultati, consente un confronto spesso utile da un caso all'altro.

## DESCRIZIONE DEL QUESTIONARIO

Come si diceva in precedenza, la musica informatica è una disciplina le cui basi teoriche trovano origine in vari settori della scienza, della tecnologia e della musica. All'interno di essa, vi sono inoltre varie tendenze musicali o differenti filoni di ricerca scientifica che rendono molto vasto e soprattutto dinamico il campo di conoscenza. Nella definizione degli argomenti da inserire nel questionario, si è dovuta pertanto attuare una selezione che ci ha portato a privilegiare la verifica delle capacità analitiche del soggetto e delle sue competenze nel campo della sintesi digitale dei suoni e delle teorie acustiche e perceptive ad esso correlate.

Argomento	codice	n. di domande	punteggio
QUESTIONARIO		200	663
FISICA	F	58	159
- Unità di misura	FU	38	98
- Rappresentazione	FR	14	40
- Acustica	FA	6	21
PSICOACUSTICA	P	22	75
- Banda critica	PB	12	38
- Fisiologia	PF	5	18
- Soglie differenziali	PS	5	19
ELABORAZIONE NUMERICA			
DEI SEGNALI (DSP)	D	17	60
- Campionamento	DC	4	13
- Fourier	DF	11	39
- Varie	DV	2	8
COMPUTER MUSIC	C	24	95
- Varie	CV	5	21
- Sintesi	CS	11	45
- Filtri	CF	8	29
MATEMATICA	MM	34	110
INFORMATICA	I	34	122
- Varie	IV	12	47
- Software	IS	10	30
- Hardware	IH	5	21
- Linguaggi	IL	7	24
STORIA	ST	11	42

TABELLA 1.

Inoltre si è partiti dall'ipotesi che il soggetto sia una persona musicalmente preparata, in senso tradizionale, e che sia interessato all'utilizzazione dell'elaboratore per esprimere le proprie idee musicali.

Per la costruzione del questionario si è innanzitutto stabilita una divisione riguardo i suoi contenuti in argomenti e sottoargomenti che usualmente non fanno parte della educazione musicale tradizionale ma la cui conoscenza risulta necessaria per la musica informatica. Se è possibile fare un raffronto con il grado di istruzione della scuola pubblica, si può affermare che il livello degli argomenti trattati è non inferiore a quello della scuola secondaria superiore.

In tabella 1 è riportata la suddivisione adottata indicando per ogni argomento e sottoargomento il codice simbolico, il numero di domande e il punteggio relativi, per un totale di 200 domande.

Nella formulazione delle domande, molte delle quali corredate da rappresentazioni grafiche, si è deciso di presentare quattro risposte diverse (di cui una sola giusta) fra le quali l'esaminando deve scegliere quella ritenuta corretta. Naturalmente si è evitato di proporre test nozionistici e questo ha richiesto una precisa scelta metodologica finalizzata a verificare l'acquisizione di un concetto attraverso un numero limitato di domande spesso "incrociate". Il coordinamento della valutazione delle conoscenze è infatti garantito dalla definizione di più domande sullo stesso argomento presentate in forma diversa; mentre l'approfondimento viene assicurato dalla formulazione di domande a gradi di difficoltà crescenti sullo stesso argomento.

L'utilizzazione di termini linguistici e rappresentazioni grafiche propri della musica informatica, fa emergere immediatamente il grado di confidenza del candidato con la disciplina.

In tabella 2 è riportato un esempio di domande incrociate per valutare la conoscenza del rapporto numerico dell'intervallo musicale d'ottava.

---

Data una frequenza di 100 Hz, il suono all'ottava superiore ha una frequenza di

- [A] 50 Hz
- [B] 200 Hz
- [C] 100 Hz
- [D] 1000 Hz

Dato un periodo di 10 millisecondi il suono all'ottava superiore ha un periodo di

- [A] 1 ms
- [B] 5 ms
- [C] 100 ms
- [D] 20 ms

Dato un periodo di 10 millisecondi il suono all'ottava inferiore ha un periodo di

- [A] 20 ms
- [B] 5 ms
- [C] 1 ms
- [D] 100 ms

Dato un periodo di 100 millisecondi i periodi dei tre suoni alle tre ottave superiori sono

- [A] 200 - 400 - 800 ms
- [B] 90 - 80 - 70 ms
- [C] 50 - 25 - 12.5 ms
- [D] 10 - 1 - .1 ms

Data una frequenza di 1000 Hz, le frequenze dei tre suoni alle tre ottave inferiori sono

- [A] 800 - 600 - 400 Hz
- [B] 500 - 400 - 300 Hz
- [C] 900 - 800 - 700 Hz
- [D] 500 - 250 - 125 Hz

---

*TABELLA 2*

In tabella 3 sono riportate, in ordine di difficoltà crescente, alcune delle domande che intendono valutare la conoscenza che l'esaminando ha del rapporto fra intensità sonora e intensità soggettiva. Mentre le prime due domande richiedono una risposta relativa alla definizione generale di unità di misura, le successive impegnano il candidato ad una riflessione che va da una valutazione intuitiva delle curve isophoniche ad una più impegnativa per la definizione quantitativa richiesta. Questo tipo di organizzazione con domande a più livelli consente quindi di valutare sia il soggetto più preparato sia chi possiede solo una conoscenza generica dell'argomento.

---

L'unità di misura relativa dell'intensità sonora è

- [A] dB
- [B] phon
- [C] Hz
- [D] sone

L'unità di misura assoluta dell'intensità soggettiva è

- [A] newton
- [B] dB
- [C] phon
- [D] bar

Affinché un suono sinusoidale di 100 Hz abbia la stessa intensità soggettiva di un suono sinusoidale di 1000 Hz a 50 dB, la sua ampiezza deve essere

- [A] diminuita
- [B] aumentata
- [C] mantenuta uguale
- [D] non c'è correlazione

Un suono sinusoidale di 70 Hz e 70 phon ha un'ampiezza di 80 dB. L'ampiezza di un suono sinusoidale di 1000 Hz e 70 phon è

- [A] 60 dB
- [B] 80 dB
- [C] 50 dB
- [D] 70 dB

Un suono sinusoidale di 70 Hz e 70 phon ha un'ampiezza di 80 dB. L'ampiezza di un suono sinusoidale di 40 Hz e 70 phon è

- [A] 80 dB
- [B] 83 dB
- [C] 50 dB
- [D] 60 dB

---

*TABELLA 3.*

L'ordine per argomenti seguito per la stesura delle duecento domande, indicato in tabella 1, viene naturalmente sostituito per l'esame da una successione aleatoria delle stesse, con lo scopo di valutare inoltre la capacità dell'esaminando di passare da un argomento all'altro in modo flessibile. Anche le quattro risposte possibili sono permutate aleatoriamente in modo da poter avere una collocazione sempre diversa di quella corretta. Grazie a questa tecnica, realizzata automaticamente mediante elaboratore, sarà possibile ottenere diverse versioni dello stesso questionario. Le stesse domande che costituiscono il questionario possono essere quindi utilizzate non solo per un gran numero di persone in un'unica sessione di valutazione ma anche in più occasioni senza incorrere nel pericolo di facili ricostruzioni mnemoniche.

#### METODO DI VALUTAZIONE

I criteri di valutazione adottati consentono di ricavare informazioni a più livelli circa la preparazione del candidato. Innanzitutto viene considerato il rapporto fra le risposte date e quelle omesse. Viene valutata poi la relazione fra le risposte corrette e quelle sbagliate; da ciò è possibile ricavare anche un'indicazione circa il grado di consapevolezza del candidato sulla propria preparazione.

La parte più importante della valutazione risiede nella scelta di conferire punteggi diversi in funzione della difficoltà della domanda. In fase di correzione ogni punteggio viene sommato in caso di risposta corretta, sottratto se sbagliata e non considerato se mancante. Questo metodo di somma algebrica con punteggi negativi deriva dal Subject Test che i laureati negli U.S.A. devono sostenere per passare al livello Graduate e che è stato sostenuto da uno degli autori. Seguendo tale tecnica verranno facilmente scoperti i candidati che si affidano al caso o che amano rischiare inutilmente in quanto il loro punteggio globale risulterà facilmente negativo. La somma dei punteggi è articolata in tre livelli: valore globale, per argomento, per sottoargomento. I valori massimi relativi sono indicati in tabella 1.

Per agevolare la correzione del questionario si è messo a punto un foglio di risposta sul quale il candidato annerisce a penna una delle quattro caselle a disposizione per

ciascuna domanda, a sua volta numerata con ordine progressivo. In questo modo il valutatore non è costretto a leggere i numerosi fogli che costituiscono il questionario ma può avere sott'occhio l'intero complesso delle risposte in un solo foglio. L'altro supporto utile per l'esaminatore è il foglio di valutazione che viene prodotto insieme all'ordinamento aleatorio delle domande.

In tabella 4 è visibile una riproduzione parziale di un foglio di valutazione. Per ogni riga sono indicati (da sinistra a destra) il numero d'ordine della domanda, la lettera corrispondente alla risposta corretta, il punteggio relativo posizionato nella colonna indicante l'argomento e il suo sottoargomento, abbreviati con il codice simbolico di due caratteri (si veda tabella 1). Si sottolinea inoltre come tale meccanismo di valutazione risulti molto semplice sul piano operativo, e favorisca anche una autovalutazione quando le condizioni lo consentano.

---

#### FOGLIO DI VALUTAZIONE

	FU	FR	FA	PB	PF	PS	DC	DF	DV	CV	CS	CF	MM	IV	IS	IH	IL	ST
<1>	B														3			
<2>	C															4		
<3>	C		5															
<4>	C		3															
<5>	D						3											
<6>	C													4				
<7>	B												3					
<8>	A														4			
<9>	D					4												
<10>	B							2										

---

TABELLA 4.

#### ESEMPI DI APPLICAZIONE

Il questionario che qui si presenta è stato elaborato in occasione dello svolgimento di corsi di perfezionamento in composizione informatica ed è stato redatto in due versioni: una in lingua italiana e l'altra in inglese. La sua risoluzione è stata svolta in sede di corso come prova preliminare, non con l'obiettivo di effettuare una selezione (dal momento che mancano termini di confronto), ma semplicemente per dare ai docenti la possibilità di adattare il livello di spiegazione a quello dei partecipanti. Una seconda applicazione è stata attuata, con obiettivo analogo, per corrispondenza. Mentre nel primo caso il tempo di svolgimento concesso era determinato (tre ore), in quest'ultimo caso il candidato non aveva limiti temporali e di consultazione di testi. Va comunque rilevato come la strutturazione delle domande sia tale da limitare al minimo gli effetti delle agevolazioni consentite. Naturalmente la scelta delle modalità di compilazione deve essere coerente per tutti i candidati.

Con finalità più ampie, il questionario è stato utilizzato come strumento didattico sia per l'ammissione che per la verifica degli iscritti al corso di Musica Elettronica presso il Conservatorio "B. Marcello" di Venezia. Se da un lato infatti il docente trae vantaggio dalla conoscenza della preparazione degli allievi all'inizio del corso, dall'altro può verificare il lavoro svolto individuando eventuali lacune sia nel proprio programma che del singolo allievo. Va sottolineato che l'uso in ambito scolastico istituzionale conferisce un peso valutativo che potrebbe diventare un parametro di riferimento generale sia per l'ammissione che per la valutazione di fine corso.

Come abbiamo visto il punteggio del questionario è un valore assoluto in una scala che va da -663 a + 663. Andrà quindi considerato il fatto che essendo uso in un ambito scolastico quale il Conservatorio dare una valutazione in decimi, i valori risultanti dovranno essere convertiti di scala, ma soprattutto interpretati. Il valore massimo dovrà infatti essere scelto dall'esaminatore in funzione, a priori della preparazione richiesta agli allievi, oppure a posteriori del valore massimo raggiunto dal miglior candidato.

#### CONCLUSIONI

Dall'applicazione del questionario descritto in diversi contesti su un campione di sessanta persone circa, si è in grado di affermare che la valutazione ottenuta con questo metodo di indagine corrisponde alla effettiva preparazione del candidato. Come crediamo sia chiaro il questionario non misura né intelligenza né capacità intellettiva, ma abilità analitiche e quantitative, conoscenze e comprensione delle discipline che costituiscono la musica informatica. Non essendo gli autori esperti nel campo della psicologia sociale, ma profondamente interessati alla didattica musicale, saranno bene accolti suggerimenti e critiche da specialisti e da quanti vorranno applicare il questionario che verrà inviato su richiesta. Infine si ringraziano i colleghi Giovanni De Poli, Emmanuel Favreau, Steve McAdams, Sylviane Sapir, Graziano Tisato che con pazienza e professionalità si sono sottoposti fra i primi al test fornendo utili suggerimenti per la redazione del questionario.

# UN CATALOGO TEMATICO SU PERSONAL COMPUTER

*SEBASTIANO MIDOLO  
VIA TRIESTE, 6/D  
10099 SAN MAURO (TO)  
TEL. 011/822 68 21*

## INTRODUZIONE

Il catalogo tematico e' universalmente riconosciuto come uno degli strumenti fondamentali della ricerca musicologica. In esso i dati bibliografici su ogni composizione sono affiancati dai relativi incipit musicali: elementi importantissimi per l'identificazione di un'opera (1), ben di rado, pero', utilizzabili come chiavi di ricerca. Per ovviare a questo limite e' infatti necessario che gli incipiti siano organizzati secondo criteri ben precisi, come avviene per un qualunque indice alfabetico; con la differenza che, nel caso specifico, tali criteri sono tutt'altro che risaputi. Proprio per questa ragione il repertorio di temi musicali, concepito ora come opera autonoma (2) ora come appendice (3) o supporto esterno a un dato catalogo (4), non ha ottenuto il successo che la sua potenziale utilita' avrebbe dovuto garantire.

## LA COMPILAZIONE DI UN INDICE TEMATICO

Di fronte a un motivo musicale non e' facile determinare univocamente che cosa debba essere oggetto di indicizzazione, in che modo sia conveniente costruire tale oggetto e infine quali siano i sistemi migliori per l'ordinamento dell'indice. In altri termini, si tratta di selezionare gli elementi utili alla "catalogazione" di un tema, procedere alla codifica di tali elementi e infine disporli nell'indice secondo un certo ordine. A tali problemi, purtroppo, non esistono soluzioni concordemente accettate. I sistemi di codifica musicale nati nell'intento di offrire un'alternativa globale alla notazione su

pentagramma (5) non si adattano facilmente alle esigenze di semplificazione proprie di un indice, nel quale e' importante realizzare, partendo dalla forma originaria del motivo, una stringa di caratteri leggibile dall'uomo che sintetizzi le caratteristiche del motivo stesso, trascurandone inevitabilmente numerosi aspetti, per esempio quello ritmico. Il lavoro di transcodifica si differenzia da un sistema all'altro sotto vari punti di vista, a cominciare dai simboli utilizzati per trascrivere le note (A-B-C-D-E-F-G, oppure DO-RE-MI etc., o anche le cifre da 1 a 7 per indicare i gradi della scala diatonica). In molti indici tematici si preferisce ignorare elementi quali l'altezza assoluta dell'ottava, le note ribattute, gli abbellimenti, le pause; quando cio' non avviene, il conseguente aumento dei simboli necessari alla codifica rende piu' difficile l'ordinamento, e dunque l'utilizzo, dell'indice stesso.

#### IL PROBLEMA DELLA TRASPOSIZIONE

A questi problemi di natura per cosi' dire tipografica si aggiunge quello strettamente musicale della trasposizione: in un indice tematico non e' pensabile che due profili melodici identici, posti pero' su gradi diversi della scala, non siano accessibili attraverso un'identica chiave di ricerca; il problema viene in genere risolto trasportando tutti i motivi in una tonalita' comune (do maggiore-do minore; do maggiore-la minore), oppure facendoli iniziare da una stessa nota. In un'ipotetica ricerca di sottostringhe (cioe' di frammenti melodici interni), possibile se l'indice viene trasferito sul calcolatore, nessuno dei due sistemi si rivela pienamente affidabile. Nel primo caso (figura A) le eventuali coincidenze di incisi interni sono riscontrabili solo se tali incisi vengono interpretati armonicamente nello stesso senso in cui e' stato interpretato il tema al momento della codifica; nel secondo caso (figura B) e' indispensabile conoscere addirittura la prima nota del tema completo (6).

20. Air

Largo  
senza rip.

The musical score consists of four systems of music. Each system has six staves, one for each instrument: Violino I, Violino II, Viola, Alto, Fagotto, and Violoncello/Violas/Cembalo. The first system starts with a dynamic of  $f$ . The second system starts with a dynamic of  $p$ . The third system starts with a dynamic of  $p$ . The fourth system starts with a dynamic of  $p$ . The instruments play different melodic lines in various keys and dynamics.

esempio 1: Georg Friedrich Händel, *Messiah*, Aria n. 20 ("He was despised"), battute 1-4

esempio 2: Franz Schubert, *Sonata in si bemolle maggiore per pianoforte D 960*, 2.  
movimento (Andante sostenuto), battute 43-46



Händel: sol-do-si-mi-re [...] mi-fa-mi-re- mi-do-si-do  
Schubert: do-do-re-mi-re-do mi-fa-mi-re-fa-mi-do-si

*FIGURA A: TEMI TRASPORTATI IN DO MAGGIORE*

Händel: do-fa-mi-la-sol [...] la-sib-la-sol-la-fa-mi-fa  
Schubert: do-do-re-mi-re-do mi-fa -mi-re -fa-mi-do-si

*FIGURA B: TEMI TRASPORTATI A PARTIRE DALLA NOTA DO*

#### IL CATALOGO-INDICE SU PERSONAL COMPUTER

Senza voler esprimere un giudizio qualitativo sui singoli sistemi, si deve pero' rilevare che, se il prodotto finale e' offerto all'utente sotto forma di catalogo cartaceo, e' preferibile ridurre al minimo la quantita' di dati da includere nell'indice, privilegiando la facilita' di utilizzo del repertorio: per accedere a un motivo e' infatti necessario compiere determinate operazioni di codifica che, oltre a presupporre un certo grado di competenza musicale, costringono l'utente ad adattarsi alle convenzioni spesso assai diverse dei singoli repertori. Del resto le variabili in gioco sono cosi' numerose che e' difficile pretendere l'uniformita' di impostazione in lavori nati in momenti e con presupposti diversi. Per superare i limiti di un indice cartaceo, delineati nelle pagine precedenti, e' indispensabile ricorrere al calcolatore. Il lavoro qui presentato e' un sistema basato su personal computer che permette di localizzare un qualunque frammento melodico o ritmico prescindendo non solo dalla tonalita' originale ma anche dai valori usati nella notazione su pentagramma; e questo senza costringere l'utente a effettuare "manualmente" il lavoro di codifica: la linea melodica viene infatti introdotta tramite tastiera musicale,

mentre per il ritmo ci si avvale di un sistema alfanumerico di uso semplice. Teoricamente e' possibile trasferire nella macchina tutto il contenuto di un catalogo tematico, anche se appare piu' sensato riportare nella base dati solo gli elementi necessari a identificare una certa opera senza ambiguita'. Il programma e' disponibile in due versioni: la piu' completa permette la creazione di nuovi archivi e richiede una certa dose di competenza musicale; la seconda, destinata all'utente finale, consente solo la lettura dei dati. E' previsto l'uso di una tastiera MIDI e della relativa interfaccia.

#### PROGETTAZIONE DEGLI ARCHIVI

Come in altri programmi di gestione dati, e' necessario predisporre la struttura interna degli archivi, definendo una lista di campi a ciascuno dei quali corrisponde un preciso tipo di dato. Sono disponibili i consueti campi carattere, numerico e booleano.

#### ACCESSI NORMALIZZATI

Una lista di accessi normalizzati a lunghezza variabile, condivisa da piu' archivi, e' definibile indipendentemente dall'archivio principale. Se un campo viene definito come "accesso normalizzato", un codice numerico invisibile all'utente collega il record corrente a una determinata voce della lista. Il programma predefinisce tre tipi di accesso: titoli generici (sinfonia, sonata etc.), mezzi di esecuzione e tonalita'. Altri tipi possono essere creati dall'utente. Nel caso di un titolo o di un'indicazione di organico si puo' specificare il numero massimo di elementi nel campo, senza perciò essere costretti a creare un campo per ogni strumento: indicazioni multiple quali "2 violini, viola, 2 violoncelli, basso continuo" sono introdotte nello stesso campo, ma vengono poi scomposte in 4 distinti riferimenti alla lista degli accessi normalizzati e, quando necessario, viene memorizzato anche il numero di tali accessi ("2" violini, "2" violoncelli). L'utente comunque non deve preoccuparsi di questi aspetti; il programma lo avvisera' solo se una determinata voce non esiste nella lista, oppure se tale voce non corrisponde alla natura del campo (per esempio se si tenta di introdurre in un campo "titolo" un'indicazione di organico). Oltre a realizzare un notevole risparmio di memoria, ottenendo tra l'altro una maggior coerenza formale specialmente per quanto riguarda la creazione di titoli uniformi, questo tipo di campo consente di tradurre facilmente il catalogo in varie lingue, intervenendo solo sulla lista degli accessi normalizzati.

#### ACCESSI MULTIPLI ESTERNI

Non sempre e' possibile prevedere con certezza di quali informazioni si avra' bisogno nel corso della compilazione di un catalogo; in altri casi, sapendo gia' in anticipo che un dato elemento sara' usato solo in alcune sezioni del repertorio, sarebbe preferibile non appesantire troppo la struttura del record. Si ricorre allora a un campo di tipo particolare, il cui contenuto non e' memorizzato insieme a quello del record principale, ma si trova su un file separato. In questo modo vengono superati i limiti di una struttura record troppo rigida: infatti a ciascun record principale si possono collegare senza spreco di memoria tutte le informazioni supplementari di cui si ha bisogno, senza alterare i dati originari.

## L'ARCHIVIO MUSICALE

Una volta impostata la struttura dell'archivio (struttura eventualmente modificabile in seguito), si passa all'inserimento dei dati. Il programma crea automaticamente un archivio musicale la cui struttura e' predefinita. A ogni record dell'archivio principale sono collegabili fino a 256 accessi musicali; a ciascuno di questi, poi, si associano eventuali informazioni supplementari, con lo stesso sistema usato per gli accessi multipli esterni sopra descritti.

Ciascun elemento dell'archivio musicale contiene la traduzione numerica di una singola linea melodica e del relativo profilo ritmico. Incipit polifonici vengono rappresentati come due o piu' linee indipendenti. La lunghezza massima dell'incipit non deve superare le 32 note; questo limite puo' comunque essere aggirato concatenando piu' linee in senso orizzontale. Per ogni record si possono specificare chiave, numero delle alterazioni, tempo; tali elementi sono validi per tutto l'incipit. Tutto cio' che non rientra nei campi previsti viene aggiunto ricorrendo al citato procedimento degli accessi esterni. Come si accennava in precedenza, e' importante che un indice tematico consenta di rintracciare un motivo o parte di esso indipendentemente dalla sua tonalita'. Il sistema di codifica deve quindi essere in grado di isolare gli elementi strutturali del profilo melodico, rappresentandolo, per cosi' dire, in termini di coordinate relative: ogni altezza e' individuata dal suo rapporto con quella precedente, e solo per il punto iniziale vengono fornite le coordinate assolute. In questo modo e' possibile rintracciare frammenti della figurazione melodica a partire da qualsiasi punto della linea, dove invece la trasposizione in una tonalita' unica consente, come si e' visto, di individuare un motivo solo se questo e' interpretato correttamente dal punto di vista armonico (cioe' se si determina la funzione tonale della prima nota dell'inciso da cercare). Per quanto riguarda il ritmo, il programma considera significativi solo i rapporti tra le durate degli eventi "udibili": pause e legature sono viste, al pari del punto di valore, come un semplice prolungamento della nota precedente. Per esempio, il rapporto tra una croma puntata e una semicroma e' di 3 : 1, uguale a quello tra minima puntata e semiminima. Qualunque modello ritmico, per quanto complesso, e' interpretato come successione di rapporti frazionari; viene cosi' risolto facilmente anche il problema dei gruppi irregolari. All'utente questo formato numerico rimane nascosto: per l'immissione dei dati ritmici e' disponibile una notazione alfanumerica di uso abbastanza intuitivo dove legature, pause e note puntate non vanno perdute, rendendo piu' facile il riconoscimento visivo e uditivo del modello ritmico.

## FUNZIONI DI RICERCA

Come e' lecito aspettarsi, ogni elemento dell'archivio puo' essere oggetto di ricerca. Si puo' quindi consultare il catalogo con i criteri tradizionali, richiedendo quando opportuno l'esecuzione degli incipit collegati a ciascun record. Per quanto riguarda i dati musicali, la ricerca puo' essere condotta sull'aspetto melodico, su quello ritmico o su entrambi. Una volta introdotto il modello melodico o ritmico, si specificano i parametri relativi alle modalita' di conduzione della ricerca: questa si puo' svolgere a partire dal primo elemento della stringa oppure da un punto qualunque (ricerca di sottostringhe). Se necessario, la ricerca viene circoscritta ai records che rispondono a determinate condizioni, per esempio alle sole sonate o ai brani in tonalita' maggiore. Se la ricerca ha esito positivo, l'utente puo' richiedere l'esecuzione dell'intero incipit (ritmo incluso) e la

stamp del record relativo. L'insieme delle chiavi di ricerca puo' essere memorizzato e quindi utilizzato su archivi diversi.

## CONCLUSIONI

Per il futuro si prevede la realizzazione di un editor grafico per facilitare l'immersione dei dati musicali e di un programma di stampa, utile nel caso di cataloghi "originali" dei quali si voglia produrre anche una versione su carta. Un altro modulo consentira' di importare archivi alfabetici costruiti con altri sistemi: si pensi per esempio al catalogo di musiche a stampa o di incisioni sonore di una biblioteca al quale si vogliano aggiungere accessi per incipit tematico. Non e' poi esclusa l'ipotesi di raccogliere piu' archivi su un supporto quale il CD-ROM, onde ottenere uno strumento di ricerca in grado di rispondere a una vasta gamma di domande musicali.

## NOTE

(1) "The thematic catalogue [...] derives its power from the use of 'incipits', or musical citations of the opening notes." Cfr. Barry S. BROOK, *Thematic catalogues in music: an annotated bibliography*, Hillsdale, N.Y., Pendragon press, 1972.

(2) Harold BARLOW - Sam MORGENTHORN, *A dictionary of musical themes*, New York, Crown, 1948 (tr. it. Milano, Sormani, 1955); degli stessi autori: *A dictionary of vocal themes*, New York, Crown, 1950. Denys PARSONS, *The directory of tunes and musical themes*, Cambridge, Engl., Brown, 1975.

(3) Barry S. BROOK, *La symphonie française dans la seconde moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle*, Paris, Institut de musicologie de l'Université de Paris, 1962. Rita BENTON, *Ignace Pleyel: a thematic catalogue of his compositions*, New York, Pendragon press, 1977. Marvin E. PAYMER, *Giovanni Battista Pergolesi, 1710-1736: a thematic catalogue of the opera omnia*, New York, Pendragon press, 1977.

(4) May de Forest PAYNE, *Melodic index to the works of Johann Sebastian Bach*, New York, Schirmer, 1938. George R. HILL - Murray GOULD, *A thematic locator for Mozart's works as listed in Koechel's Chronologisch-thematisches Verzeichnis, sixth edition*, Hackensack, N.J., Boonin, 1970 (Music indexes and bibliographies). Stephen C. BRYANT - Gary W. CHAPMAN, *A melodic index to Haydn's instrumental music: a thematic locator for Anthony van Hoboken's Thematisch-bibliographisches Werkverzeichnis, vols. I & III*, New York, Pendragon press, 1982 (Thematic catalogues).

(5) Cfr., per esempio, Barry S. BROOK, *The simplified "Plaine and easie code system" for notating music: a proposal for international adoption*, in "Fontes artis musicae" XII, n. 2-3 (1965), p. 156-160. Ingmar BENGTSSON, *Numericode: a code system for thematic incipits*, in "Svensk tidskrift för musikforskning" XLIX (1967), p. 5-40. Raymond ERICKSON - Anthony B. Wolff, *The DARMS project: implementation of an artificial language for the representation of music*, in *Computers and language research*, (edited by Walter A. Sedelow and Sally Yeates Sedelow), New York, Mouton, 1983.

(6) Con riferimento all'esempio, se l'inciso da cercare e' "mi-fa-mi-re", e la prima nota viene interpretata come sensibile, la sua codifica diventa "si-do-si-la": l'identita' del frammento melodico non viene rilevata.

# ANALISI DI COMPOSIZIONI PER ELABORATORE IN TEMPO REALE

PAOLO ZAVAGNA  
*CONSERVATORIO "B. MARCELLO" DI VENEZIA*

## 1. OBIETTIVI

Con questo lavoro si intende, attraverso l'analisi di un ristretto numero di composizioni significative, mettere in evidenza le possibilità e le applicazioni alla musica dell'elaboratore in tempo reale. Questo settore della musica informatica ha avuto recentemente un sensibile sviluppo, tale da rendere interessanti e aperte a nuove esperienze le produzioni di questo genere.

## 2. IL PROBLEMA DEL TEMPO REALE

Nell'analizzare composizioni di musica informatica si pone fondamentalmente una domanda: come viene usato l'elaboratore? Per sintetizzare o manipolare suoni da registrare su nastro oppure per elaborazioni (sintesi o trattamento di suoni naturali) in tempo reale? La seconda possibilità, che verrà qui presa in esame, investe l'elaboratore nella figura di strumento (inteso tradizionalmente). A questa figura si lega necessariamente quella dell'esecutore, sia in qualità di progettista dell'ambiente informatico-musicale sia come esecutore dal vivo di comandi gestuali.

Dal punto di vista della sintesi di suoni si potrà notare, attraverso l'analisi, che le applicazioni in tempo reale sono più limitate rispetto a quelle della manipolazione di sorgenti naturali. Questo è dovuto soprattutto al fatto che non sono ancora disponibili elaboratori abbastanza veloci da permettere al compositore di applicare il suo pensiero musicale (ormai, anche dal punto di vista della sintesi di suoni, abbastanza avanzato per poter prevedere situazioni d'ascolto e risultati) a questo settore dell'allargato panorama sonoro.

### 3. APPLICAZIONI

Le più usate applicazioni musicali dell'elaboratore in tempo reale sono:  
sintesi  
manipolazione.

Per quanto riguarda la sintesi essa può essere staccata da eventuali altri strumenti suonati dal vivo (in questo caso con l'intervento gestuale dell'esecutore) oppure avere una sorta di dipendenza da fattori esterni (ad esempio essere collegato ad uno strumento dotato di sensori che comandano l'andamento temporale di una partitura inserita preventivamente nell'elaboratore).

La manipolazione prevede invece necessariamente la presenza di altre fonti sonore da trattare; le tecniche di manipolazione si possono riassumere in:

spazializzazioni (movimenti e riverberi)  
trasposizioni (con deformazioni dello spettro o non)  
ritardi (con possibilità di loop e moltiplicazioni)  
filtraggi.

Queste ultime tecniche sono più usate delle precedenti, anche perchè il materiale su cui sono applicate è più conosciuto e più controllabile dai compositori, abituati alle sonorità degli strumenti tradizionali, che tuttavia, se trattati, diventano quasi irriconoscibili.

### 4. LE COMPOSIZIONI

All'interno della produzione sopra accennata ho cercato dei brani significativi, indirizzando l'analisi verso un punto di vista compositivo nelle loro applicazioni all'informatica in tempo reale. Vengono qui trattate soprattutto le composizioni che utilizzano i sistemi 4I e 4X, in quanto prototipi di altri strumenti, anche di tipo commerciale, e comunque applicati in maniera esemplare.

- 'Prometeo' (L. Nono).
- 'Aquam flare in media labia tua' (W. Prati, M. Graziani)
- 'Répons' (P. Boulez)

### 5. CONCLUSIONI

Si cercherà di mettere in evidenza, attraverso questi esempi, una notevole preponderanza del parametro spazio che, intervenendo nella composizione, determina certe scelte, sia strumentali sia di materiale sonoro. Non ancora trattato in maniera conscia, l'elemento spazio determina tuttavia sostanzialmente l'ascolto, tanto, da rendere quest'ultimo meno significativo se non effettuato in un ambiente adatto o comunque adattato.

Questo lavoro vuole inoltre mettere in evidenza le aspettative e la fiducia nelle possibilità future di trattamento e di sintesi dei suoni in tempo reale, aspettativa e fiducia che vedono i compositori sempre meno scettici nei confronti dell'elaboratore e sempre più disponibili ad esperienze anche professionali su più livelli: si tratta del caso in cui il

tecnico (solo tecnico?) compone col compositore. Verrà, probabilmente, il giorno in cui a fianco delle composizioni dedicate al tal pianista o al tal flautista vi saranno quelle per elaboratore dedicate al tal ... (anche il vocabolario andrebbe aggiornato!).

#### BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- Partiture delle composizioni citate.
- M. Graziani, W. Prati, *Analisi della composizione "Aquam flare in media labia tua"*, <<VII CIM-Atti>>, Roma, Musica Verticale, 1988.
- A. Gerzso, *Reflections on Répons*, <<Contemporary Music Review>>, 1984, Vol. 1, pp. 22-34.
- A. Gerzso, P. Boulez, *Il calcolatore e la musica*, <<Le Scienze>>, N.238, giugno 1988, pp. 16-22.
- *Eclat/Boulez*, Editions du Centre Pompidou, 1986.
- *Verso Prometeo - Luigi Nono*, a cura di Massimo Cacciari, La Biennale/Ricordi, Venezia, 1984.
- A. Vidolin, *Ambienti esecutivi*, <<I Profili del Suono>>, Musica Verticale - Galzerano, 1987.
- N. Bernardini, *Live Electronics*, <<Nuova Atlantide>>, Catalogo Biennale di Venezia, 1986, pp. 61-77.
- Quaderno LIMB N.4, La Biennale di Venezia, 1984.

# MIDILOG: UN PROGETTO DI ASSISTENTE INTELLIGENTE ALLA COMPOSIZIONE MUSICALE

*FRANCO DEGRASSI*

*GRUPPO DI LAVORO "MUSICA - ACUSTICA - INFORMATICA"*

*(DIPARTIMENTO DI FISICA DELL'UNIVERSITÀ DI BARI, I.E.S.I/C.N.R DI BARI)*

Midilog è stato progettato ed è in via di realizzazione per affiancarsi a quei linguaggi musicali object-oriented che, superando la logica strumento/nota propria dei programmi Music... e degli stessi sintetizzatori "commerciali", consentono di operare sia sulle strutture compositive che sulle caratteristiche specifiche del suono in maniera coordinata, considerando qualunque livello di un pezzo alla stregua di un "oggetto musicale", scomponibile a più livelli in sottooggetti e rappresentabile sotto diversi aspetti e angolazioni. L'idea base del lavoro, scaturita dall'approccio empirico con la composizione musicale e maturata con l'incontro della fondamentale opera di Minsky, è che la realizzazione di una sequenza sonora - in quanto atto creativo - consiste nella attivazione di un sistema sostanzialmente gerarchico di conoscenze ed abilità apprese. La composizione - cioè - implica il coinvolgimento di conoscenze che vengono richiamate gerarchicamente, in modo tale che tutte le semplici operazioni necessarie per la creazione - essendo raggruppate in "macrooperazioni" di livello superiore e così via ricorsivamente verso l'alto - possano essere gestite in qualche modo da un ridotto set di operatori del massimo livello. Si pensi - a tale proposito - alla complessità di un operatore quale "delinea una forma musicale" che dovrà gestire una quantità enorme di operatori organizzati a vari livelli di articolazione fino agli "agenti", sorta di "atomi" dell'intelligenza, in grado di compiere ognuno una semplice funzione. Si può immaginare il manifestarsi di un'idea musicale allo stato - per così dire - "grezzo" come il connettersi di una serie di parametri del fatto sonoro, coinvolti nella creazione, colti in un loro comportamento "stereotipo" o "usuale". L'idea di un aumento progressivo del livello sonoro - per fare un esempio - costituisce un elemento formale - il "crescendo" - definibile come comportamento tipico, "stereotipo", del parametro musicale "intensità": tale comportamento è rilevabile (e quindi

soggetto ad apprendimento) non solo in tante musiche ma anche in tanti modi d'essere degli elementi del paesaggio acustico-compresi, naturalmente, quelli dei parlanti umani. Di conseguenza, come - nel rammertare la fisionomia generale di un pezzo musicale quale il "Bolero" di Ravel - si attiverà senz'altro l'elemento formale "crescendo" insieme a pochi altri (salvo poi, in seguito, se si vuole e se si è in grado di farlo, ricordare ogni singola caratteristica del pezzo fino al singolo evento isolato) così allorquando si manifesta, ancora confusa, un'idea compositiva si può "sentire" interiormente che una data sequenza sarà caratterizzata da un "crescendo" pur senza aver chiari, nella mente, i comportamenti di tutti gli altri parametri musicali che - in quella fase del processo creativo costituiranno un elemento opzionale: "crescendo" è, a quel momento, il tratto pertinente del fatto musicale. Si potrà definire questo modo di inventare (apprendere) utilizzando la combinazione di più descrizioni del comportamento di un parametro sonoro ridotte ad una, "stereotipa", "normale", come UNIFICAZIONE (con Minsky, "uniframing"). Non è, questo, il solo modo di inventare (apprendere), naturalmente. Se, tornando al caso del "crescendo", si inventa - nell'atto creativo - un comportamento dell'intensità del suono che non sia riducibile ad una crescita (o diminuzione) più o meno graduale del livello sonoro percepito (crescita che, si noti, può prescindere - ai fini dell'identificazione dello "stereotipo" - dai livelli di intensità da cui si parte o a cui, dopo il "<" si arriva) ma consista, ad esempio, in un andamento "misto" come "< >" allora tale nuovo comportamento potrà essere considerato come un nuovo "stereotipo", un nuovo modello di descrizione dell'andamento del parametro musicale in questione: "< >" verrà affiancato, per ACCUMULAZIONE, ai tipi preesistenti. Lo stesso andamento "misto", però, potrà essere considerato, con un altro approccio creativo detto di RIFORMULAZIONE del problema, come la somma di due comportamenti semplici del parametro intensità, appunto "<" e ">", e ricondotto alla base di conoscenze preesistenti. Un ultimo percorso, infine, detto TRANSFRAMING, potrà connettere una struttura musicale come il "crescendo" ad una funzione espressivo - emozionale come "aumento di tensione". Tutta la "retorica" (o meglio le "retoriche") della musica consistono, in definitiva, nel collegamento fra mezzi (agenti formali) e fini (effetti emozionali): un "climax" retorico, ad esempio, potrà essere associato ad elementi formali come l'accellerando, il crescendo.... Un sistema che assista nella composizione musicale dovrà, in qualche modo, supportare queste strategie creative. La BASE DI CONOSCENZE consisterà di una serie di operatori in grado di controllare i parametri musicali modellizzandone alcuni comportamenti stereotipi. Questi operatori, una sorta di "primitive" del fatto musicale, rappresenteranno i parametri strutturanti. Le sequenze più semplici, assimilabili in qualche modo ad una sorta di "unità di prima articolazione", saranno descrivibili pienamente da un solo operatore per parametro (esempio musicale n.1). I parametri potranno essere definiti in termini "dicotomici" (cioè opposizionali, come l'intensità con operatori "forte/piano" uguali a valori fissi x e y db) o in termini probabilistici: in quest'ultimo caso i valori con cui gli operatori controlleranno i parametri potranno oscillare intorno ad un dato default, ridefinibile dall'utente in una seduta preliminare. Con questo approccio la maggiore o minore rispondenza di una sequenza generata dal computer all'idea vaga del compositore dipenderà dal numero di parametri attivati, dagli operatori scelti per controllare i parametri oltre, naturalmente, che dal caso. In una situazione, però, in cui non si ritenga che gli operatori esistenti nella base di conoscenze siano in grado di descrivere con sufficiente efficacia l'invenzione musicale, sarà necessario utilizzare più operatori per

controllare un singolo parametro: a questo punto si potrà considerare, soggettivamente, il comportamento "complesso" del parametro come la "somma" di più comportamenti semplici (ognuno dei quali manterrà, come "primitiva", la sua autonomia nella base di conoscenze) oppure si "accumulerà" un nuovo operatore che verrà assunto come nuova "primitiva". Il sistema conserverà della sequenza generata diversi livelli di memoria: (1) la descrizione dettagliata (in codici Midi o altra rappresentazione) di tutti gli elementi; (2) l'insieme dei parametri attivati dal compositore con gli operatori relativi; (3) delle note opzionali sotto forma di descrizione verbale - mediante un set di aggettivi contenuti anch'essi nella base di conoscenze e sottponibili anch'essi alle forme di invenzione delle strutture formali - delle intenzioni e dei risultati espressivi parziali. In proposito, pur tenendo presente la straordinaria complessità di una rappresentazione del SEGNO musicale, si possono utilizzare i risultati dei (pochi) lavori di semantica psicologica musicale (gli studi di Imberty, ad esempio) per delineare delle "variabili semantiche" indipendenti, opposizionali, e per articolare conoscenze "semantiche" relazionabili a quelle strutturali e anch'esse rappresentabili gerarchicamente. Nel sistema, dunque, il compositore potrà utilizzare diversi modi di invenzione, legati ai problemi specifici del momento ed ai suoi specifici orizzonti creativi: (A) potrà generare una sequenza o un qualunque "oggetto" Y SIMILE ad una sequenza o oggetto X già contenuto nel database, solo attivando i parametri utilizzati per comporre a suo tempo la sequenza X (con i relativi operatori); (B) potrà lasciare che il sistema analizzi la sequenza X presente in memoria per fornire nuove possibili pertinenze, consentendo, in definitiva, una continua riparametrizzazione dell'"oggetto" musicale, (C) potrà arricchire, soggettivamente, la base di conoscenze del sistema individuando nuovi "stereotipi" comportamentali di un parametro musicale (lavoro tipico di "ingegneria della conoscenza" preliminare alla costruzione dei sistemi esperti); (D) potrà operare a qualunque "livello di articolazione" delineando, in definitiva, "stereotipi" di N livelli; (E) potrà cercare di costruire un ponte fra struttura e funzione espressiva praticando un non inutile sforzo di autoanalisi; (F) potrà, infine, se vuole, intervenire sui dettagli di una sequenza "manualmente" senza alcun feticismo verso la generazione automatica (si veda l'esempio musicale n.2 come semplice esercizio riassuntivo). Il software, scritto in Prolog per le ben note caratteristiche di questo linguaggio orientato alla realizzazione di sistemi basati sulle conoscenze, opera in ambiente Midi perché la relativa "semplicità" nella gestione di tale protocollo, da un lato - come è tristemente noto ai compositori "sperimentali" - limita le possibilità espressive ma, dall'altro, conseguentemente consente di ridurre, in qualche misura, la base di conoscenze necessaria: in futuro si spera di poter "trasferire" tutto il materiale in una stazione di lavoro munita di unità di sintesi microprogrammabile.

#### PRINCIPALI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- V.Cinanni - F.Purghè, Strutture di somiglianza Kappa, 1986  
C.A.Scaletti - R.E.Johnson, An interactive Environment for Object - oriented Composition and Sound Synthesis, in "ACM" 1988  
F.Oppo Per una teoria generale del linguaggio musicale, in "Musical Grammars and Computer Analysis", Olschki, 1984  
M.Minsky, La società della mente Adelphi, 1989

D.R.Hofstadter, Godel, Escher, Bach: un'eterna ghirlanda brillante Adelphi, 1986  
 A.Ponciano Segni per parlare dei segni in "Per parlare di segni" Adriatica, 1985

L'autore desidera ringraziare il Prof.Francesco Guerra ed il Dott.Nicola Cufaro Petroni per i consigli ricevuti e per l'incoraggiamento a portare a compimento questo progetto.

4 SEQUENZE PRODOTTE DA OPERATORI CHE DESCRIVONO IL COMPORTAMENTO DEI PARAMETRI (LE INDICAZIONI P-MF-PP-F SONO CASUALI)

\* N° 5 EVENTI SONORI DI...  
 \* UGUALE DURATA  
 \* <  
 X DIREZIONALITÀ ↑

### ESEMPIO MUSICALE 1

DA UN'IDEA "VAGA" ALLA REALIZZAZIONE DI UNA SEQUENZA IN 4 FASI

(A) (B) (C) (D)

(MF)  
 (PP)  
 (FF) (F) (MP) PP FF

① X N° 3 DI EVENTI SONORI  
 \* DIREZIONALITÀ  
 → (B) \* <

\* LIMITAZIONE DI CAMPO FREQUENZIALE  
 \* EVENTI DI UGUALE DURATA  
 → (C) \* ABBREVIATURA DURATA DEGLI EVENTI RISPETTO A (B)

→ (D) \* DETERMINA UNA INTENSITÀ DI PARTENZA (PP) E DI ARRIVO (FF) DEL <

### ESEMPIO MUSICALE 2

# LE MODÈLE PHYSIQUE DANS LA CRÉATION MUSICALE À L'AIDE DE L'ORDINATEUR.

*CLAUDE CADOUZ  
ACROE*

*(ASSOCIATION POUR LA CRÉATION ET LA RECHERCHE SUR LES OUTILS D'EXPRESSION)  
INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE GRENOBLE.*

*46 AV. FELIX VIALLET. 38000 GRENOBLE - FRANCE -*

## Résumé

Nous aborderons tout d'abord la question de l'utilisation du modèle physique en informatique musicale sous un angle théorique, montrant que son apparition dans ce domaine comme dans celui de l'image d'ailleurs, ne correspond pas simplement à la mise en oeuvre d'une nouvelle technique de synthèse, mais à une évolution qualitative fondamentale de la façon d'envisager l'ordinateur comme outil pour la création.

Nous discuterons rapidement quelques notions de bases telles que la modélisation, l'analyse et la synthèse phénoménologiques, l'analyse et la synthèse structurelles, les conditions du rapport entre le références et leur transgression dans la représentation musicale. Puis nous introduirons le rôle et la nature du modèle physique en considérant trois aspects fondamentaux: celui de la pertinence acoustique, celui de la référence au mode d'expérimentation instrumental, et celui du système que constitue l'outil pour la création. Ce dernier point, le plus important, donne au modèle physique une dimension qui n'a jamais été envisagée jusque là: celle par laquelle il apparaît comme la base d'un langage pour la création et la conception d'une représentation "intégrale" non pas du phénomène sonore, mais de sa cause (l'instrument "généralisé"), autour duquel peuvent se développer les trois phases de la création musicale: la création de l'"instrument", l'expérience et le jeu instrumental, la composition.

Nous évoquerons enfin différents systèmes de modélisation et simulation de l'univers instrumental étudiés et, pour certains, implantés dans notre laboratoire. La première version du système CORDIS-ANIMA tout d'abord, qui permet la représentation d'objets instrumentaux simples avec une grande généralité, puis un ensemble de

simulations spécialisées traitant, au prix de la variété, des objets plus sophistiqués.

Nous présenterons également nos travaux concernant le geste instrumental, et en particulier les systèmes gestuels à retour d'effort (Transducteurs Gestuels Rétroactifs) étroitement liés à la synthèse par modèles physiques, et parmi ces dispositifs, notre Clavier Rétroactif à 16 touches, mis à point en 1988.

# COMPOSITION BY REFINEMENT

*STEPHEN TRAVIS POPE  
PARCPLACE SYSTEMS, INC  
MOUNTAIN VIEW, CALIFORNIA, 94043 USA  
STEPHEN@PARCPLACE.COM*

## INTRODUCTION

This paper describes the development and use of a flexible and scalable music representation language for composition. The main theme is the support of composition by the process of rough description of a composition followed by the refinement of the description. The technique is similar to the software design and implementation technique called rapid prototyping and incremental re-design.

We will discuss the background of the HyperScore ToolKit, a Smalltalk-80-based music representation language and user interface, then describe the specifics of HyperScore's music representation for so-called EventGenerator objects.

This will be followed by a presentation of how the HyperScore ToolKit supports multi-level description of musical compositions and an example of the use of rapid prototyping and refinement of a composition using these facilities. Companion papers by the same author (Pope 1989a, 1989b) describe the current status of the HyperScore ToolKit, and the use of EventGenerators as an abstraction for middle-level musical structures, respectively.

## BACKGROUND: THE HYPERSCORE TOOLKIT

The HyperScore ToolKit (Pope 1987, 1989a) is a software toolkit written in the Smalltalk-80 programming language. It consists of four components:

- a framework for events, event lists and music description;
- a set of real-time schedulers and input/output formatters;

- a collection of flexible, graphical user interface components for music applications; and
- several built-in end-user applications.

Event objects in the HyperScore ToolKit play the role of notes or levels of structure. Their state makes them look like property lists with durations. They may have 'standard' properties such as pitch, amplitude and voice. Their behavior includes methods for accessing, scheduling and editing events. Their properties can be set or accessed with a simple protocol. A typical Event description might look like:

```
"declaration of a NoteEvent"
NoteEvent duration: 1/8 pitch: 'c3' amplitude: 'ff' accent: 'sfz'
```

EventList objects represent groups, melodies and pieces. Their state is that of an aggregate of events, or an event with collection-ness. They hold onto a sorted list of associations (key/value pairs) whose values are the events and whose keys are the start times of the events. Their behavior includes methods for expanding sub-levels, editing and scheduling their events. An example of the use of EventLists would be the creation of a three note list, which would look like:

```
"create and play a simple named event list"
(EventList named: #ExampleMelody)
    add: (NoteEvent duration: 1/8 pitch: 'c3');
    add: (NoteEvent duration: 1/8 pitch: 'd3');
    add: (NoteEvent duration: 1/8 pitch: 'e3').
(EventList named: #ExampleMelody) play
```

The EventGenerator class is a subclass of EventList. Instances of subclasses of class EventGenerator can be used for manipulating events that are capable of expanding themselves into a list. The state of EventGenerators is some description of process state or contents. Their behavior allows them to be described and to generate EventLists. There are three abstract types of EventGenerator, and many subclasses of these. The three basic abstractions are Clusters (chords, rolls or other complex structures that are described in terms of a single event and procedural information), Clouds (POD-style stochastic 'regions' or other descriptions of the 'contour' of a group of events), and Ostinati (repeating loops or processes that take an EventList and repeat or vary it).

EventModifiers can be used to effect the performance of an event list. They are composed of a function of time and an operator. One can apply them in batch mode or schedule them for evaluation at perform-time. Examples of typical EventModifiers are rubato or crescendo objects.

Music description in the HyperScore ToolKit most often uses the hierarchical structure of an EventList to reflect the hierarchy of the music itself. The current project is related to extending this facility to allow higher-level abstractions in EventGenerators to be used as flexibly as EventLists are.

## ACTIVE AND MULTI-LEVEL MUSIC REPRESENTATION LANGUAGES

The idea of active music representation languages means that a representation be programmatic, in the form of an active, executable program in some programming language. This allows the composer to switch between the two perspectives of score as state (scores are static data structures) versus score as behavior (scores are executable programs). With a flexible active music representation, this differentiation may be blurred. One can see that this differentiation makes a difference in how we view notes and intermediate-level structures (chords, phrases, etc.), but it has even larger ramifications in how we conceptualize event modifiers such as crescendi, rubati or interpretation controls.

The ability to model event modifiers as procedures (methods) that will be executed at perform-time (real-time or not) makes a description language very powerful. Recent examples of what this author considers active music representation languages are Canon (Dannenberg 1989) and the HyperScore music representation language.

Multi-level music representation consists of describing a composition at several levels. This can mean two things: describing a composition as a hierarchical tree of movements, sections, measures, voices, phrases, etc; or describing it as a lattice of compositional, analytical and interpretational information. Part of the HyperScore representation's strength is the capability for multiple levels of event list and arbitrary links between event lists. This would allow a composer, for example, to create a score that included its own version history (in terms of links between the 'final' event lists and their earlier versions), its own analysis (in terms of annotations related to the structure of the composition), or interpretation information (in terms of annotations for the performer). There are therefore several ways of structuring event lists within a larger composition. One can always build compositions as large flat lists of events (sequences). There is also support for modeling a structure as a collection of parallel voices (i.e., the partitura paradigm), or a set of sequential sections (e.g., movements). The real advance over previous representations, however, is the system's support for the perspective of scores as heterarchical, multi-dimensional nets or webs that may incorporate multiple paths for navigating within the score and multiple levels or types of annotation (Pope 1986).

## RAPID PROTOTYPING AND INCREMENTAL DESIGN OF MUSIC

### *Generic and Specific Behavior of EventGenerators*

The process of composition by refinement can be introduced by describing the rapid prototyping and refinement of some simple event generators. In these examples, we will present the generic and specific state and behavior of several types of EventGenerators and describe the differences between their descriptions. Describing 'generic' EventGenerators can be done with messages to EventGenerator classes that create EventGenerator instances when given some type and base information. These EventGenerator instances can then generate default EventLists. We will describe three simple examples and then walk through several steps of and further specification and refinement with them before going on to the extended examples.

A major triad chord on f4 can be specified in the HyperScore Event generator

framework and associated with the variable named 'aChord' as:

```
"create a chord with a root and inversion"  
aChord ? Chord majorTriadOn: 'f4' inInversion: 0
```

To describe a cluster of the notes between c4 and a5, we might write:

```
"create a cluster with a range of pitches"  
aCluster ? Cluster from: 'c4' to: 'a5'
```

To create a 3-second cloud (collection of random events) between c4 and f4 with 10 notes per second, one would execute the expression:

```
"create a cloud with dur., range and density"  
"duration in seconds"  
"pitch range-an interval of pitch numbers"
```

```
aCloud <- Cloud dur: 3  
pitch: ('c4' to: 'f4')  
density: 10
```

Each of these simple EventGenerators can be played, edited, incorporated into larger event lists, or stored to disk in their 'prototype' form. The process of refinement of these descriptions is that of further specifying the 'prototype' EventGenerators by either refining the descriptions of their events, or by selecting specific events for them. For example, if the chord we created above was correct, but we desired a different voicing, we might simply select specific events or intervals for the chord by refining its description, for example by telling it exactly what intervals to use.

```
"set the voicing to be f4 c5 a5"  
aChord intervals: #(7 12 16)
```

The cloud we introduced above uses a random number generator to select notes within its given range, so it will be different every time we evaluate it. If we were to play it several times and then select the one we wanted, we could assign the events from the chosen performance to the cloud with an expression of the form:

```
"set the exact events that the cloud plays"  
aCloud events: someEventListGeneratedByTheCloud
```

Another technique for refining EventGenerator descriptions is to select stricter constraints for the initial description of the object. An example of this would be creating a cluster of only the 'even' notes within a given range (i.e., a whole-tone cluster). There are several ways we might do this: by writing a new cluster creation method (in addition to the from:to: creation message we showed above), by assigning specific events to the existing cluster; or by executing an expression that 'filters' the events in the cluster.

"new cluster creation message"  
aCluster ? Cluster evenPitchesFrom: 'c4' to: 'a5'

"select the correct events with a block"  
aCluster events: Cluster select:  
[ :anEvent |  
 anEvent pitch asMidi isEven].

Another refinement technique at a higher level of abstraction would be to store more information in some EventGenerators, such as the random number generator seeds that produce the results we want. The example of telling our cloud object what seed to use is quite simple, and it can have the same effect as assigning specific events to it as we did above.

"give the cloud a seed for random numbers"  
aCloud seed: someNumber

There are numerous other refinement techniques that are useful with EventGenerators. Some have more relevance with respect to computer science (e.g., caching random number generator seeds), while others come more from the underlying musical abstractions (e.g., filtering the notes of a cluster). There are also techniques that are specific to certain types of EventGenerator classes (e.g., setting the intervals of chords). It is also important to note that because Hyper-Score representation is active, it is very easy to write small methods that process *event lists* or EventGenerators, or to map values or lists among *event lists* (e.g., "give me a cloud with the same rhythm as this melody").

We can now describe the process of composition by refinement in terms of building 'outlines' of compositions using generic EventGenerators for many simple structures and constructing incomplete or even empty EventList hierarchies for representing the overall structure of the composition. The refinement is then the process of 'filling in' the missing pieces (both in terms of events and of the event list hierarchy), and refining the specification of the EventGenerators that are used.

## TWO EXAMPLES USING EVENTGENERATORS

To demonstrate the process of composition by refinement in larger examples, we will describe its use in two simple applications: notating the beginning of a Bach chorale, and creating a semi-stochastic POD-style structure.

If it were our task to compose the chorale "Ein' feste Burg", we would probably start with a functional harmony description of seven block chords with very simple rhythmicization. This can be achieved by typing in (or using a graphical chord editor to enter) the seven chords. The result would be:

While these are the 'correct' harmonies, the voice leading is really quite awful. We



will need to refine the description some more. Step two of this process might be further specifying the chords according to good (Bach'sche) voice-leading principles. Getting the 'right notes' would be carried out by sending messages to the chords we created to tell them the proper intervals (or possibly by specifying the melodies of the individual voices). This gives us:

As step three we will add some simple annotation (of the functional roles of the



chords), SATB voice links, dynamics, and interpretation information. This results in 'real' quality common-practise music notation score with dynamic markings, etc. as shown below:

There are of course many other ways of achieving the same results; for example, we

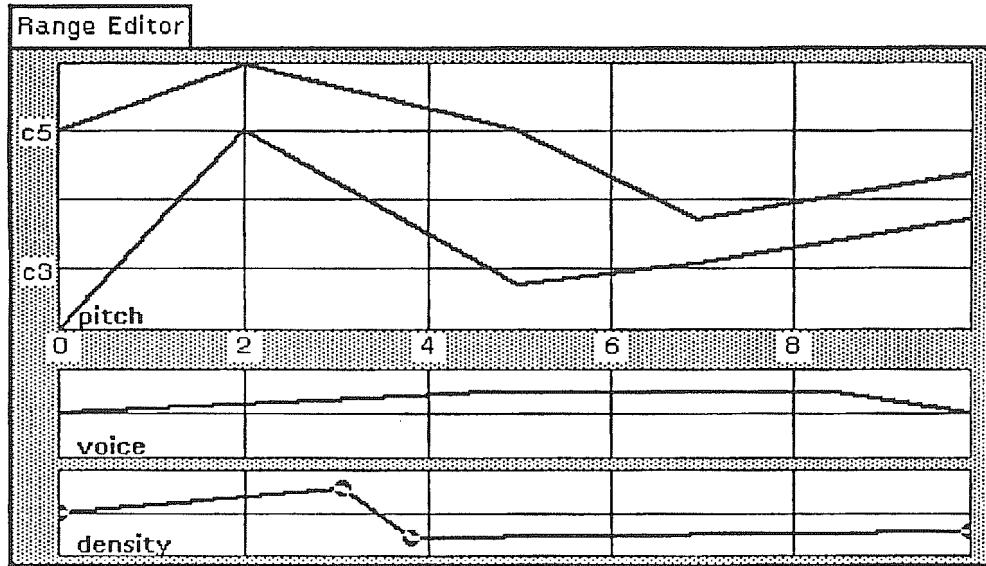
D: I      VI      I      VII<sup>6</sup>      I      V/V      V

could have started with the cantus firmus and worked contrapuntally (vertically instead of horizontally). The important note here is that even the first 'rough draft' or 'rapid prototype' could be performed, giving us early feedback about our harmonies.

The second example we would like to present is the creation of a weird stochastic progression of clouds. It is easy to construct special composition-specific graphical 'range editors' for editing clouds in the HyperScore ToolKit. The typical layout of these editors consists of several time-linked graphical 'path' or 'interval' editors where one can edit the pitch space of the passage, its note density, its voice selection, or other properties. The general process of using these is to first specify a passage of music in terms of its textures, gestures and contours.

The editor that might be used for this looks like:

Once we have the ranges and contours tuned to our liking, we can choose by trial-



and-error, selecting results that we prefer and assigning them to the clouds (thus selecting a specific performance and removing the stochasticity), or we can apply rhythm or pitch maps to the clouds using simple HyperScore ToolKit Smalltalk-80 expressions. Further steps might include more levels of mapping and annotation, or further selection to 'freeze' the score in terms of gradually removing the stochastic processes. This is a more typical process than the first example, since composers (well, at least this one), often want to start by specifying general contours and rough structures, and then proceed to 'fill in' smaller-level structures and to reuse rhythmical or melodic patterns by mapping them onto different parameters of different passages.

#### USER INTERFACES FOR STRUCTURE DESCRIPTIONS

One issue that we've not yet discussed is how one designs interactive graphical editors for EventGenerators. The HyperScore ToolKit has several user interface components for inspecting and editing events and event lists in several formats such as text-based inspectors or graphical score editors. Editors can be designed that have special functionality for manipulating the internal structure of EventGenerators, or that provide special functions for the processes of composition by refinement described above. The range editor shown in the figure above is an example of an editor built specifically for a particular style of interaction with a specific style of EventGenerators-editing the contours, voicing and density of dynamic clouds. Because of the rapid turn-around of the Smalltalk-80 programming system, and because of the reusability of user interface components, it is very easy to create new graphical editors such as this one. Examples of several types of inspectors and editors are illustrated in the figures below.

Event inspectors and editors are of obvious utility in a music interaction system. The

HyperScore ToolKit's components make the construction of flexible graphical editors easy. An example of an event editor is the view shown below. In this figure, one can see a combination of elements, including two sliders for setting the values of the event's duration and loudness; note that the scales of the sliders are calibrated in musical units.

EventList inspectors and editors are also very desirable and again, there are reusable

**EventEditor**

dur.	ampl.	-----		do it	print it	inspect	copy	cut
2/1	ff	self						
1/1	f	duration						
1/2	mf	props						
1/4	mp	voice						
1/8	p	pitch						
1/16	pp	loudness						
-----		-----						
468		64						
<input type="button" value="&lt;"/>		<input type="button" value="&gt;"/>						

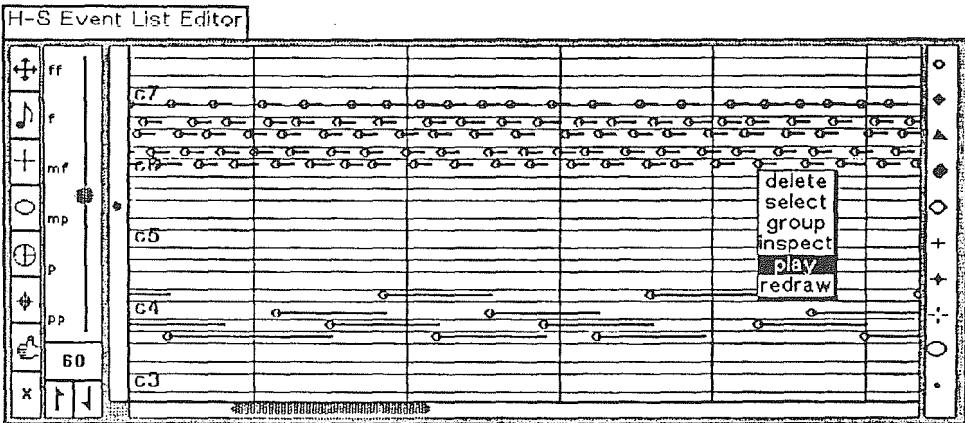
Evt Dur: 1/4 Beat  
 Pitch: 'c#4'  
 Amp: 64  
 Voice: 'violin'  
 Technique: 'con legno'

components ranging from simple inspectors to score editors and event list dictionaries or catalogs. The system's standard event list catalog is shown below along with a typical score editor using Hauer-Steffens (piano-roll) notation.

To use the EventGenerators system, one needs interactive EventGenerator inspec-

**Event List Dictionary**

inspect	play	references	copy	cut	paste
Bach	/EventList 'demo2' dur:5900 events: 3				
BarabaraAllen	0 -> (EventList 'demo1' dur: 3400 events: 4				
Bouree	0 -> Evt Dur: 400Ms. Pch: key 36 Amp: vel. 100				
Bransle.short	1000 -> Evt Dur: 400Ms. Pch: key 40 Amp: vel. 100				
demo1	2000 -> Evt Dur: 400Ms. Pch: key 43 Amp: vel. 100				
<b>demo2</b>	3000 -> (EventList 'temp.1' dur: 400 events: 3				
Fugue3	0 -> Evt Dur: 400Ms. Pch: key 36 Amp: vel. 100				
Galliarde	0 -> Evt Dur: 400Ms. Pch: key 40 Amp: vel. 100				
le2	0 -> Evt Dur: 400Ms. Pch: key 43 Amp: vel. 100				
MapleLeaf	)				
MapleLeaf.sh	)				
MapleLeaf2	1300 -> (EventList 'demo1' dur: 3400 events: 4				
Merlitzons	0 -> Evt Dur: 400Ms. Pch: key 36 Amp: vel. 100				
peal1	1000 -> Evt Dur: 400Ms. Pch: key 40 Amp: vel. 100				
peal1b	2000 -> Evt Dur: 400Ms. Pch: key 43 Amp: vel. 100				
peal2	3000 -> (EventList 'temp.1' dur: 400 events: 3				
peal3					
peal3b					
peal3b.short					
progression1					
random1					



tors and editors such as the range editor shown above. These tools become truly interesting when one realizes that they all can operate in real-time as well, thereby effecting the real-time parameters of their EventGenerators or processes. It is hoped that this will allow us to extend the system in the direction of live interaction editors and higher-level performance interfaces.

## CONCLUSIONS

The research presented here was carried out in the context of the author's own compositional activity, but also carries a strong component of searching for new compositional and descriptive methodologies, new tools for composers, and general pushing of the state-of-the-art in computer-assisted composition. The techniques of rapid prototyping of musical structure and incremental refinement (re-design) of performance seems very applicable to many musical styles and activities. New user interfaces and graphical editors for composition in a mixed stochastic/deterministic environment appear to be very good methods for supporting rapid description or 'outlines' of compositions. Pushing the state-of-the-art in this project is related to trying to advance the technology of representational systems, simplify the construction of more powerful structure notations and their editors, and providing new and higher-level user interfaces for composers.

## REFERENCES

- Dannenberg, Roger B. 1989. "The Canon Score Language." *Computer Music Journal* 13(1):47-56.
- Pope, Stephen Travis. 1986. "Music Notation and the Representation of Musical Structure and Knowledge" *Perspectives of New Music* 24(2):156-189.
- Pope, Stephen Travis. 1987. "A Smalltalk-80-based Music Toolkit." *Proceedings of the 1987 International Computer Music Conference*. San Francisco: Computer Music

Association.

Pope, Stephen Travis. 1989a. "HyperScore ToolKit Version 5.2 Description and Demonstration Documents." a revised version of (Pope 1987) San Francisco: HyperScore User's Group.

Pope, Stephen Travis. 1989b. "Modeling Musical Structures as EventGenerators" Proceedings of the 1989 International Computer Music Conference. San Francisco: Computer Music Association.

Truax, Barry. 1977. "The POD System of Interactive Composition Programs." Computer Music Journal 1(3): 30-39.

# FROM THE INSIDE OUT: DESIGNING MORPHOLOGIES FOR WIND CHIMES

DENIS SMALLEY  
MUSIC CENTRE  
UNIVERSITY OF EAST ANGLIA  
NORWICH NR4 7TJ  
UNITED KINGDOM

The sound spectrum of a single, struck ceramic pipe was the starting-point for the exploration of new spectro-morphologies, created with the aid of a variety of signal-processing programmes in the Digital Studio of the Groupe de Recherches Musicales, Paris. I delved inside the spectral design of a spectro-morphology in order to move outwards to new shapes and textures. Firstly it was necessary to carry out an 'aural' appraisal of the source's spectral properties. Then I used various configurations of the signal processing programmes to 'experiment' with a range of possibilities, reassessing progress at each step. In so doing I travelled a considerable distance from the source, and although there are residues of the original spectral design, totally new spectro-morphologies were discovered and created. This was one of my goals.

Working in this way with signal processing is tantamount to synthesis, such is the potential control the composer exercises over the spectrum, not only in subtracting from it and rebalancing its spectral content, but also in adding to it. We should note that it is misleading always to draw too definitive a line between synthesis and signal processing.

Were I not to demonstrate the genesis of the final, new spectro-morphologies, identification of the original source would have been pure guesswork. Thus, in this case the actual source is of no importance to the listener who is not invited to recognise it and follow so-called "abstract" transformations in a series of logically presented steps.

Therefore, what connections are made by the listener? How might the listener interpret the spectro-morphologies? As composers we need to discuss interpretation more frequently. All too often composers lapse into technical discussion of methods of sound fabrication: new technology and computers make that even more inevitable. But

we are all interpreters; we all have responses to musical meaning, and are quick to complain when a piece of music has not carried any signification for us.

In 'Wind Chimes' the listener can identify with a collection of criteria revealed in the sounding behaviour of the spectro-morphologies. For example, there is the 'energy-motion trajectory': the way in which spectral energy is drawn along, pushed, or flung out, creating analogies with rotating and spinning motions; some shapes are fancifully remote but not entirely divorced from sounding gesture created by human agency; others are related to the imagined behaviour of objects and substances. There is often a strong focus on 'causality', where one sound acts upon another, either causing the second sound event to occur or instigating change in an on-going sound. There is always an emphasis on the affective properties of space, a collusion between the 'spectral texture', the impression of 'temporal space', and the actual spatialisation - the 'spatial texture'. Thus some spatial contexts will be interpreted environmentally while others may give the impression of objects acting in an enclosed space.

Such criteria have echoes in the reality of sonic, visual, and psychological experience: fantasy, imagination and reality are linked. The types of sounds described are all involved in the signing process, though we may often be hard-pressed to be definitive about their meaning. Such is the creative ambiguity of sound and music. The function of developing a remoteness from the source is to provide a this stretched imagination.

But signal processing has its dangers. Each type of process betrays itself with a characteristic "timbre", or by a characteristic behaviour. For example, the timbre of time-stretching, or of digital filtering, or the behaviour of cut-and-splice sequences. The clichés of these processes have already been created, and the composer must take care to stamp a personal view in selecting sounds and composing contexts for them; the composer must have an esthetic attitude which is above and beyond the technology used.

This is a fundamental reason why I did not confine the sound-field of 'Wind Chimes' to material drawn from a single system. There are, for example, a number of raw, relatively unmanipulated sounds. We still have much to discover through the intimate art of recording sounds which are either the result of intentional human agency, the accidental bi-products of human behaviour, or sounds found in the environment, used either for their mimetic power or for their more elusive spectro-morphological properties, or both. There is also a sense in which, if we are not careful, the processing and synthesis of sounds can distance the music from us - an exaggerated, sanitising process where the sounds are squeezed dry of personality. Raw sounds are close to us; they have an automatic impact, and they provide our first knowledge and experience of sound. The types I choose are frequently double-edged. They may be revealed for what they are, or else under contextual control they can be disguised, mingling in such a way that they become more electro-acoustic than acoustic, or it may be that I choose raw sounds which are not familiar. In other words I almost never use a sound for its direct, mimetic impact alone.

The above discussion contributes towards what I call the 'electro-acoustic sensibility', a certain attitude of mind and ear, an emphasis on qualities perceived in the spectro-morphologies of sounds. This is not an abstract view of the world. It is not only a question

of the non-partisan discussion of spectral shapes and criteria, but also of interpreting their meaning and significance for us inside and outside musical structures. We work inside sounds in order to move out into the world again. The electro-acoustic sensibility leads directly to a consideration of the nature of all sounds, the true electro-acoustic composer using computers and technology as an aid to sound-thought.

(The above discussion will be supplemented by a commentary on twenty sound examples).

# MÉTAMORPHOSE ET MÉMOIRE, APERÇU

*THIERRY LANCINO*

*ACADEMIE DE FRANCE À ROME  
VILLA MÉDICIS  
VIALE TRINITÀ DEI MONTI, 1  
00187 ROMA ITALIE  
TEL (06)6761214 OR 287  
FAX. (06) 67 61 305*

Le principe essentiel sur lequel repose tout discours musical est lié à la métamorphose d'un matériau sonore et au passage du temps. Le matériau est souvent choisi a priori pour le pouvoir escompté qu'il possède à être présenté de diverses manières et à être soumis à diverses transformations successives. Bref, à être métamorphosé selon des désirs et selon des modes: selon sa propre volonté. Il est à noter la grande part de l'intuition dans cette opération. C'est elle, en effet, qui guide ce choix. Seule l'intuition permet avec le plus de justesse de projeter le matériau dans l'avenir et d'en entrevoir avec une efficacité optimum sa maléabilité potentielle. La personnalité transparaît avec évidence dans ce choix, et l'intuition musicale apparaît clairement lors de cette opération. Écarter le phénomène de l'intuition dans le processus de composition, ou même en contester l'importance, ainsi que cela a pu être fait, est une erreur. Tout le déroulement de la création, découle de ce choix. Toute la suite en est tributaire. Cette assertion ne vient pas nier l'importance de la méthode. Elle est complémentaire. La réussite artistique est la bonne conjonction de l'intuition et de la méthode. Il est à noter que l'erreur de jugement sur le matériau est fréquente et que, résistant par nature, il nous entraîne souvent à modifier la méthode. Ainsi les règles seront contournées ou brisées. Ainsi les méthodes, elles-mêmes, se transforment elles, évoluent elles, donnant naissance à leur tour à des intuitions diverses.

La dynamique créée par ces deux pôles est l'essence même du discours musical. L'un n'est certes pas étranger à l'autre. Il s'agit de bien davantage qu'une complémentarité. Dans les formes les plus abouties développement musical, la fugue par exemple, il est frappant d'observer que le sujet, c'est à dire le matériau, est en parfaite adéquation avec la méthode de développement envisagée, c'est à dire la fugue. En fait, plus la forme est

élaborée et codée dans ses obligations d'évolution et l'intuition guidée et elle-même codée, plus elle devient un avatar de la création. Les possibilités de choix intiaux se restreignent pour aboutir à l'énoncé d'une série de caractéristiques qui en rendront, selon toute probabilité, l'exploitation la plus fructueuse. Le phénomène d'école étant là non pour développer ou accroître le potentiel créatif, mais pour assurer un déroulement honorable, dans les règles, du discours.

La codification de la forme passe par l'élaboration de règles. Règles intuitives, ou bien règles établies par l'usage. Les règles intuitives au cours du temps deviennent règles établies, puis règles d'usage, puis règles d'école. Ainsi naissent vivent et meurent les formes. Ainsi évolue le langage.

La mutation du matériau, au cours de l'œuvre, est ce qui caractérise le discours musical.

Ce principe non seulement persiste dans les œuvres utilisant le concours des technologies de pointe, mais est accru et généralisé. Il est accru dans ce que l'informatique, pour prendre l'exemple le plus frappant, peut apporter de consistant dans la mise en forme de procédés d'évolution et dans leur systématisation. Il est intéressant d'observer nombre de compositions musicales utilisant l'informatique mettre en chantier une suite de lois arbitraires, dans la plupart des cas, et laisser se dérouler les événements dont l'enchaînement, aussi logique soit-il, ne représente que peu d'intérêt créatif, voire pas du tout. Ainsi, les règles sévères du dodécaphonisme, basées sur peu de réalités autres que spéculatives et combinatoires, déjà peu à même en soi d'apporter une sève créatrice, une fois programmées par l'informatique et soumises au terrible broyage d'une logique dont elle sont elles-mêmes porteuses, se trouvent déboucher sur une suite de résultats musicaux qui pourront paraître anonymes et sans intérêt au plus grand nombre. Il en est de même dans le cas du système tonal, dont les expériences informatiques plus récentes, montrent à quel point l'application mécanique de règles est stérile. Dans ce dernier cas, ces règles ayant déjà an quelque sorte fait leurs preuvers, on peut s'interroger sur le pourquoi d'un tel échec. Il devient alors évident que l'existence de règles est liée à la nécessité d'évolution du langage, et qu'elles en permettent la mutation et la reconversion permanentes. Sans ces règles, issues d'empirisme et de réflexion conjugués, il ne peut y avoir d'évolution. C'est en cette évolution que consiste la création. L'innovation est nécessaire. Les règles sont destinées à être enfreintes. Sans cette dynamique, c'est le statisme qui entraîne d'abord vers un académisme assuré, puis vers une disparition certaine. Sans doute est-ce une loi de la nature: tout est mouvement, l'arrêt est fatal. Ainsi surgit l'idée de progrès en art. Tout du moins de mouvement. D'évolution nécessaire. Je ne saurais expliquer cette nécessité, si ce n'est par l'existence d'un conflit permanent et incontournable entre le matériau et la forme.

Si ces expériences tentaient certes d'appliquer des règles en usages en les systématisant et en les mécanisant, d'autres tentatives visaient à mettre à jour des lois nouvelles, directement en rapport avec les moyens informatiques employés. Les langages utilisés par l'ordinateur devenaient des modèles pour le langage musical, les équations mathématiques servaient pour structurer l'œuvre, la physique venait s'y joindre, etc.. L'environnement scientifique, mystificateur pour certain, dans lequel baignait le compositeur motivé par

ces techniques nouvelles, en proposant de nouveaux modèles, laissait une forte empreinte. Se substituait à l'expérience auditive, pourtant primordiale dans la source de la création musicale, une expérience scientifique d'un tout autre ordre, elle aussi empirique et acquise à fatans. La motivation audio-sensorielle disparaissant, apparaissait ici et là une sorte de sensibilité peut-être nouvelle, certainement marginale, et très liée au désir de mettre en évidence des lois mathématiques ou venant d'autres disciplines scientifiques. Le retour sonore, quant à lui devenait secondaire et restait souvent éloigné de la démonstration. Les résultats, là aussi, étaient souvent décalés par rapport aux expectations et aux moyens employés. Les résultats les meilleurs étant dus, bien entendu, au talent individuel, et par conséquent au pouvoir de l'intuition se manifestant dans le détournement des règles, et non à l'exacerbation du raisonnement méthodique. Dans certains cas on pouvait voir dans la matière scientifique annoncée, dans l'équation de départ ou la démonstration à réaliser, le matériau lui-même, dans son état le plus brut, réduit à l'état d'une simple formule. Les règles se substituaient en quelque sorte au matériau. Devenant secondaire, il pouvait disparaître, et la matière, c'est à dire le son, devenir secondaire, voire redondante et accessoire. Le choix des règles utilisées ne nécessitant pas nécessairement d'intuition musicale, les résultats étaient en conséquence.

Ce principe évolutif s'est aussi généralisé et a envahi toutes les couches accessibles, ou rendues accessibles des domaines sonores. Le matériau, jusqu'il y a peu de temps, était pensé sous une forme abstraite. Le timbre imaginé n'en étant qu'une représentation possible, qu'une concrétisation pratique. Ce timbre, cependant utile au travail de l'imagination, était limité par l'expérience auditive vécue, individuelle, et par l'existence d'un parc instrumental que nous a légué notre tradition. L'évolution de la science nous offre depuis quelques décennies la possibilité d'une approche nouvelle, en nous permettant de comprendre un grand nombre de phénomènes liés au son qui jusque là étaient cachés à notre entendement rationnel. Bien sûr il y avait eu les travaux de Jean Philippe Rameau, les plus connus, sur la résonance naturelle des corps qui avait donné quelques éclaircissements assez intuitifs, mais suffisamment convaincants pour avoir solidement justifié l'emploi généralisé de la tonalité pendant plusieurs siècles. Il est intéressant de noter au passage que l'art a souvent eu besoin de l'appui de la science, notamment la musique, et particulièrement dans les périodes de tâtonnement. Ces intuition scientifiques n'ont pu être vérifiées, pour certaines, que depuis l'apparition des technologies modernes, en particulier de l'électronique et de manière encore plus convaincante de l'informatique. L'étude des sons a révélé des phénomènes beaucoup plus complexes que l'on ne pouvait l'imaginer. Et finalement, la composition spectrale des corps résonant naturels simples s'avère être liée à des phénomènes temporels très complexes ne répondant pas nécessairement à des équations aussi rationnelles que l'on avait bien voulu le penser. Ces observations ont pu être réalisée grâce à des outils d'analyse, au départ conçus pour les travaux scientifiques. Les compositeurs s'en sont emparés rapidement et les ont détournés à des fins musicales. Grâce à ces outils d'observation, quelque peu modifiés et extrapolés, il devenait possible, non seulement d'observer passivement le comportement des phénomènes sonores, mais, ce qui est bien plus intéressant, d'agir sur eux. Le son, dans cette approche, par opposition aux exemples précédents, devenait central. Bien plus, il devenait l'objet même du discours.

Les expériences de modification à l'intérieur même du son sont nombreuses et les illusions sonores qui en découlent sont frappantes. La possibilité de transformer le son à

son niveau le plus intime laisse entrevoir des possibilités et des variations infinies. Une nouvelle approche était enfin possible. Agir sur la matière même et la faire évoluer à son propre gré. Le compositeur devenait alchimiste. Le rêve de répercuter la microstructure du son dans la macrostructure s'avérait réalisable. La texture même de la cellule devenait par nature liée à la forme qui va la faire évoluer. L'œuvre pouvait contenir un ordre parfait et identique à tous les niveaux. Les outils informatiques permettant ce type de travail et il était pensable, en effet, de concevoir aussi la matière selon ses propres désirs, ou selon les exigences d'une forme en projet. Il est devenu possible de détourner un son pour en obtenir un autre, plus adéquat au projet immédiat, ou tout simplement de synthétiser les sons désirés. Un peu comme si le sculpteur pouvait concevoir son matériau en fonction d'un projet particulier. Bien évidemment, la réalisation musicale est la partie la plus périlleuse. Il est très long et difficile d'assimiler les techniques de synthèses suffisamment profondément pour atteindre une écoute intérieure. Les paramètres de comportement du son sont si complexes, qu'il est quasiment impossible d'atteindre ce seuil de maîtrise. L'évolution technologique en ce domaine est suffisamment rapide pour qu'on puisse espérer obtenir des raccourcis intelligents dans le domaine des manipulations de données. Mais peut-être ne s'agit-il pas d'un problème de technologie, mais plutôt d'un problème d'intelligence. Celle-ci n'est pas faite pour contrôler en détail l'évolution de la micro structure, elle est faite pour manipuler des concepts. Les outils disponibles sont encore loin, très loin de pouvoir fonctionner ainsi, et une adéquation entre outil et intelligence est indispensable pour permettre la création à son plus haut niveau d'excellence. Néanmoins, et là réside un grand paradoxe, le talent peut se manifester sans attendre, quelque soit l'environnement en place, et s'adapter pour précisément réaliser cette adéquation. L'esprit est toujours le plus flexible. Il ne se rompt pas en pliant. Ce qui n'est pas le cas de la machine. Le génie eclara quoiqu'il en soit, n'ayons crainte pour lui.

Les quartiers d'informations à gérer sont énormes, et la préméditation en la matière est très complexe. Elle a ses limites. Tout ne se fait pas de manière consciente et totalement orientée. L'implication émotionnelle ne peut être prévisible dans son détail. On s'y perdrat. La spéculation sur le pouvoir d'oublier et de se souvenir est nécessaire. Ces phénomènes de mémoire sont si multiples qu'il est impossible d'en jouer d'une manière consciente et d'en régler tous les détails. Seulement au niveau de la forme, par une approche globale, peut-on espérer maîtriser un tel jeu avec le flot des événements. Peut-être serait-ce ma définition de la forme musicale, ou du moins l'approche d'une définition.

Pour ce qui est du détail, de la gestion des parcelles, seulement pouvons-nous trouver notre compte, assouvir notre besoin de pouvoir sur la matière dans une sorte de mise en route d'un système. Le mot stratégie convient mieux à cette notion qui englobe, d'ailleurs, la notion de système. La stratégie de la tonalité étant désuète et abandonnée, nous reste une infinité de stratégies possibles, que notre imagination peut mettre à notre disposition. La gageure consiste à trouver une cohérence pertinente. Non pas une simple cohérence de système, ceci est relativement aisés, mais une cohérence d'écoute, ce qui l'est beaucoup moins.

La pertinence de l'audition est peut-être sans rapport avec la pertinence du système. En tout cas, il est sûr que la cohérence de l'un ne garantit pas la cohérence de l'autre. Quoiqu'il en soit, les efforts tendent à concilier les deux et le mythe est de les trouver entre elles une adéquation parfaite. Dangeureux équilibre. Rapport fragile. L'une se ferait-elle

au dérriment de l'autre? Il me semble cependant, en dernière analyse, que l'un doit inévitablement prévaloir sur l'autre. Ne nous retrouvons-nous pas, encore une fois, confrontés à l'antagonisme de Dyonisos et d'Apolon?

Il me semble, cependant que la notion de stratégie est assez large et convient pour décrire la forme à son degré le plus générale. Elle en assure un contrôle d'ensemble et de direction. Ce concept implique fortement la notion de directionnalité et exige la présence de vecteurs et de lignes de force qui en assurent puissamment l'orientation. Elle est ainsi fondamentale dans son implication esthétique. Cette notion en appelle une autre, qui agit en dessous de ce niveau et qui assure une approche plus élémentaire et moins visible, ce que j'appellerais dispositif. La stratégie est un ensemble de dispositif orientés, si l'on adopte une vision linéaire des choses. Ces dispositifs servent à gérer les événements plus locaux, et en apparence de moindre importance, mais qui alimenteront le discours musical et assureront une continuité et une cohérence locale. Mais, pour revenir aux principes d'évolution dans le discours musical, j'aimerais souligner, et peut-être est-ce une évidence, son lien avec le phénomène de la mémoire. Elle en est le corrélaire. Elle est le pivot, et peut-être la raison d'être de ces principes. Ce travail avec la mémoire est un jeu avec le passage du temps.

En fait de mémoire, il serait plus intéressant de parler de l'oubli. Il est injuste de ne parler que de la mémoire et de percevoir le temps uniquement à travers ce bout de la lorgnette. Sans doute devrions nous faire l'éloge de l'oubli plus souvent, ce qui serait contradictoire avec les principes de notre société, mais n'en serait pas moins intéressant. C'est en effet l'oubli qui permet de stigmatiser le souvenir, de le transcender et de le mettre au niveau du sublime. Car l'oubli, c'est l'inconscient, et c'est l'inconscient qui révèle le symbole en lui donnant toute sa force et son éclat. La symbolique est très forte en musique, et il est facile de sentir l'importance de la déduction. C'est donc l'oubli, cette sorte de crible qui, ainsi qu'un tamis posté dans le courant d'une rivière, retiendrait certaines parcelles. Non pas en fonction de leur grosseur, de leur masse, mais en fonction de leur qualité et de leurs formes qui, par leurs spécificités, s'accorderaient avec les formes que laisse entrevoir la conscience. De la même sorte que les pièces d'un puzzle viendraient coïncider avec les espaces vacants correspondants à leurs formes, à leur qualité propre. Travail donc de flots, de vagues, d'éclaboussures. C'est en ça que "tient" une œuvre, ou non. En ce qu'elle établit un rapport mystérieux entre souvenir et mémoire. Un rapport qui, si l'on en inverse les données, peut faire basculer l'auditeur dans le désarroi, l'enthousiasme, l'angoisse, la peur, la joie, etc... Ce rapport est délicat à établir, et forme en partie, selon moi, le style. Il consiste dans le dosage entre les éléments qui sont rappelés à la mémoire de manière brute ou qui sont altérés, modifiés, inversés, dans des univers temporels divers, transposés, etc... Toutes ces manipulations sont là comme autant d'astuces pour tromper l'auditeur, l'emmener là où il ne veut pas aller, ou là où il veut aller, pour le manipuler lui aussi, mentalement. Le compositeur est un manipulateur, et son auditoire un cobaye. Ce rapport va donner, par la patine que le flot du temps inmanquablement va assurer, une personnalisation des éléments, une identification. Il va assurer l'appropriation du discours par l'auditeur. L'oubli que le temps assure, inmanquablement, va permettre une distorsion des éléments. C'est le rapport entre la distorsion de la matière et la distorsion impliquée par le temps dans la mémoire, c'est cette dialectique, qui est le ressort de l'écriture musicale.

# IL RUOLO DELLA TEORIA MUSICALE ALLE ORIGINI DELLA RIVOLUZIONE SCIENTIFICA

*LA RICADUTA DEL PENSIERO MAGICO-SIMBOLICO NEL REPERTORIO PARAMUSICOGRAFICO*

*STEFANO LEONI*

1. Concetti di carattere musicale hanno costantemente guidato la storia del pensiero scientifico fin dai tempi più remoti rappresentando, ora più, ora meno diffusamente, modelli teorici (quando non operativi) di una realtà e di una natura che han necessitato via via di spiegazioni tanto logiche quanto rassicuranti. La risposta dell'uomo all'incontrollabilità del quotidiano, che nel corso della storia ha assunto differenti presupposti e fogge varie e contraddittorie, e che si è sovente identificata con la proposizione dell'idea di Armonia del Mondo, entra gradatamente in crisi, quale modello "che spiega", a partire dai secoli XVI - XVII, alle origini, dunque, della cosiddetta Rivoluzione Scientifica.

Ordine Sovrano, Anima del Mondo, la musica è stata, per gli antichi come per chi vive alle soglie dell'età moderna, la voce di Dio, l'immagine della creazione cosmica e del suo organizzarsi ordinato; Armonia sarà allora *Stimmung*, assumendo un intendimento allegorico-metaforico.

Moltissime sono le testimonianze del particolare significato dato al termine Armonia e, di conseguenza, alla particolare considerazione della musica, disciplina delle discipline, terreno di confine e di conseguente interscambio, luogo topico dell'ambiguità e della seduzione: del magico *secumaducere*.

La musica può (in quanto 'ha il potere di') ricostruire la natura in quanto può non presupporre una natura cui far riferimento; essa si adatta perfettamente all'uso "alchemico" di rifondazione dell'ordine del mondo attraverso lo schema dell'ordine cosmologico. Può essere materiale costitutivo del modello macrocosmico e microcosmico.

E' proprio su questa tradizione che si basano quelle tendenze magico-simboliche utilizzanti la Musica e l'Armonia come elementi fondamentali nella descrizione dell'Universo e del Reale. Le citazioni a riguardo potrebbero essere innumerevoli; per esse rimando alla copiosa bibliografia esistente.

Il cosmo armonico, il cielo *intonato* costituirà una costante della trattistica musicale dei secoli XV-XVII fino a che resterà in vita l'affascinante utopia rinascimentale della compensione dell'universo attraverso la *ratio*, quello che per i greci era il *logos*: la parola che spiega, ma anche l'aspetto matematico di numero, il numero proporzionato.

Ma a partire dal XVII secolo questo cosmo armonico si sfalderà, si decomporrà gradatamente, perderà le sue caratteristiche musicali passo dopo passo, per secolarizzarsi; il cielo subirà allora, con una fortunata espressione di John Hollander, *the untuning*, diventerà scordato. Il concetto di Armonia quindi decadrà, passerà dal Cielo alla Terra, dalla omnicomprensiva armonia delle sfere, del cosmo, alla prassi strumentale. L'universo armonico si sfalderà anche dal punto di vista culturale e finirà un'epoca, quella della trattistica "magico-simbolica".

Si tratta, nel corso della rifondazione della scienza musicale (tra il periodo rinascimentale-barocco e l'avviarsi, in campo concettuale, della rivoluzione scientifica) di una transizione, a livello teorico, da uno schema di pensiero puramente *matematizzante* a quello che potremmo definire *fisicizzante* in o intorno la musica. Dal basarsi quindi, in via di definizione dello spazio musicale, su concetti di tipo matematico - con chiaro riferimento alla tradizione pitagorico/platonica - a soluzioni di matrice fisico/acustica (o fisiologica) che presuppongono una sostanziale ridefinizione del rapporto tra senso e ragione a partire da posizioni "neo-aristoteliche" in funzione di una rinnovata pariteticità.

Questo passaggio, come ho già avuto altrove modo di sottolineare, avvenuto anche nel segno di una progressiva laicizzazione, reale o metaforica, locale e teorica, dell'oggetto sonoro (o, quanto meno di una differente spartizione di esso tra mondo religioso e mondo 'profano'), lascia come tangibile traccia del mutamento, della transizione, il graduale abbandono del primario aspetto "semanticco-concettuale" del termine Armonia, precludendo esiti simbolico-cabalistici. La situazione diviene tale che, come dice Spitzer, "*la cupola metafisica che un tempo, abbracciando il mondo intero, ricopriva l'umanità, è scomparsa, e l'uomo resta a far crepitare le sue ciance in un Universo infinito*" (1), collegando così il variare della concezione scientifica del mondo al dissolversi della sua immagine armonico-musicale.

Il mito per eccellenza, il mito d'Armonia, subisce dunque una sostanziale demitizzazione. La dominanza simbolica del mito di Armonia, che rappresenta la chiave di comportamenti diversi ma tutti condividenti la caratteristica fondamentale della "non profanità", la sua sacralità nel continuo alludere ad una Verità, cosmica, celeste, astrologica, numerica, ecc., questa dominanza viene a cadere.

Con Marin Mersenne, filosofo della conoscenza e "scienziato", siamo al canto del cigno dell'Armonia del Mondo, della sua stessa *Harmonie Universelle* (che diviene titolo di una copiosa raccolta di trattati datati a partire dal 1636); essa esiste e resiste per lui più come confezione encyclopedica del Sapere che come entità che riporti in qualche modo alle fissità dell'universo finito e conoscibile pitagorico-platonico. Noi conosciamo le cose, argomenta dal più al meno Mersenne, per quel tanto che esse ci sono proporzionate; si tratta, comunque, di una utilizzazione funzionale dell'Armonia, che per questo autore è allora, in definitiva, "altro da sé". L'Armonia diverrà esclusivo campo d'azione dei metafisici, il reale non potrà da essa esser né conosciuto né tanto meno spiegato, come arriverà in sostanza a stimmatizzare Roberval. (2)

Le cose cambiano, o almeno incominciano a cambiare, proprio all'inizio del Seicento, quando ha inizio la cosiddetta rivoluzione scientifica, debitrice, più di quanto

si sia soliti ammettere, della trattatistica musicale coeva.

2. L'Europa del primo terzo del XVII secolo vede, com'è noto, il fiorire di scritti, manifesti, trattati, e di conseguenti polemiche, intorno ad utopie simboliste, alla qabbalah, alle società segrete di stampo rosacrociano. Si tratta, ritengo, di un cospicuo colpo di coda del progetto matematizzante rinascimentale, che si configurava persistentemente come "pensiero forte", nel momento in cui si avvertono i primi pigolii del metodo scientifico moderno, di un pensiero che, nell'immediato, è ancora "pensiero debole", senza pretese di racchiudere in sé la Natura intera e il Cosmo, quanto di spiegare il reale attraverso una corretta matematizzazione di natura e scienza.

Parte delle polemiche, e del conseguente chiarimento di una linea metodologica nuova, si giocano ne, o attraverso, l'ambito musicale. Giovi ricordare, per inciso, che Cartesio stesso pone mano ad un *Breviario di musica*, nel 1618, in cui adombra il "Metodo" (3). Così alla musica faranno riferimento, con maggiore o minore profondità, tra i tanti, Robert Fludd, Johannes Kepler, Marin Mersenne.

Mersenne, fondatore del meccanicismo, rigetta l'animismo di Fludd sia da un punto di vista gnoseologico che teologico: egli ammette, è vero, l'influenza della musica sull'anima (e da qui peraltro prende spunto il suo atteggiamento morale nei confronti della musica), ma avverte di non cercare in essa alcun effetto magico. Per Mersenne il suono corrisponde alla vibrazione udibile all'orecchio umano, è un *mouvement sonore*, nient'altro. Scrive a questo proposito Robert Lenoble, il massimo studioso mersenniano:

"...questo movimento mette in vibrazione gli organi dell'udito e di nervi, troviamo lì la vera causa del fenomeno. Così, per controbattere la magia, egli [Mersenne] si orienta già verso una psicologia ed una scienza meccanicista." (4)

Mersenne, già nel 1623, ha chiari questi presupposti:

"Itaque, cum sonus sit veluti sonans motus, et motus tantam vim in omnibus rebus corporeis habeat, non est, quod miremur, si musica vires suas exerat, et huc illuc animum transferat" (5)

che comunque svilupperà ulteriormente nel decennio seguente.

Egli rifiuta poi, ovviamente, anche le "deviazioni" animistiche di Keplero, del Keplero giovanile, legato al neoplatonismo, così come già si era schierato contro Bruno e Campanella.

L'ordine supremo è per Mersenne talmente inintellegibile da permettere ipotesi analogiche contrastanti. Egli invita quindi gli studiosi a non lasciarsi prendere dalle analogie di linguaggio o di "notazione" teorico-musicale che è solito fare Fludd: il trovare in musica ed in astronomia numeri comparabili non costituisce una ragione sufficiente per cui si debbano immancabilmente immaginare rapporti di causalità.

"Verum omnes Musicos advertere velim non ita inhaerendum esse numeris, ut statim rem eo modo se habere credant, quo numeros esse viderint, quippe qui nihil ad vim musicae faciunt, sed tantum ut res prius inventae facilius concipientur, et exprimantur" (6)

La musica perfetta non ci sarà rivelata che in Cielo.

*"Se Mersenne non abbandona mai l'idea di una musica moralizzatrice, è alla scienza meccanica che domanderà di realizzarla e, in ogni caso, egli avrà perfettamente compreso che la vera maniera di servire Dio, non è il sottilizzare sulle analogie pseudomistiche, ma di costruire una scienza seria."* (7)

Il metodo della qabbalah, che ritroviamo in tutti gli ermetici, è fondato sulla dottrina della corrispondenza universale delle cose, e specialmente del Microcosmo umano, corpo ed anima, e del grande universo, il Macrocosmo. Mersenne ha talora abusato, di queste analogie (vedi, ad es. *La Vérité des Sciences* e le *Quaestiones in Genesim*), ma ha il buon senso di considerarle dei semplici ornamenti letterari, e contesta energicamente coloro che vogliono fare di giochi di parole il principio della ricerca scientifica. Fludd, per esempio, cerca nella cabala il principio di una medicina e di una astrologia; gli astri, gli elementi, le parti del corpo, così come sono una cifra ed una lettera dell'alfabeto ebraico, sono anche una nota della scala. E conseguentemente la combinazione e l'accomodamento dei corpi di natura non solo rispecchiano le proporzioni armoniche degli intervalli musicali, ma vi si ritrovano, vi si inverano in una realtà "universale", macrocosmica.

Ecco alcune corrispondenze come Mersenne le rileva in Fludd, contestandole nel corso del *Traité de l'Harmonie Universelle* :

note della scala		cifre cabalistiche			
ff	Dio Padre	10	Serafini	Amore di Dio	
ee	Il Figlio	20	Cherubini	Intelligenza	
cc	Lo Spirito Santo	30	Troni	Intelletto	
bb	Mens	40	Dominazioni	Amore del prossimo	
aa	L'intelletto	50	Principati	Ragione	
F	La Luna	500	segno marte	Irascibile	
E	Il fuoco	600	segno sole	Vitale	
A	L'acqua	1000			
G	La terra	2000			(8) .

Mersenne è lontano dal rigettare *a priori* l'ipotesi dell'Armonia delle sfere, che trova egualmente sostenuta da quello che considera un valido matematico come Keplero. Egli la esamina specialmente nel suo *Traité de l'Harmonie Universelle*, molti capitoli del quale sono una confutazione puntuale del laborioso *Microcosmo* di Fludd (*l'Utriusque Cosmi Metaphysica, Physica, et Technica historia*, 1617), perché l'ipotesi armonica di quest'ultimo non tiene conto dei dati dell'osservazione.

D'accordo su questo punto con Keplero, egli ritiene in effetti che il simbolismo astrologico-musicale non può ricevere conferma se non dai calcoli degli astronomi e dei fisici. Ora, questi calcoli, sembrano ignorati del tutto da Fludd. In sostanza egli si dimostra un "sapientucolo" (calcoli e valutazioni sbagliate sulla distanza pianeti-terra, sulle proprietà delle corde vibranti, sulla densità dell'aria, sui composti chimici, etc.).

Quindi la sua musica e la sua astrologia cabalistiche restano puramente arbitrarie:

*"mais encore qu'il se fasche ... contre ceux qui n'approveront pas son opinion, ie confesse que ie ne scaurois le suivre iuscque à ce qu'il nous ait donné quelque raison, car il avance tout ce qu'il dit de cette harmonie sans aucune démonstration"* (9)

Ecco allora il giudizio della ragione sulla Cabala: essa afferma sempre e non dimostra nulla.

*Mersenne si lascia andare a qualche gioco cabalistico solo per poterne dimostrarne l'infondatezza; tutte le affermazioni della qabbalah sono "frivola, fabulosa, vel saltem absque fundamento prolatata"* (10).

Ma questo gioco non è comunque innocente. Può portare ad analisi distorte, a porsi contro la legge divina:

*"Sane demiror eorum [dei cabalisti] solertiam, qui ex qualibet dictione aequa possunt insurgere, ut adversus Scripturam sacram, et legem divinam quaecumque dicant, at ut pro ea dimicent..."* (11)

Questi "sogni" sono peggio dell'ignoranza, perché essi ci impediscono di osservare correttamente la natura. Come egli sottolinea a proposito delle pretese di Fludd di istruirci sull'Armonia del mondo:

*"sarebbe molto meglio non conoscere affatto questa Armonia, che immaginarsela diversamente da quella che è"* (12)

I Cabalisti ci ingannano sulla natura del linguaggio. Per essi la parola significa l'essenza delle cose.

Mersenne discuterà a lungo la questione. Ma è alla nuova scienza, al meccanicismo, che egli domanderà, come ben sottolinea Lenoble, la risposta decisiva per distruggere il prestigio secolare dell'onomanzia: la parola non è che un *flatus vocis*, un segno puramente convenzionale, una vibrazione dell'aria la cui natura è rilevata e rivelata interamente dalla fisiologia e dall'acustica. Solo la vera scienza libera dalla falsa scienza. Essa sola permette altresì di salvare la Morale. Perché, ed è questo il supremo pericolo della qabbalah, nella corrispondenza universale che essa immagina tra nomi, astri, elementi naturali e persone fisiche, il destino umano non è più nient'altro che un singolo elemento della storia cosmica.

*"La musica di Mersenne è la Medicina di Paracelso, cioè la panacea di tutti i mali dell'anima e del corpo"*, avverte ancora Lenoble (13). Mersenne combatte le illusioni dell'astrologia e della cabala musicale di Fludd; e con la stessa idea di Armonia Universale designa una corrispondenza provvidenziale delle proporzioni in tutte le parti della natura.

Mersenne rifiuta la visione occultistica della natura in favore di un'ottica sostanzialmente psico-fisiologica che vuole ad ogni costo salvaguardare la libertà umana dal surdeterminismo magico.

*Egli rinuncia a formulare una teoria metafisica dell'Armonia del Mondo che resta segreto di Dio. "In quanto cristiano egli si riserva la via della grazia"* (14)

Anche Keplero, quando cesserà di abbandonarsi a torpori animistici, polemizzerà aspramente con Fludd e con l'impostazione cabalistica in generale. Già nel 1608 chiarisce, in una lettera a J. Tanck, il proprio punto di vista.

*"Anch' io gioco con i simboli e ho ideato un'opera dal titolo Cabbala geometrica [...] Gioco però in maniera da non dimenticare mai che si tratta solo di un gioco. Niente, infatti, può essere dimostrato con i simboli; nessun segreto della natura viene svelato da simboli geometrici. Essi ci danno solo risultati che erano già noti anche prima, a meno che non sia dimostrato con argomenti sicuri che non sono*

*unicamente dei simboli, ma che esprimono il modo e le cause delle connessioni tra le due cose paragonate”.*

Keplero, in seguito, nell' *Appendice* all'*Harmonices Mundi libri V*, (che cito nella traduzione del prof. Mario Fontana) testo che tanto si occupa di teoria musicale riferita all'astronomia, segnala accuratamente le differenze che lo distinguono da Fludd:

*“Perciò anche nell'opera sua vi sono moltissime illustrazioni; nella mia opera invece, vi sono diagrammi matematici composti con lettere. Puoi infatti vedere come esso si diletta moltissimo di tenebrosi enigmi di cose, laddove io mi sforzo invece di portare nel mio intelletto a chiarezza le cose avvolte nell'oscurità. Il primo atteggiamento è familiare agli alchimisti, agli ermetici, ai seguaci di Paracelso; il secondo è caratteristico dei matematici”* (15)

Ovviamente la polemica, che inizia a modularsi nell' “*Appendix*”, riguarda la concezione di Musica Mundana di Fludd, ricavata dall' *Utriusque cosmi...*

Keplero così procede:

*“E così pure anche nei libri II e III, dove tratta la medesima materia che tratto io, vi è questa differenza tra noi due: che quelle cose che egli prende dagli antichi, io le ricavo dalla natura delle cose e le tratto a partire dagli stessi fondamenti: mentre egli usurpa affermazioni non corrette e confuse tramandate in maniera insicura, io invece proiedo secondo l'ordine naturale, affinché ogni cosa sia corretta secondo le leggi naturali, perché venga evitata la confusione; [...] In poche parole per ciò che concerne il trattare l'Armonia, l'uno tratta la musica vocale e strumentale, l'altro la musica filosofica e matematica.”* (16)

Ma ancor più grande è il *discrimen* , per l'astronomo, nel momento in cui Fludd introduce la Musica nel Mondo:

*“Passiamo quindi ad un altro passo di questo autore, là dove egli introduce il dis- corso sulla musica mondana: qui davvero è incommensurabile quanta sia la differenza tra noi due. In primo luogo le armonie che egli intende mostrare sono puri simbolismi, dei quali dico la medesima cosa che ho detto dei simbolismi di Tolomeo, che essi sono piuttosto poetici ed oratori che filosofici e matematici.”* (17)

E, per venire al succo:

*“Ma per avvicinarci maggiormente ai principî in base ai quali Robert Fludd costruisce la sua musica mondana, diremo che dapprima egli si occupa di tutto il mondo e delle sue tre parti, Empiræa, Celeste e degli Elementi: io invece mi attengo esclusivamente a quella celeste, e nemmeno a quella tutt' intera, ma solo ai movimenti dei pianeti sotto lo Zodiaco. Egli, confidando negli antichi i quali credevano che la forza dell'Armonia derivasse da numeri astratti, si accontenta di dimostrare tra quali parti vi sia accordo in qualunque modo le numeri, senza preoccuparsi in qual maniera le unità si siano congiunte in quel numero; [...]”* (18)

Ricordando peraltro che Fludd si era espresso in maniere sicuramente non signorili nella critica a Keplero:

*“I matematici da strapazzo si occupano dell'ombra delle quantità, gli alchimisti e gli ermetici abbracciano la vera midolla dei corpi naturali”*  
come Keplero riporta nell' *Apologia adversus Rob. de Fluctibus* (1622) (19).

In sostanza, come avverte Ernst Cassirer, Keplero rifiuta ipotesi che si basino non su prove scientifiche ma su una fede cieca, in ciò relazionando strettamente matematica e musica:

*"Qui possiamo anche rintracciare la netta linea di separazione che distingue il concetto di armonia di Keplero dalla concezione neoplatonica e neopitagorica dell'universo, alla quale inizialmente appare ancora legato. La matematica, come tale e senza una determinazione e una definizione logica più precisa, non può bastare a compiere la separazione: nel Rinascimento, e anche in Agrippa von Nettesheim, essa era stata addirittura asservita alla mistica e alla magia. Il tentativo di risolvere la realtà in puri rapporti numerici conduce soltanto a giochi allegorici, se non si pone fin dal principio al servizio della rigorosa analisi causale dei processi naturali e se non insegnava a comprendere e a usare la matematica come una condizione della conoscenza empirica delle leggi" (20)*

Ma si tratta solo di assaggi e, ovviamente, la storia continua...

Stefano Leoni

Genova-Savona, estate 1989

#### NOTE

1) Cfr. Leo Spitzer, *Essays on English and American Literature*, Princeton Univ. Press, 1962, p. 300.

2) Cfr. , tra l'altro, Stefano Leoni, *Le armonie del mondo* , Ecig, Genova, 1988.

3) Cfr. il saggio che Luisa Zanoncelli premette alla sua traduzione del *Compendium* cartesiano: "Il *Breviario di musica* si propone di fatto come disegno l'interpretazione per una nuova via, cioè in conformità ai moderni orientamenti del pensiero scientifico, dei fenomeni musicali riconducendone elementi ed esiti con un metodo rigoroso, a fondamenti saldi e definitivi in quanto individuati sulla base di dati di fatto giudicati di per sé evidenti..."; da René Descartes, *Compendium musicæ*, [1618], 1650; tr.it. *Breviario di musica*, Corbo e Fiore, Ve-Mestre, 1979, p.7.

4) Cfr. Robert Lenoble, *Mersenne ou le naissance du mécanisme* , Paris, 1943, p. 367.

5) Marin Mersenne, *Quæstiones in Genesim* , Paris, 1623, col. 1561.

6) *Ibidem* , col.1699a.

7) Idem, *Harmonie Universelle*, Paris, 1636-7, "Traitez des consonances" I. III, pr. XVIII, p.188.

8) Cfr. Marin Mersenne, *Traité de l'Harmonie Universelle* ,Paris, 1627, p. 87.

9) *Ibidem* , p. 89.

10) Idem, *Quæstiones in Genesim* , col. 1705 b.

11) *Ibidem* , col.704.

12) Idem, *Traité....* , p. 453.

13) Robert Lenoble, *Op.cit.* , p.531.

14) *Ibidem*

15) Johannes Kepler, *Harmonices Mundi libri V* , Linz, 1619, "Appendix", p. 252; tr.it. di Mario Fontana, non edita.

16) *Ibidem*.

17) *Ibidem* ,p. 253.

18) *Ibidem*.

19) Idem, *Apologia adversum Rob. de Fluctibus*, Opera V, p. 18.

20) Ernst Cassirer, *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit*, B.Cassirer, Berlin, 1906 sgg; tr.it. *Storia della filosofia moderna*, Einaudi, Torino, 1952, p. 388.

# MCP: MUSIC COMPOSER/PERFORMER

*PAOLO AIELLO  
FRANCO SABA  
ASSOCIAZIONE ABACO*

## 1. INTRODUZIONE

MCP è un software dedicato prevalentemente alla composizione ed esecuzione musicale. Tuttavia, per la sua concezione aperta, questo programma può in realtà essere utilizzato per il controllo di qualunque dispositivo interfacciabile a computer (ad esempio una unità di controllo luci), previa realizzazione di un'apposita interfaccia software. Diversi dispositivi possono essere controllati contemporaneamente, possono essere sincronizzati ed interagire eventualmente tra loro. Inoltre è prevista la possibilità di captare e registrare eventi esterni che controllano e modificano l'esecuzione in tempo reale.

Le periferiche immediatamente utilizzabili sono gli strumenti musicali elettronici dotati di interfaccia MIDI, in quanto questo protocollo è già implementato nella versione base del programma, che contiene anche l'interfaccia per il sistema esclusivo del sintetizzatore ROLAND D110, utilizzato per le prove. Tutti gli altri strumenti MIDI possono essere controllati attraverso i messaggi di sistema comune, mentre per quelli di sistema esclusivo è necessario includere un nuovo modulo nel programma. Lo stesso vale per strumenti interfacciabili al computer con protocolli diversi dal MIDI.

Quella che abbiamo chiamato "concezione aperta" di questo progetto si concretizza essenzialmente in due caratteristiche: la portabilità e l'espandibilità. La prima, ottenuta grazie all'uso del linguaggio C., consente di utilizzare il programma, con minime modifiche, su macchine di diversa marca e tipo. La seconda è il risultato di scelte progettuali che consentono sia di aggiungere nuove interfacce per il controllo di altri dispositivi (come accennato in precedenza), sia di dotare il programma di nuove

funzionalità, facilmente e senza bisogno di riscrivere parti del codice già esistente.

Attualmente il programma funziona su computer dotati di sistema operativo MS-DOS e su Atari ST.

## 2. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGRAMMA

Il programma comprende due sezioni principali, una che funziona in tempo reale e una in tempo differito. Quest'ultima si occupa principalmente di interpretare delle "partiture" costituite da files di testo generabili da qualsiasi text editor o word processor, scritti in un codice appositamente creato. Le istruzioni scritte in questo codice generano dei "processi", ossia degli insiemi di "eventi" (messaggi numerici temporizzati diretti ad un determinato dispositivo esterno) ognuno dei quali possiede diversi parametri (cioè composto da diversi messaggi elementari aventi ognuno un particolare significato). I valori di ciascun parametro sono generati indipendentemente l'uno dall'altro con istruzioni e quindi algoritmi differenti.

Ogni processo contiene messaggi di un solo tipo. I parametri degli eventi di un processo possono essere la copia di tutti o di una parte dei parametri di un altro processo. Questo consente tra l'altro di sincronizzare diversi processi copiando i parametri temporali e di eseguire vari tipi di trasformazione dei processi.

## 3. LA PARTITURA

Non è possibile in questa sed fornire una descrizione completa della sintassi del linguaggio utilizzato per le partiture. Ci limiteremo quindi a illustrare un semplice esempio:

```
# test for mcp program
#####
# messaggi MIDI sistema comune

000400 p1 d110 xxx 50 note
    note {[A5,B5*3,C5,D6] [C2/D4s[2,3]]*2}*5
    time 0/20000s [100,400] +-3
    chan [2,3,7]
    dur 20/80s [5,10)%80 500/600%20
    dur for notes (A3 B6/B7:1000) (E4/F5: 500%50 800%50)
    keyvel 2/17><<'log2's3
```

Quanto riportato qui sopra è il contenuto di una partitura di prova. Questo esempio non ha alcun interesse dal punto di vista sonoro ma serve unicamente per provare alcune funzionalità del programma. La partitura definisce un processo che genera eventi MIDI per il sintetizzatore ROLAND D110.

Il processo si chiama 'p1' e definisce un insieme di 50 eventi 'Note' che verranno inviati al dispositivo 'd110' a partire dal tempo 400.

'Note' è definito (all'interno del programma) come un evento costituito dai seguenti parametri:

- note: numero della nota; nella partitura è indicato con il simbolo alfabetico della nota e il numero dell'ottava
- time: questo tempo è calcolato a partire dal tempo iniziale del processo
- dur: durata della nota
- chan: canali MIDI ai quali il messaggio sarà inviato (nel caso del D110 è possibile far corrispondere ad ogni canale un diverso timbro)
- keyvel: key velocity ossia intensità sonora della nota

Come si può notare, l'evento non corrisponde ad un singolo messaggio MIDI ma in questo caso a due messaggi (NOTA ON e NOTA OFF). In generale ogni evento corrisponde ad un numero arbitrario di messaggi elementari, a seconda di come viene definito.

Ad ognuno di questi parametri vengono assegnati dei valori nelle linee che cominciano col TAB. Ogni linea definisce un insieme di valori che saranno assegnati agli eventi nell'ordine in cui sono definiti. Ad esempio il parametro 'keyvel' assumerà valori da 20 a 127 con salti (s sta per step) di 10. Quindi il primo evento avrà keyvel 20, il secondo 30 ecc. Se, come in questo caso, il numero di valori definito  $((127 - 20)/10 + 1 = 11)$  è inferiore al numero degli eventi (50) i valori generati saranno riassegnati ciclicamente (il dodicesimo evento avrà nuovamente valore 20 e così via). Se invece il numero di valori è supriore (come nel caso del parametro 'time') le assegnazioni semplicemente termineranno con l'ultimo evento.

Questi sono gli insiemi di valori generati per i singoli parametri:

- note: l'insieme A5, B5 ripetuto 3 volte, C5, D6 seguito dall'insieme delle note da C2 a D4 a step alternati di 2 e 3; quest'ultimo insieme è ripetuto due volte; il tutto è ripetuto 5 volte
- time: valori compresi nell'intervallo da 0 a 100000 con steps di 100, 400, 200 ripetuti ciclicamente; questi valori subiscono poi una variazione random di più o meno 3 unità
  - chan: i valori 2, 3, 7 ripetuti ciclicamente
  - dur: valori random presi da due sottoinsiemi: il primo comprende i numeri da 20 a 80 con steps alternati di 5 e 10, il secondo i valori da 500 a 600. Al primo insieme è assegnata un probabilità dell'80%, al secondo del 20. Alcuni di questi valori vengono modificati dalla successiva assegnazione che è di tipo selettivo: negli eventi i cui parametri 'note' hanno un valore A3 oppure compreso tra B6 e B7 la durata avrà il valore 1000; in quelli con valore di nota tra E4 e F5 i valori di durata saranno assegnati con una scelta casuale tra i due valori 500 e 800, aventi entrambi una probabilità del 50%
  - keyvel: i valori della key velocity vengono presi da una tabella contenuta in un file, il cui nome è 'log2' che viene letta con uno step di 3, la prima volta nella direzione normale, poi due volte al contrario, e così via finché non si raggiunge il numero di eventi stabilito. La lettura è limitata agli elementi dal secondo al diciassettesimo.

Oltre alle istruzioni come quelle descritte (la cui sintassi è interpretata direttamente dall'analizzatore della partitura), è possibile utilizzare delle funzioni particolari inserendo nella partitura il loro nome seguito da un certo numero di argomenti. In questo caso il significato degli argomenti varia a seconda della funzione ed è interpretato all'interno

della funzione stessa. Si possono così estendere facilmente le prestazioni del programma semplicemente aggiungendo delle nuove funzioni e inserendo i loro nomi e i loro puntatori in una tabella.

#### 4. INTERVENTI IN TEMPO REALE

Una volta che la partitura è stata letta, vengono generati gli eventi, che restano nella memoria del calcolatore in attesa di essere mandati in uscita. Se non intervengono altri fattori, i messaggi vengono fatti partire ognuno al tempo assegnato, e si ha un'esecuzione totalmente in tempo differito.

Ma è anche possibile che vengano ricevuti messaggi da dispositivi esterni, o anche dalla stessa tastiera del computer, che modificano gli eventi precedentemente memorizzati o ne generano di nuovi. Le azioni da compiere al ricevimento dei messaggi sono sempre definite nella partitura.

Questo rende possibili sia interventi in tempo reale, sia il rilevamento di parametri ambientali con apposite apparecchiature interfacciate, sia una interazione fra i diversi dispositivi collegati, come anche tra eventi generati dalla partitura e 'performances', non necessariamente sonore, eseguite dal vivo durante l'esecuzione del programma.

#### 5. SVILUPPI FUTURI

La versione attuale è orientata prevalentemente alla realizzazione di installazioni sonore. Prevede l'implementazione di diversi algoritmi probabilistici oltre alle normali funzioni random descritte sopra. L'obiettivo è facilitare la realizzazione di composizioni di lunga durata parzialmente non deterministiche. In particolare rendere possibile la definizione di "macro-processi" sonori in cui sono stabilite solo le caratteristiche, appunto, macroscopiche, senza preoccuparsi eccessivamente dei singoli eventi. Tuttavia è possibile anche l'inserimento di sequenze di eventi definiti uno per uno (anche attraverso la lettura di tabelle) e la creazione di partiture totalmente deterministiche.

Le future versioni del programma andranno nella direzione di una sempre maggiore versatilità. Oltre all'attuale sistema di lettura e generazione degli eventi in fase preliminare (dispendioso in termini di utilizzo di memoria del calcolatore, ma che garantisce la massima velocità) sarà implementato un sistema di generazione degli eventi in tempo reale. Sarà possibile leggere e generare files di messaggi MIDI in formato MIDIFILES, in modo da permettere lo scambio di dati anche di altri programmi che supportano questo formato (composers, sequencers, generatori di partiture in notazione musicale ecc.). Inoltre almeno le funzioni di sequencer dovrebbero essere incorporate nel programma, per consentire la registrazione, riesecuzione e la modifica non solo di messaggi MIDI ma anche di altri tipi di messaggi.

Anche l'interfaccia utente sarà migliorata nel senso di una maggiore flessibilità e comodità d'uso. In particolare saranno utilizzate interfacce grafiche (GEM su Atari, GEM, Windows o X-Windows su PC), e si prevede anche una portatura su Macintosh. Sarà così possibile, tra l'altro, una definizione grafica dei processi, in alternativa alla partitura in codice ASCII.

Saranno poi realizzate interfacce di controllo per schede DSP e altri dispositivi hardware (ad esempio MINITRAILS, realizzato da Tempo Reale per il controllo della spazializzazione del suono).

## 6. CONCLUSIONI

Il progetto MCP nasce nell'ambito dell'Associazione ABACO, (Associazione per le applicazioni culturali e artistiche dell'informatica), sorta recentemente a Cagliari. Tra gli obiettivi dell'associazione, la promozione di iniziative riguardanti la computer music e la computer art, e la diffusione di tecniche informatiche in campo artistico e culturale (ausilio alla composizione musicale, analisi musicale, automazione della tecnologia teatrale, analisi semiologiche, antropologiche, ecc., didattica).

MCP è stato ideato e progettato da Paolo Aiello e realizzato da Paolo Aiello e Franco Saba. Si ringrazia Nicola Bernardini per la collaborazione e gli utili consigli.

# APPLICAZIONI MUSICALI PER LA SOFT MACHINE AP1

*PAOLO AIELLO, ETTORE CARTA,  
GIUSEPPE MANCONI, LUIGI MARRAS,  
ANDREA SABA, FRANCO SABA,  
PAOLA SIMBULA, TOMASO ZANZU,  
CONSERVATORIO STATALE DI MUSICA - CAGLIARI*

## ABSTRACT

*Questa memoria descrive una serie di applicazioni software scritte in linguaggio C e microcodice assembler 320 per una combinazione hardware costituita da un host PC-AT compatibile ed un DSP TI 320. Questo software è dedicato ad applicazioni musicali in tempo reale.*

## 1. INTRODUZIONE

Il progetto presentato in questa memoria è stato realizzato nel laboratorio di musica elettronica del Conservatorio Statale di musica "P.L. Da Palestrina" di Cagliari.

E' necessario sottolineare quindi che questo progetto non soddisfa tanto obiettivi d'innovazione tecnologica quanto esigenze didattiche a conclusione del Corso di Musica Elettronica.

Sino ad un anno fa, la strumentazione disponibile in Conservatorio era costituita da:

1. Sintetizzatore analogico Roland S100
2. Mixer Teac Tascam 8 canali
3. Registratore 4 piste Teac + 2 piste Revox 877 + cassette deck
4. Digital delay Korg
5. Sistema di Amplificazione

A questa strumentazione si sono aggiunti nell'ultimo anno:

1. Computer Olivetti M280, 1 Mbyte RAM, co-processore 80287
2. Interfaccia midi Roland MPU401
3. Due moduli di Digital Signal Processing (DSP in seguito) Soft Machine Ap1 progettati e realizzati dalla **Società d'Informatica Musicale (SIM)** in seguito) di Roma (Nottoli e Galante 1986).

Il cuore della Soft Machine è costituito da un processore integrato DSP Texas 32010;

si tratta di un processore veloce dedicato all'analisi dei segnali, con architettura Harvard (parallela) in grado di eseguire cinque milioni di operazioni al secondo, e quindi adatto ad applicazioni in tempo reale.

Si è pensato di utilizzare le caratteristiche di elaborazione veloce offerte dalla Soft Machine per un progetto in grado di sfruttare queste potenzialità con applicazioni in tempo reale. Inoltre, non essendo la Soft Machine una macchina dell'ultima generazione, con la sua ancora semplice architettura risultava adatta ad un approccio didattico di tipo graduale.

## 1.1 PROGETTO

Articolato in tre parti, il progetto realizza:

- a) una interfaccia software di gestione del linguaggio MUSIC V;
- b) una interfaccia midi per la Soft Machine;
- c) un analizzatore generalizzato di segnali audio.

Per la gestione della macchina sono stati realizzati preliminarmente tre programmi d'utilità ed una libreria di funzioni d'interfaccia. Essi sono:

- a) un programma di test hardware (stest)
- b) un monitor (smon)
- c) un programma di trasferimento veloce di microcodice (smcoder)
- d) una libreria di funzioni dedicate (smlib)

Le quattro sezioni, pur sviluppate autonomamente dai rispettivi gruppi, hanno proceduto parallelamente avvalendosi reciprocamente di una continua interazione.

Tutto lo sviluppo del software è avvenuto in un ambiente UNIX-like operante sotto MS-DOS sul computer M280. Questo ambiente ci ha permesso di utilizzare sia la predisposizione all'interazione in tempo reale del sistema operativo MS-DOS che strumenti software sofisticati quali Make, Egrep, Diff, Korn shell ecc. disponibili nel sistema operativo Unix.

Tutti i programmi sono stati scritti in linguaggio C, ponendo una particolare attenzione alla portabilità delle sorgenti. Il compilatore usato è il Microsoft C 5.1 con libreria grafica.

Le routines per la Soft Machine sono in Assembly 320 con Cross-assembler Texas Instruments xasm3.

Tutti i files sorgente, le librerie oggetto, e i Makefiles sono disponibili a chi ne farà richiesta.

## 2. CONCEZIONI

Le applicazioni descritte in questa memoria sono strutturate secondo una concezione molto diffusa nell'ambito della programmazione di sistemi, concezione che risale al sistema operativo UNIX e che consiste nello sfruttare il più possibile i risultati di un lavoro di équipe senza dover duplicare sforzi e risorse.

Nello specifico di questo progetto, tale concezione è stata articolata nei seguenti punti:

- creazione di una struttura generalizzata di I/O tra host e Soft Machine, così concepita:
  - a) costituzione di una libreria di funzioni d'interfaccia sia per l'host che per la Soft Machine
  - b) scrittura di piccolo programma kernel sempre presente nella lista dei processi eseguiti dal TI 32010 (il cuore della Soft Machine) per garantire un processo standard per l'I/O
  - composizione di un universo di comandi che utilizzino procedure standard di interfacciamento fisico e logico. Tali punti sono descritti nei paragrafi che seguono.

## 2.1 LA STRUTTURA DI I/O

Il input/output con la Soft Machine è gestito sia dal host che dal DSP con delle strutture di polling poiché la Soft Machine non è in grado di lanciare o recepire interrupts.

Sia il host che il DSP dovranno quindi condividere i processi attivi con processi di polling temporaneo per garantire una stabilità nella comunicazione.

Mentre le richieste di I/O da parte del host sono semplici da gestire perché esse avvengono, di solito, senza costrizioni di tempo è necessario uniformare le richieste di accesso da parte del DSP per permettergli di operare a frequenze di campionamento costanti. Per questo è stato realizzato un piccolo programma kernel in microcodice 320, programma al quale tutte le applicazioni scritte in microcodice fanno riferimento (vedi sotto).

### 2.1.1 LA LIBRERIA DI FUNZIONI (HOST)

La libreria di funzioni d'interfaccia, denominata '**smlib**', si può suddividere nelle sezioni seguenti:

1. funzioni di I/O (smio)
2. funzioni di gestione del codice oggetto 320 (mcode)
3. funzioni matematiche di conversione (smath)
4. funzioni di assemblaggio, disassemblaggio e simulazione del codice 320 (smcoder)

### 2.1.2 IL KERNEL 320

Il kernel residente nella memoria di programma del DSP è basato sul fatto che, dato che la Soft Machine non possiede né timer né interrupt di temporizzazione interna, non possono esistere al suo interno programmi concorrenti e pre-emptive. Ogni programma deve essere iterattivo e mantenere, nelle varie ramificazioni, un ciclicità fissa pari al periodo di campionamento prescelto.

Scegliendo degli algoritmi di sintesi che impieghino un tempo inferiore al periodo di campionamento è possibile far tornare il micropogramma al kernel in ogni ciclo di campionamento. Il kernel è progettato in maniera da impegnare la CPU per il tempo rimanente del ciclo, ritornando poi all'algoritmo di sintesi al momento opportuno.

Quando viene inviato un comando al kernel, tale comando sottrae al tempo di polling la quantità di tempo necessaria per eseguirsi senza influire così sul periodo di campionamento.

Le funzioni del kernel attualmente realizzate sono:

- data memory write
- data memory read
- program memory write
- program memory read
- extended memory write
- extended memory read
- job start
- job stop

### 3. SMON (SOFT MACHINE MONITOR)

'smon' è un programma d'interfaccia di base tra il DSP Soft Machine AP1 e l'host (Olivetti M280), realizzato per la gestione diretta delle risorse del DSP.

Diversamente da tutte le altre applicazioni descritte in questa memoria, smon non carica nessun codice oggetto all'interno del DSP. Per eseguire correttamente le proprie funzioni esso deve quindi essere chiamato quando il kernel (vedi sopra) ed un'altra applicazione siano già state attivate.

'smon' è quindi un programma di assistenza a basso livello che permette di verificare e modificare il comportamento del DSP mentre quest'ultimo sta eseguendo una qualsivoglia applicazione.

#### 3.1 SMON - PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

Mentre gli altri programmi descritti in questa memoria utilizzano le funzioni del kernel in maniera specializzata smon permette un accesso generalizzato alla data memory, alla program memory ed alla extended memory della Soft Machine.

L'interfaccia-utente di smon si presenta come un processore di comandi simile ai consueti monitor delle macchine general-purpose.

I comandi possono essere suddivisi nelle seguenti categorie:

1. gestione della memoria della Soft Machine
2. gestione dei microprogrammi
3. comandi di utilità

##### 3.1.1 COMANDI DI GESTIONE DELLA MEMORIA

I comandi di gestione della memoria sono i seguenti:

- pmw program memory write
- pmr program memory read
- dmw data memory write
- dmr data memory read
- emw extended memory write

- emr extended memory read
- ddm display data memory
- dpm display program memory
- fdm fill data memory
- fpm fill program memory
- uldm upload data memory from file
- ulpm upload program memory from file
- dldm download data memory to file
- dlpm download program memory to file

### 3.1.2 COMANDI DI GESTIONE DEI MICROPROGRAMMI

I comandi di gestione dei microprogrammi sono i seguenti:

- d disassemble 320 microcode
- a assemble 320 microcode
- spu select active spu
- start start microcode execution
- stop stop microcode execution

### 3.1.3 COMANDI DI UTILITÀ

I comandi di utilità sono i seguenti:

- ver display program version
- ? help (lista dei comandi)
- r repeat last command
- q quit smon

## 4. PROGRAMMA PLAY

'play' è un programma che preleva, da una delle memorie di massa di un host, i campioni calcolati dal programma di sintesi dei suoni Music V e li trasferisce ai convertitori D/A di un DSP.

### 4.1 DESCRIZIONE

I campioni calcolati dal compilatore Music V sotto il sistema operativo MS-DOS vengono depositati in un file avente estensione c00 (la versione di Music V utilizzata in questo caso è quella creata da Alessandro Colavizza al **Centro di Sonologia Computazionale dell'Università di Padova**).

Il comando play, seguito dal nome del file (con estensione c00), permette di trasferire i campioni contenuti in detto file nella data memory del DSP il quale, con un opportuno programma scritto in microcodice trasferisce i campioni con la giusta temporizzazione ai convertitori D/A del DSP. 'play' crea l'allocazione di memoria del host necessaria ad un trasferimento dei dati senza interruzioni legate alla disparità di velocità di accesso del disco.

## 5. AG (ANALIZZATORE AUDIO GENERALIZZATO)

'ag' è un programma generalizzato di analisi audio in tempo reale. Il programma integra la funzionalità di diversi moduli software allo scopo di permettere l'analisi dei segnali in una forma molto generale.

Il software è costituito da un programma principale, residente nel host computer che gestisce diversi moduli funzionali scritti in Assembly 32010. Si tratta di un programma che permette di selezionare una fra le diverse tecniche implementate di analisi dei segnali offerte da un menu di presentazione; il risultato dell'analisi scelta viene visualizzato sul monitor del computer ospite.

Il programma è aperto e potrà accogliere future espansioni che facciano ricorso anche a metodologie diverse da quelle previste inizialmente, fino a costituire così una libreria di tecniche di analisi adatte a diverse esigenze in campo musicale, o più in generale, al trattamento del segnale, qualunque sia la fonte.

### 5.1 DESCRIZIONE

'ag' prevede attualmente i moduli seguenti:

#### FFT

questo modulo realizza, in tempo reale, la Trasformata Veloce di Fourier del segnale in ingresso, visualizzandone le componenti spettrali sul monitor del computer ospite. Essendo il nostro sistema dotato di due macchine AP1, può essere realizzata la visualizzazione su due assi distinti, di un segnale stereofonico.

#### LPC

questo modulo realizza l'analisi, in tempo reale, con la tecnica della predizione lineare e visualizza su due assi distinti le due componenti risultanti:

1. componente di eccitazione (nel dominio del tempo)
2. componente di risonanza (nel dominio della frequenza)

#### SCOPE

questo modulo realizza la funzione di oscilloscopio, visualizzando su monitor l'andamento temporale del segnale in ingresso; anche in questo caso è prevista la visualizzazione dei due canali stereo.

Con questi tre moduli base viene assicurata l'analisi nel dominio del tempo e nel dominio della frequenza permettendo così una sufficiente flessibilità d'uso a seconda delle necessità individuali.

Future espansioni potranno essere costituite dall'implementazione di altri algoritmi, o di altri tipi di trasformate (trasformata di Hilbert ecc..).

### 5.2 MODALITÀ D'USO

Operativamente il sistema si configura come un comando, 'ag' con la sintassi: '**ag <modo>**', che verrà dato al computer ospite, in grado di selezionare, a richiesta, una tecnica di analisi, caricarla in memoria, farla partire e attuare la rappresentazione grafica su monitor grazie ad una serie strutturata di files di configurazione (file-risorsa).

I file-risorsa sono suddivisi nei seguenti tipi:

1. file di configurazione dei dati in arrivo;

2. file dei microprogrammi in linguaggio assembly 32010 che realizzano le funzioni prescelte.

3. file di gestione dello schermo.

I comandi infine, le opzioni essendo quelle già dette, sono della forma:

- ag fft, per la trasformata veloce di Fourier
- ag lpc, per l'analisi con predizione lineare
- ag scope, per la rappresentazione oscillografica

## 6. PROGRAMMA SMIDI

'smidi' è un programma che permette la gestione di microcodice 320 attraverso comandi in protocollo MIDI ricevuti, elaborati ed interpretati dal host.

### 6.1 DESCRIZIONE

Comandi MIDI vengono ricevuti ed interpretati dal host attraverso una interfaccia Roland MPU 401 e, se riconosciuti validi, trasformati in apposite sequenze di comandi kernel per la Soft Machine.

Una collezione di programmi in microcodice 320 permette di utilizzare diverse tecniche di sintesi e/o elaborazione. Tali programmi sono richiamabili in tempo reale con la sequenza MIDI Program Change, e specifici parametri di queste tecniche sono controllabili da altre sequenze MIDI.

A ciascuno di questi programmi corrisponde un file di configurazione delle strutture di dati della specifica tecnica di sintesi. Il host gestisce le relazioni tra comandi MIDI in ingresso e le strutture dati interpretando questo file di configurazione.

La gestione a basso livello del MIDI è stata realizzata sfruttando la libreria **CMT. LIB** creata da Roger Dannenberg alla **Carnegie-Mellon University** di Pittsburg, PA. (Dannenberg 1986).

## 7. PROGRAMMA SMCODER

'smcoder' è un programma creato per sveltire le operazioni di caricamento di un file, da una delle memorie di massa di un host alla RAM di un DSP.

### 7.1 DESCRIZIONE

I files in microcodice 320 prodotti nel host dal Cross-Assembler TI xasm3 contengono al loro interno numerosi elementi di controllo inseriti durante la fase di assemblaggio per l'auto-correzione degli errori e per inglobare informazioni necessarie al trasferimento del microcodice stesso nella program memory del DSP. Tali files vanno quindi sottoposti a parsing prima di poter essere trasferiti.

Al tempo impiegato per questa operazione va aggiunto quello necessario per il trasferimento dei dati dalla memoria di massa alla RAM del host computer.

In alcune situazioni riguardanti il controllo in tempo reale di eventi musicali eseguiti

dal DSP tale tempo può rivelarsi eccessivo (ad es., un cambiamento di algoritmo di sintesi, una variazione della tavola d'onda, ecc.).

Il programma smcoder permette di ridurre il tempo di trasferimento al solo tempo di scrittura fisica nella memoria eliminando così il tempo di parsing e di accesso alle memorie di massa del host.

## 7.2 PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

'smcoder' preleva dalla memoria di massa del host un file prodotto dal Cross-Assembler xasm3 e produce un file scritto in linguaggio C.

Tale file contiene le dichiarazioni esplicite di una lista concatenata di strutture contenenti tavole di microcodice 320 puro e le informazioni necessarie al caricamento di quest'ultimo nella program memory (indirizzo di partenza, dimensione, ecc.).

A questo punto, il file può essere inglobato in un qualsiasi programma scritto in linguaggio C, il quale, dopo essere stato compilato e caricato nella RAM del host può accedere in forma semplice e immediata alla lista sopracitata mediante opportune funzioni della libreria smlib (descritta altrove in questa memoria).

## 8. CONCLUSIONI

Desideriamo ringraziare il Direttore del Conservatorio "P.L. Da Palestrina" di Cagliari ed il docente di Composizione M. Franco Oppo che hanno innanzitutto fortemente voluto l'esistenza del Corso Di Composizione Elettronica ed hanno in seguito sostenuto queste nostre attività di ricerca e di studio.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Nottoli, G., Galante, F.

"Soft Machine: a real time fully programmable Computer Music System", in **Proceedings of the 1986 International Computer Music Conference**, CMA San Francisco USA 1986.

Dannenberg, R.

"The CMU MIDI Toolkit", in **Proceedings of the 1986 International Computer Music Conference**, CMA San Francisco USA 1986.

# N.L.D.S.

*FABIO ARMANI  
SIM S.R.L.  
VIA GRAZIOLI LANTE 76 - ROMA*

Esiste una vasta categoria di algoritmi di sintesi sonora: quella delle distorsioni non lineari (N.L.D.) o "waveshaping". La N.L.D. può essere considerata come un economico e flessibile metodo di sintesi sonora, capace di generare suoni così ricchi come quelli prodotti attraverso tecniche estremamente costose di sintesi additiva.

In aggiunta, questo algoritmo offre una base teorica unificata valida per la comprensione di molti altri metodi di sintesi non lineari, quali la tecnica FM (modulazione di frequenza) o la sintesi per somme discrete.

Partendo da queste considerazioni è stato sviluppato il sistema NLDS che comprende sia software che hardware su cui implementare questo algoritmo. L'analisi matematica della Distorsione non Lineare esula dagli scopi di questa breve presentazione, comunque mi pare doveroso introdurre qualche concetto di base allo scopo di meglio chiarire finalità e operatività del sistema NLDS.

Il processore non lineare, che è alla base della N.L.D., può essere considerato come un amplificatore distorcente: varie frequenze mandate in tale amplificatore non vengono trattate in modo eguale; alcune di esse sono sppresse, altre esasperate, introducendo un nuovo set di componenti spettrali. Queste nuove componenti spettrali vengono chiamate prodotti di modulazione. Diviene quindi essenziale descrivere le caratteristiche di distorsione di un processore non lineare in termini di una funzione polinomiale di trasferimento di tale processo. Questo è ciò che viene fatto nel programma NLDS, e che permette di determinare il numero, l'ordine e l'ampiezza delle componenti armoniche risultanti dall'operazione di distorsione.

Il programma, che consente un controllo totale delle armoniche risultanti dai coefficienti del polinomio distorcente con un procedimento che chiameremo "calcolo diretto", è stato sviluppato in modo da ottenere risultati sia in forma grafica che tabulare

inoltre è possibile ricavare i coefficienti da immettere nella funzione distorcente a partire da uno spettro armonico noto con un secondo procedimento che chiameremo "calcolo inverso". In questo sta la forza della NLD, proprio in questo suo controllo biunivoco del risultato e della funzione distorcente in termini dei suoi coefficienti.

Una volta concretizzato lo strumento di analisi teorica dell'algoritmo di Distorsione Non Lineare, si è sentita l'esigenza di un riscontro acustico dei risultati. A tale scopo l'esistenza di una macchina versatile come la Softmachine (realizzata alla S.I.M. di Roma) si è dimostrata estremamente preziosa, in quanto ha permesso una piena implementazione dell'algoritmo.

NLD si presenta quindi come un sistema in grado di controllare il processo di sintesi sonora, generato dalla board Softmachine, tramite il PC sul cui schermo viene visualizzato il risultato acustico (nei domini sia del tempo che della frequenza) unitamente ai coefficienti del polinomio distorcente. Inoltre va segnalata la possibilità di implementare questo algoritmo in una nuova famiglia di chip prodotti alla Sim (ASF) unitamente ad altri metodi come, FM, PCM e sintesi additiva in modo da realizzare uno strumento estremamente versatile che vede nel parallelismo di più algoritmi di sintesi sonora uno dei suoi punti di forza.

# SISTEMA MIDI PER IL CONTROLLO DEL FRASEGGIO, DELLA ARTICOLAZIONE E DELL'INTERPRETAZIONE MUSICALE DI PARTITURE COMPLESSE.

*Giovanni Battista De Biasi, Mario Piccinelli  
(C.S.C. - UNIVERSITÀ DI PADOVA)*

## RIASSUNTO

E' stato attuato un sistema composto di software e di una opportuna interfaccia hardware, inteso a consentire il più completo controllo dei fattori prosodici ed articolatori di partiture musicali comunque complesse, consentendone l'interpretazione personalizzata, in ogni dettaglio più fine, mediante strumenti MIDI comandati da qualsiasi personal computer.

Il fraseggio e le caratteristiche dinamiche ed agogiche vengono assegnate automaticamente partendo dai dati del testo; tuttavia l'organizzazione dei dati e le risorse del sistema sono tali che è possibile manipolare tali fattori, cambiarli o inserirne di nuovi, nonché scegliere l'orchestrazione ed effettuare la trasmissione di ogni altro codice MIDI desiderato in modo da raggiungere le modalità di interpretazione volute da ciascun utente.

Le caratteristiche sopra esposte fanno ritenere che il sistema sviluppato possieda doti di potenza, versatilità, portabilità, ed economicità non raggiunte simultaneamente da sistemi simili, e quindi possa consentire utili applicazioni nei settori della musicologia, della didattica, dell'intrattenimento, e consimili.

## 1. INTRODUZIONE

Esistono ormai così numerosi sistemi atti a codificare partiture musicali ed a riprodurle mediante strumenti MIDI che viene spontaneo chiedersi se sia utile proporre

un altro sistema del genere, che per qualche aspetto può apparire anche più limitato di altri sistemi disponibili in quanto, per esempio, non è previsto per l'editing e la stampa delle partiture.

E' sembrato tuttavia di poter rispondere affermativamente alla domanda in base alle scelte effettuate per impostare il nostro sistema, composto di software e di un'opportuna interfaccia hardware tra personal computer e strumenti MIDI.

Tali scelte vengono rapidamente illustrate nel seguito e costituiscono la necessaria premessa alla descrizione del sistema, giustificandone nel contempo l'attuazione.

In primo luogo ci siamo imposti che esso possa funzionare praticamente su qualsiasi personal computer, anche su quelli più economici. Il software che lo gestisce è compilato da un programma sorgente scritto in linguaggio C e funziona su qualunque personal computer che accetti un compilatore C: dai vecchi Apple ][, agli XT e AT o compatibili, via via a macchine più potenti e veloci. Il dispositivo periferico hardware, che attua il collegamento MIDI con gli strumenti musicali, è connesso al personal computer attraverso l'uscita di collegamento alla stampante con standard Centronics: quindi anche esso è collegabile praticamente con ogni personal computer.

In secondo luogo ci si è imposto che il sistema possa funzionare con partiture comunque complesse, con un numero qualunque di parti e ogni parte con un numero qualunque di voci, con battute di durata qualunque, sino a 34 semibrevi ciascuna (il che permette, per esempio, la trascrizione e l'esecuzione di musica gregoriana, tipicamente non organizzata in battute, ma divisa in base alla lunghezza dei versetti del canto).

In terzo luogo non si è posto alcun vincolo al mezzo con cui trascrivere le partiture dalla notazione convenzionale al linguaggio di trascrizione MUSICA. E' questo un linguaggio simbolico e mnemonico, in uso da molto tempo [1], arricchito di nuovi simboli per poter trattare ad alto livello tutti i comandi MIDI e per poter governare ogni evento musicale in ogni piccolo dettaglio e con la massima libertà.

Tanto per dare un esempio, sia l'istante di inizio, sia la durata, sia l'intensità di ciascuna nota possono venire modificati a piacere, mediante opportuni comandi simbolici, rispetto ai valori nominali scritti in partitura, per ottenere l'interpretazione desiderata.

La trascrizione di ciascuna parte può avvenire con qualsiasi mezzo: eseguendola su una tastiera che fornisca i codici MIDI di ciascun evento musicale, che poi vengono trascritti nel linguaggio MUSICA; ricopando la parte su uno schermo con l'ausilio di un mouse; digitando i simboli della trascrizione sulla tastiera alfanumerica dell'elaboratore: questo è il mezzo più economico di cui tutti possono disporre.

In quarto luogo si è deciso che, a partire dalla trascrizione del "testo-sorgente" originale, si possa rimaneggiare e combinare a piacere sia le parti trascritte di tale testo, sia speciali parti aggiuntive destinate a controlli agogici, dinamici, timbrici e di ogni altro genere, per poter cambiare le caratteristiche dell'esecuzione secondo quanto desiderato nelle più diverse circostanze.

In fine si è stabilito che la dinamica di ciascun canale MIDI e la velocità di esecuzione dei brani musicali, oltre che mediante codici inseriti nella trascrizione, si possono comandare dal vivo in tempo reale.

Il sistema attuato è stato denominato "Tersicore", dal nome della musa della poesia e del canto corale, appunto ad indicare la possibilità di eseguire partiture comunque complesse (diciamo cioè "corali") con i mezzi più economici. Naturalmente non è che la modestia del mezzo di elaborazione non ponga qualche limite. Si possono elaborare

partiture con 50 o più parti, ogni parte con 10 o più voci, e così via, ma se la memoria disponibile è di soli 64 kbyte il numero di battute che si possono trattare volta per volta si riduce a valori molto bassi, e ciò allunga i tempi di elaborazione dell'intera partitura. Cioè il sistema non ha limiti, ma è tanto più lento quanto più complessa è la partitura e modesto il computer disponibile, e viceversa.

## 2. FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA

Il sistema "Tersicore" opera in tre passi.

Nel **primo** passo si effettuano le seguenti operazioni.

- a) Le PARTI musicali TRASCRITTE vengono codificate mediante codici MIDI con possibilità di "editing" sia a livello di tali codici, sia a livello delle parti trascritte e con la possibilità di inserzione, nelle parti stesse o in altre parti aggiuntive, dei vari elementi personali di interpretazione.
- b) Le PARTI CODIFICATE vengono riunite a formare una così detta PARTTURA.

Nel **secondo** passo si effettua quanto segue.

- a) Le parti codificate di una partitura, raggruppate tra loro tutte o solo parzialmente, per tutta la loro lunghezza o da una battuta ad un'altra, scelte a piacere, vengono sincronizzate tra loro, formando una cosiddetta PARTITURA ESEGUIBILE.
- b) Più partiture eseguibili possono venire concatenate tra loro formando una partitura eseguibile di durata maggiore.

Nel **terzo** passo una partitura eseguibile viene trasferita al dispositivo periferico (attraverso la porta standard Centronics) e mandata in esecuzione con possibilità di intervento gestuale in tempo reale sul volume di ciascun canale MIDI e sul metronomo.

Questa successione di passi può sembrare noiosa rispetto ad altri sistemi che interpretano le partiture in tempo reale.

Però offre il vantaggio di una grande flessibilità. Infatti, nel primo passo, si può decidere quanti e quali parti riunire per formare una partitura. Per esempio, nel caso in cui il testo-sorgente corrisponda ad un concerto, si può pensare di riunire tra loro le parti delle varie sezioni strumentali per provarle separatamente: le parti solistiche, gli archi, i legni, gli ottoni, ecc. Se si tratta di musica per organo, si può provare separatamente la parte della mano destra, della sinistra, del pedale e ciò può risultare utile (per esempio) per i ciechi. Poi, alla fine, si può riunire tutto assieme.

Generalmente si fa coincidere una parte trascritta con la corrispondente parte strumentale del testo-sorgente che, in pratica, viene a coincidere con quanto scritto su un singolo pentagramma: per gli strumenti a tastiera si avrà perciò una parte per la mano destra, una per la mano sinistra; per l'orchestra si avrà una parte per i flauti, una per gli oboi, giù giù sino alla parte per i violoncelli e per i contrabbassi.

Ogni parte potrà avere una o più voci. Tuttavia, in taluni casi, le singole voci di una

parte strumentale del testo-sorgente possono venire trascritte più convenientemente in parti separate: è il caso, per esempio, di una parte che contenga le voci del flauto 1 e del flauto 2: trascrivendo tali due voci in due parti separate è poi possibile assegnarle a due canali MIDI diversi, facendola eseguire da due strumenti di timbro diverso. In generale si può affermare che conviene trascrivere in una stessa parte le voci che si prevede vadano eseguite con uno stesso canale MIDI, in parti diverse le voci che si vogliono eseguire con canali MIDI diversi.

Nelle parti musicali trascritte, derivanti dalle corrispondenti parti del testo-sorgente e contenenti tutte le indicazioni di fraseggio ed articolazione musicale di tale testo o altre opportunamente aggiunte, si possono inserire pure le indicazioni di dinamica indicate per le singole voci nel testo stesso. Si possono pure aggiungere istruzioni per l'assegnazione della parte ad un dato canale MIDI ed altri comandi MIDI per la scelta dei timbri, della intonazione e via dicendo. Tuttavia è più opportuno raggruppare tutti i comandi di questo genere in apposite PARTI di COMANDI aggiuntive, nell'ambito delle quali si possono poi operare tutte le modificazioni desiderate per ottenere un determinato genere di interpretazione. Volendo cambiare tale interpretazione, basta cambiare il contenuto delle parti di comandi, senza toccare le parti strumentali derivate del testo-sorgente.

In una parte di comandi particolare, se lo si ritiene opportuno, si possono raggruppare tutte le istruzioni di assegnazione delle altre parti (strumentali e di comandi) ai vari canali MIDI nonché le istruzioni di dinamica concernenti l'intera partitura: così facendo risulta estremamente facile "riorchestrare" in termini MIDI una partitura agendo su questa singola parte.

Tutte le informazioni agogiche, sia quelle derivanti dal testo-sorgente, sia quelle inserite dall'esecutore per controllare a suo piacimento l'esecuzione, che si suppone siano le stesse per tutte le parti, vanno raggruppate in una parte speciale, detta TEMPO, che nel secondo passo (sincronizzazione) deve precedere nell'ordinamento tutte le altre parti. Questa parte presiede alla sincronizzazione di tutti gli eventi sonori della partitura e comanda un clock programmabile contenuto nel dispositivo periferico che regola la velocità di esecuzione (metronomo).

Per comprendere le modalità con le quali si può impostare e variare il metronomo (sia mediante codifica, sia in tempo reale), occorre tenere presente che la durata delle note è codificata con riferimento a così detti "quanti temporali". Un intero (semibreve) ha la durata di  $128 \times 3 \times 5 = 1920$  quanti temporali: questa scelta è stata fatta in modo che tutte le figure, anche se raggruppate in terzine o quintine, abbiano durata nominale corrispondente ad un numero intero di quanti temporali; tuttavia 1920 è un valore così elevato che anche la divisione per 7, per 11, ecc. fornisce valori troncati con approssimazione del tutto sufficiente.

Con riferimento allo standard MIDI un "timing clock" ha la durata di 20 quanti temporali.

La durata nominale in quanti di ogni nota viene più o meno ridotta o allungata per tenere conto dei fattori di fraseggio derivanti dal testo-sorgente o dalle modalità scelte per l'interpretazione e non dipende dalle indicazioni agogiche (metronomo, accelerando, ritardando, ecc.). Queste agiscono invece sul clock programmabile che determina la durata effettiva di ciascun quanto temporale, che è variabile da 50 a 30 000 micro sec. a passi di 1 micro sec. Impostando e variando tale durata si possono ottenere, sia mediante i comandi della parte tempo, sia con comando gestuale diretto, tutte le variazioni brusche

o graduali della velocità di esecuzione, entro limiti ben superiori a ogni esigenza pratica e senza assolutamente alcun bisogno di intervenire sulle altre parti della partitura.

### 3. CONCLUSIONI

Il sistema "Tersicore" è stato provato con partiture musicali di complessità via via crescente. Dapprima sono state codificate ed eseguite partiture di F.J. Haydn e L.Van Beethoven scritte per l'esecuzione su organi meccanici e di difficile esecuzione manuale: con tali partiture è stata perfettamente collaudata l'attitudine del sistema a codificare ed interpretare situazioni ritmiche anche assai complicate. Poi si è passati a una complessa partitura contemporanea di W. Dalla Vecchia, pure interpretata con successo.

Attualmente il sistema è in prova con partiture di Max Reger di difficoltà estrema ed assai raramente eseguite: si confida che con "Tersicore" se ne possa proporre un'esecuzione particolarmente accurata ed efficace.

# UNA SORGENTE DI MELODIE CON CONTROLLO DI ENTROPIA

*ROBERTO BRESIN, ROBERTO MANDUCHI  
CENTRO DI SONOLOGIA COMPUTAZIONALE  
UNIVERSITÀ DI PADOVA*

Quando si tenta di rappresentare con un modello matematico l'atto della composizione musicale (per fini descrittivi o addirittura di simulazione automatica), generalmente si tende ad assimilarlo ad un processo aleatorio, normalmente discreto e numerico (ad alfabeto finito). Sebbene questo sia chiaramente un modello limitativo nella descrizione della creatività umana, pure è da notare che la classe dei processi aleatori è assai vasta: si va dai processi deterministici, a processi che variano i propri parametri su diverse scale temporali, a processi che nel proprio alfabeto hanno altri processi aleatori. E' quindi possibile in qualche misura tener conto di quelle proprietà così importanti del messaggio musicale, quali la gerarchia nei suoni e nei tempi, la similitudine, la variazione, ecc...

E' noto che un processo discreto numerico (cioè una sorgente di simboli) è completamente definito dall'alfabeto dei simboli e dalle loro probabilità di emissione (istantanee). Le probabilità di emissione danno l'informazione per simbolo (o entropia marginale), esprimibile come  $i(a) = -p(a) \cdot \log_2 p(a)$ , con  $a \in A$ ; la loro media dà l'entropia (media) della sorgente. Se il processo non è stazionario, l'entropia è una funzione del tempo.

L'entropia di una sorgente in un dato istante dà il grado di imprevedibilità sulle uscite dei simboli: si può facilmente dimostrare che essa è minima quando la scelta del simbolo da emettere cade con probabilità unitaria su di un determinato simbolo, massima quando tutti i simboli sono equiprobabili.

Il processo "compositore" è caratterizzato anche da un certo andamento dell'entropia, la cui scala temporale sarà la stessa del processo considerato. Vediamo il motivo per cui accentreremo la nostra attenzione sull'entropia.

Ascoltando un brano musicale generato da un determinato processo, è possibile

riconoscere un certo andamento dell'entropia di tale processo, andamento inteso come successione di momenti di "prevedibilità" ed "imprevedibilità". Ad esempio, se in un certo istante la partitura presenta la ripetizione di un gruppo di note, una scala, ecc., la scelta della prossima nota è "deterministica"; in altri momenti, come nell'esposizione di un nuovo tema, la decisione è più "aleatoria". È possibile ricavare empiricamente il profilo entropico del processo aleatorio che modella l'azione del compositore [1]. Infatti basta chiedere ad un ascoltatore, in un certo momento dell'ascolto del brano musicale, quale secondo lui sarà la prossima nota: se la scelta è "sicura", l'entropia della sorgente in quell'istante viene stimata bassa, viceversa alta.

Vogliamo porre alcune precisazioni su questo procedimento di stima dell'entropia. Innanzi tutto l'ascoltatore deve essere perfettamente a conoscenza dello stile del compositore, e non deve "impararlo" dall'ascolto del brano. L'entropia che si va stimando, cioè, deve essere quella del processo "compositore", e non quella del processo "ascoltatore che apprende". Se ciò non fosse, accadrebbe che il profilo entropico stimato relativamente ad una partitura cambierebbe ad un secondo ascolto. In più, la stima va condotta su diverse scale temporali, a seconda del grado di gerarchia del pezzo.

Il nostro lavoro si propone come un esempio di sorgente di partiture monofoniche la cui entropia può essere modificata in tempo reale in qualunque istante. È chiaro che una simile impostazione presuppone che il processo generatore sia dotato di uno "stile": l'entropia infatti non può caratterizzare lo "stile", ma solo determinare momenti di "prevedibilità" e "imprevedibilità". La sorgente di simboli che abbiamo scelto è un processo markoviano, il cui alfabeto è dato da tutte le possibili combinazioni nota-durata (in realtà le durate hanno un quanto minimo pari ad una biscroma).

Sono disponibili, per ogni emissione di un nuovo simbolo, quattro matrici di transizione, con ordine da 1 a 4. Queste matrici vengono riempite basandosi sull'elaborazione di una melodia che viene data in input al computer tramite esecuzione diretta su tastiera o tramite partitura codificata in linguaggio Adagio [2]. Per la generica matrice di ordine N, la probabilità di transizione del simbolo  $a_0$ , dati i simboli  $a_1, a_2, a_3, a_4$  coinciderà con la frequenza relativa del simbolo  $a_0$  dopo ogni sequenza  $a_1, \dots, a_N$  nella partitura in input. In questa maniera si fa apprendere al processo compositore un determinato "stile".

La scelta di una tale sorgente di simboli è stata suggerita, oltre che dalla tradizione che hanno ormai i processi di Markov negli algoritmi di composizione automatica, anche dalla semplicità con cui avviene l'apprendimento. È da notare che simili processi conservano in qualche misura lo "stile" della partitura elaborata, ma risentono della intrinsecamente scarsa "memoria", che induce la quasi assenza di gerarchia nella generazione della melodia. Il controllo dell'entropia agisce sulla scelta della matrice di transizione su cui basarsi per l'emissione del n-esimo simbolo. Infatti, nell'istante di emissione si hanno a disposizione quattro sorgenti di simboli, associate alle quattro matrici, ciascuna caratterizzata da una propria entropia. Tali entropie saranno funzioni delle probabilità istantanee di emissione, quindi dipenderanno, per la generica matrice di ordine N, dagli ultimi N simboli emessi. Si può facilmente provare che le sorgenti associate alle matrici di ordine inferiore avranno generalmente entropia maggiore delle altre.

Per inizializzare la sorgente, le prime quattro note suonate sono quelle del brano originale; le note successive saranno emesse seguendo un andamento dell'entropia impostato dall'operatore. Inoltre, sfruttando le possibilità offerte dal MIDI, si può, sempre in tempo reale, trasporre la melodia di un intervallo a piacere, accelerare o rallentare l'esecuzione, controllare la key velocity.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] C. Baffioni, F. Guerra & L. Tedeschini Lalli 1981  
"Music and Aleatory Processes", in Proceedings of the "Interdisciplinary Colloquium on Stochastic Differential Equations", Bielefeld, 12-13 October 1981
- [2] R.B. Dannenberg 1986  
"The CMU MIDI Toolkit", Carnegie Mellon University, Pittsburgh

# UN ALGORITMO VELOCE PER IL CALCOLO DELLA DISSONANZA E L'ANALISI INTERVALLARE

*FABIO CIFARIELLO CIARDI  
CONSERVATORIO "U.GIORDANO" DI FOGGIA.  
VIA P.GIANNONE, 28  
00195 - ROMA (ITALY)*

## 1. ABSTRACT

La relazione presenta un algoritmo per il calcolo della dissonanza di coppie di suoni armonici espressi dal rapporto P/Q fra le frequenze delle due fondamentali, con P e Q primi fra loro. Il modello integra alcune considerazioni matematiche su particolari coppie di parziali con l'algoritmo di Kameoka & Kuriyagawa (1969) così da ridurre notevolmente il numero di operazioni necessarie al calcolo della dissonanza di un intervallo. Vengono inoltre messe in rilievo alcune interessanti correlazioni fra natura numerica del rapporto P/Q e le caratteristiche fisiche e musicali degl'intervalli.

## 2. INTRODUZIONE

In una situazione complessa come la percezione di un evento musicale lo stimolo non è percepito analiticamente, ma considerato nella sua globalità e raggruppato in una serie di "patterns" il cui scopo è di ridurre la quantità d'informazione per adattarla alla limitata capacità dei nostri canali sensoriali (E.M.Burns & W.D.Ward, 1982; Deutsch, 1982). Fra i fattori che determinano la percezione di questi "patterns" le caratteristiche fisiche dello stimolo risultano ancora più importanti quando questo non è riconducibile a categorie già note.

Nel caso di intervalli microtonali possiamo ipotizzare che intervalli con caratteristiche fisiche simili vengano, quindi, percepiti come appartenenti a categorie simili e viceversa. Da questo punto di vista l'analisi delle caratteristiche degl'intervalli e la loro

classificazione può essere un solido punto di partenza per lo studio di un sistema d'intonazione non temperato. In occidente, i risultati di quest'analisi sono stati misurati sulla base di due distinte scale: quella della dissonanza e della consonanza. Successivamente queste scale sono state considerate come attributi di un unico fenomeno, quello dei battimenti. Osservando i risultati delle ricerche sulla così detta consonanza "tonale" (R.Plomp & J.M.Levelt, 1965) e sulla discriminazione di suoni a spettro complesso degl'ultimi vent'anni (tra gli altri: E.Terhardt, 1974; J.R.Pierce, 1966; M.V.Mathews & J.R.Pierce, 1980; R.Rasch, 1984; E.Cohen, 1985; J.Vos, 1985) si può notare l'emergere di alcune condizioni fisiche determinanti nella percezione e nella identificazione di un intervallo. Per suoni con uno spettro simile a quello degli strumenti acustici tali condizioni sembrano ricollegarsi

- 1) al numero e alla posizione dei parziali coincidenti fra due suoni complessi.
- 2) alla frequenza di battimento fra i parziali quasi coincidenti.

### 3.1 PARZIALI COINCIDENTI DIFFERENZA FREQUENZIALE MINIMA

Due suoni armonici  $f_1$  e  $f_2$  con  $f_2/f_1 = P/Q$  ( $P$  e  $Q$  primi fra loro e  $P>Q$ ) posseggono virtualmente una serie infinita di armonici in comune  $f_i$ , multipli del primo parziale in comune  $fc$  con  $fc = f_1 * P = f_2 * Q$ . Da ciò si deduce che il primo intervallo fra  $fc$  e  $f_1$  sarà  $P$ , mentre l'intervallo fra  $fc$  e  $f_2$  sarà  $Q$ . Lasciando da parte i rapporti d'ottava ( $2^n$ ), considerati musicalmente neutri, si può dire che l'intervallo tra il primo parziale in comune e le frequenze fondamentali dei due suoni sarà sempre, nel caso di suoni armonici, espresso da un rapporto del tipo  $P/2^n \leq 2$  ( $n=1,2,3\dots$ ) simile a quelli usati generalmente per rappresentare un sistema d'intonazione.

Partendo da questa osservazione possiamo considerare i fattori primi che scompongono  $P$  e  $Q$  come una coppia di interi che generano una serie d'intervalli caratterizzati da un particolare rapporto  $P/2^n$  fra le frequenze fondamentali  $f_1$  e  $f_2$  ( $f_2 = f_1 * P/Q$ ) e il loro armonico in comune  $fc$ . Questi fattori primi formeranno i così detti intervalli generatori del sistema d'intonazione (Cifariello Ciardi, 1986).

In pratica in un rapporto  $P/Q$  il numeratore fornisce delle informazioni sul rapporto  $fc/f_1$ , mentre il denominatore le fornisce sul rapporto  $fc/f_2$ . In entrambi i casi i fattori primi che scompongono di  $P$  e  $Q$  definiscono il tipo di relazione intervallare con i suoni fondamentali mentre il loro valore complessivo definirà la distanza di  $fc$  dalle due fondamentali (Fig. 1).

Il numero d'intervalli generatori  $n$  di un sistema d'intonazione è:

$$n = 2^*G!$$

dove  $G$  è il numero dei fattori primi da cui derivano tutti gli intervalli del sistema. Il numero di questi generatori dipende in definitiva dal fattore primo più alto (il così detto "limite" del sistema (Partch, 1949): tanto più sarà alto tanto più elevato sarà il numero dei generatori. Nel caso descritto dalla fig. 1  $n = 2^*3! = 12$ .

L'altro fattore che si è rivelato determinante negli esperimenti sulla percezione degli intervalli già citati è la frequenza di battimento fra i parziali vicini. Questa frequenza può

essere vista come la differenza tra un parziale  $\alpha$  di frequenza  $f_1 \cdot \alpha$  appartenente alla serie del suono fondamentale di frequenza  $f_1$  e un altro  $\beta$  di frequenza  $f_2 \cdot \beta$  appartenente alla serie del suono fondamentale di frequenza  $f_2$ . Se pensiamo ora a tutte le possibili differenze frequenziali fra i parziali di due suoni armonici, ci accorgiamo immediatamente che non può esistere, in teoria, un limite alla grandezza di queste differenze proprio per infinità teorica degli armonici. Altrettanto non si può dire per il limite inferiore, cioè per la differenza frequenziale minima (dfm) possibile fra due serie di armonici. I suoni generati da una serie armonica sono infatti, per loro stessa definizione, multipli di una frequenza fondamentale. Se questa frequenza fondamentale è in rapporto  $P/Q$  con un'altra frequenza allora tutti i suoi armonici saranno multipli di  $f_1 \cdot P/Q$ .  $P/Q$  può, però, essere considerato, a sua volta, come un armonico di un intervallo teorico  $f_1/Q$  (cioè il MCD di  $P$  e  $Q$ ). Quest'ultimo è, in un certo senso, la particella elementare e indivisibile dell'intervallo  $P/Q$ , nel senso che qualunque differenza fra i parziali di  $f_1$  e  $f_2$  non potrà avere una frequenza minore di  $f_1/Q$ . Proprio a causa del carattere lineare della progressione degli armonici, inoltre, tutte le successive differenze di frequenza possibili tra due parziali saranno multiple di  $f_1/Q$ . Da questo punto di vista analizzare le differenze più significative fra i parziali di due suoni armonici in rapporto  $P/Q$  tra loro, significa, in pratica, analizzare la distribuzione degli intervalli  $k/Q$  ( $k=1,2,3\dots$ ) fra i parziali più vicini ai due suoni fondamentali.

Tutti gli intervalli espressi da rapporti con uguale denominatore avranno qualcosa in comune: la differenza frequenziale tra i parziali dei due suoni dell'intervallo saranno tutte multiple della differenza frequenziale minima. Ciò risulta importante in quanto la dissonanza fra coppie di suoni semplici, come gli armonici, dipende dalla differenza fra le frequenze più che dal loro rapporto. La dfm riveste un ruolo decisivo negli intervalli che a causa della complessità del rapporto o per un leggero temperamento risultano avere armonici in comune solo nelle regioni più alte e meno rilevanti dello spettro.

### 3.2. IDENTIFICAZIONE DI $\alpha$ E $\beta$

Da quanto detto le differenze tra i parziali  $\alpha$  e  $\beta$  di due suoni armonici  $f_1$  e  $f_2$ , con  $f_2/f_1 = P/Q$  sono:

$$f_1 \cdot P/Q \cdot \beta - f_1 \cdot \alpha = \pm f_1 \cdot k/Q \quad \text{con } k=1,2,3\dots\infty \quad (1)$$

per  $f_1 = 1$  Hz.

$$P \cdot \beta - Q \cdot \alpha = \pm k \quad (2)$$

Questa equazione fa parte delle equazioni diofantee e prevede soluzioni intere. Infatti  $P$  e  $Q$  devono essere necessariamente interi e primi fra loro per poter essere degl'intervalli musicali all'interno dell'ottava ( $1 < P/Q \leq 2$ ). Se  $k=1$  l'equazione (2) diventa:

$$P \cdot \beta - Q \cdot \alpha = \pm 1 \quad (3)$$

La sua soluzione fornisce i due parziali la cui differenza sarà la dfm dell'intervallo  $f_1/f_2$  e può essere ottenuta attraverso la frazione continua di  $P/Q$  (Olds, 1963)

$p/q [a_1, a_2, a_3, \dots, a_i = 1]$

Le due ultime ridotte  $p(i-1), q(i-2)$  and  $p(i-2), q(i-2)$  di questa frazione continua sono la più piccola soluzione intera per (3)

Per valori pari di i

$$\begin{aligned} P^*p(i-1) - Q^*q(i-1) &= 1 \\ P^*p(i-2) - Q^*q(i-2) &= -1 \end{aligned} \tag{4}$$

Per valori dispari di i

$$\begin{aligned} P^*p(i-1) - Q^*q(i-1) &= -1 \\ P^*p(i-2) - Q^*q(i-2) &= 1 \end{aligned} \tag{5}$$

Le soluzioni minime  $C(k) = p(k)/q(k)$  per altri valori di k sono:

$$C(k) = C(k-1) - C(k-2) \tag{6}$$

con  $C(1) = C(i-1)$  e  $C(0) = C(i-2)$   
e  $k = 2, 3, 4, \dots$

Come conseguenza di (4) e (5), nel caso dei così detti intervalli "superparticulari" (Massera, 1969, 1972), quando

$$P = Q + 1$$

$$dfm = f_2 - f_1$$

In questo caso per calcolare la dissonanza di  $P/Q$  è sufficiente calcolare quella della  $dfm = f_1/Q$ . La fig.2 mostra il grafico dell'intensità della dissonanza di alcuni di questi intervalli calcolati con le formule in seguito descritte. Il risultato è del tutto simile a quelli ottenuti con il calcolo della dissonanza di ogni differenza frequenziale fra un numero limitatamente ampio di parziali (J.Vos, 1986).

La complessità del rapporto è proporzionale al  $C(k)$  che si deve considerare. La  $dfm$  di intervalli numericamente complessi si trova spesso nelle regioni alte dello spettro e quindi, considerando che la nostra sensibilità decresce velocemente dopo il 5°-7° parziale (Rasch & Plomp, 1982), la dissonanza di  $P/Q$  dipenderà dalla dissonanza di quei  $C(k)$  più vicini ai due suoni fondamentali (per  $k > 1$ ). Sulla base di esperimenti preliminari, l'autore è dell'opinione che il calcolo delle ridotte  $C(i), C(i-1), \dots, C(1)$  di  $P/Q$  è solitamente sufficiente per una buona approssimazione della dissonanza dell'intervalle  $P/Q$ .

### 3.3. CALCOLO DELLA DISSONANZA

L'equazione di base dell'algoritmo di Kameoga & Kuriyagawa per il calcolo della dissonanza (1969) fornisce la frequenza massimamente dissonante FMD per un suono semplice di 1hz. con una differenza d'ampiezza fra i due suoni minore di 20 dB SPL:

$$FMD = [1 + (L-57)/40] * 2.27 * f^{0.477} \tag{7}$$

Kameogga & Kuriyagawa (1969) hanno calcolato l'intensità della dissonanza id di una coppia di suoni semplici  $f_1$  e  $f_2$  come segue:

$$\text{per } f_2 - f_1 \leq FMD \\ id = w^* \{100 * [(2 + \log((f_2 - f_1)/f_1)) / (2 + \log(FMD/f_1))] \} \quad (8)$$

$$\text{per } FMD < f_2 - f_1 \leq f_1 \\ id = w * [90 * \{(\log((f_2 - f_1)/f_1)) / (\log(FMD/f_1))\} + 10] \\ \text{dove } w \text{ è una costante} \quad (9)$$

(8) e (9) possono essere usate per calcolare l'intensità della dissonanza dell'intervallo  $f_1 * P/Q * C(k)$ . In questo caso:

$$\text{per valori pari di } i \\ F = p(i-k) * f_1 \\ R = (f_2 - f_1)/f_1 = [(q(i-k)*P) / (p(i-k)*Q)] - 1 \\ FMD = [(p(i-k)*f_1)^{0.477}] * 2.277$$

$$\text{per valori dispari di } i \\ F = q(i-k) * P/Q * f_1 \\ R = (f_2 - f_1)/f_1 = [(p(i-k)*Q) / (q(i-k)*P)] - 1 \\ FMD = [(q(i-k)*P/Q * f_1)^{0.477}] * 2.277$$

Sostituendo in (8) e (9) l'intensità della dissonanza id di due coppie di parziali quasi coincidenti  $\alpha' = p(i-k)$ ,  $\beta' = q(i-k)$  (per  $k=1$  e  $k=2$ ) dell'intervallo  $P/Q$  fra due suoni armonici  $f_1$  e  $f_2$  ( $= f_1 * P/Q$ ) è calcolata come segue:

$$\text{per } f_1 * (p(i-k) - (q(i-k) * P/Q)) > FMD \quad (10) \\ id = 100 * [(2 + \log(R)) / (2 + \log(FMD/F))] \\ \text{per } f_1 * (p(i-k) - (q(i-k) * P/Q)) \leq FMD \quad (11)$$

$$id = [90 * (\log(R) / \log(FMD/F))] + 10$$

Per diverse SPL (in  $\mu$  bar)  $L_1$  e  $L_2$  dei due suoni  $f_1$  e  $f_2$  maggiore di 20 dB,

$$\text{per } L_1 > L_2 \\ id = id(f_2/f_1) * (L(1)/L(0))^{0.2} * (L(2)/L(1))^{0.15} \\ \text{per } L(1) < L(2) \\ id = id(f_2/f_1) * (L(2)/L(0))^{0.2} * (L(1)/L(2))^{0.32}$$

dove  $id(f_2/f_1)$  è la dissonanza della coppia i cui componenti hanno un'ampiezza di 57 dB SPL;  $L(0)=2*(10^{-1.15}) \mu$ bar corrispondenti a 57 dB SPL (gli esponenti sono stati determinati attraverso risultati sperimentali). Nel modello di Kameogga & Kuriyagawa, l'intensità della dissonanza dell'intervallo fra due suoni armonici deriva dal calcolo di tutte le possibili coppie d'armonici fra un numero limitato di parziali. In questo algoritmo invece, la dissonanza globale D dell'intervallo  $P/Q$  è collegata con la dissonanza  $id(k)$  dell'intervallo fra i parziali quasi coincidenti  $p(i-k)$  e  $q(i-k)$  ( $k=1,2,3 \dots i-1$ ) dei due suoni

$f_1$  e  $f_2$ , e la loro posizione  $\xi(k)$  all'interno della serie degli armonici di  $f_1$  e  $f_2$ . Considerando  $\xi(k)$  come la media fra le posizioni dei due parziali  $p(i-k)$  e  $q(i-k)$  cioè  $\xi(k) = (p(i-k) + q(i-k))/2$ , possiamo approssimare D nel modo seguente

$$D = id(1)\xi_1 + id(2)\xi_2 + \dots id(i-1)\xi_{i-1} \quad (12)$$

#### 4. ANALISI QUANTITATIVA E QUALITATIVA DEGL'INTERVALLI

I risultati di questa analisi sono quantitativi e qualitativi. L'aspetto quantitativo è dato dalla misurazione dell'intensità della dissonanza su una scala che è funzione della frequenza di  $f_1$  e dell'ampiezza dei parziali. Da un punto musicale questo aspetto è limitato dal paradosso seguente: nelle regioni frequentziali più basse un intervallo considerato consonante può avere la dissonanza uguale a quella di un intervallo dissonante nella regione alta delle frequenze. In altre parole l'aspetto quantitativo non considera le peculiarità che in un contesto musicale rendono un intervallo consonante *sempre* molto differente da uno dissonante. Queste peculiarità possono essere invece analizzate dall'aspetto qualitativo dei risultati forniti dall'algoritmo. Il numero e la posizione all'interno dello spettro di parziali coincidenti e quasi coincidenti, e la dsm, sono caratteristiche dipendenti solo dalla natura numerica dell'intervallo, indipendenti dalla frequenza di  $f_1$  e dalla sua ampiezza. Possono essere visti, in questo senso come i correlati fisici delle peculiarità musicali degl'intervalli.

#### 5. APPLICAZIONI

Anche se il modello necessita di ulteriori verifiche sperimentali, la sua implementazione sembra interessante per applicazioni pratiche e teoriche nella composizione e nell'analisi musicale. Dal punto di vista teorico permette uno studio più profondo nel campo dei sistemi d'intonazione microtonali e, in generale, nello studio di intervalli temperati e non (considerando i primi come un'approssimazione degli'ultimi). Conoscendo quale parte dello spettro è maggiormente responsabile della dissonanza di un intervallo si può immaginare di "estrarre" o almeno attenuare questa dissonanza attraverso filtri "mirati", senza modificare le frequenze fondamentali. Lo scopo ultimo dell'autore, come compositore, sarebbe quello di poter considerare la dissonanza di un dato insieme di suoni come un parametro indipendente dalla scelta degl'intervalli. Come una sorta di "colore" dosabile attraverso un filtro che aumenta o attenua la dissonanza.

#### BIBLIOGRAFIA

- BURNS, E.M.&WARD, W.D. (1982). Intervals, scales, and tuning. In *The psychology of music*, pp.241-265. New York: Academic press.
- CAZDEN, N.(1945). Musical consonance and dissonance,a cultural criterion. *Journal of Aesthetics and Art criticism*, 4 ,3-11.
- CIFARIELLO CIARDI, F.(1986) The organization of microtonal sets in computer music. *Proceedings of ICMC 1986*, pp A17- A20.S.Francisco: Computer Music Association.

- CIFARIELLO CIARDI, F.(1987) Computer applications in the analysis of microtonal systems. Computer in music research conference prospectus pp.34-37. University of Lancaster (UK)
- COHEN, E.A. (1984). Some effects of inharmonic partials on interval perception. *Music Perception*, 1,pp.323-349.
- DANIELOU, A. (1967). *Semantique Musicale*, pp.39-73. Paris: Hermann Editions.
- DANNER, G. (1984). The use of acoustic measures of dissonance to characterize pitch-class sets 1,103-122.
- DEUTSCH, D.a). Gruping mechanisms in music. In *The Psychology of Music*, pp.99-130. New York: Academic Press.
- DEUTSCH, D. (1982b). The processing of pitch combinations. In *The Psychology of Music*, pp.271-312. New York: Academic Press.
- GEARY, J.M.(1980). Consonance and dissonance of pairs of inharmonic sounds. *Journal of the Acoustical Society of America*, 67, pp.1785-1789.
- HELMHOLTZ, H. (1877). On the sensations of tones. Translated from the German edition. New York: Dover, 1954.
- KAMEOKA,A. & KURIYAGAWA,M.(1969a). Consonance theory part I: Consonance of Dyads. *Journal of the Acoustical Society of America* 45 ,pp.1451-1459.
- KAMEOKA,A. & KURIYAGAWA,M.(1969b). Consonance theory part II: Consonance of complex tones and its calculation method. *Journal of the Acoustical Society of America*, 45 ,pp.1460-1469.
- D.KRAEHENBUEHL & C.SCHMIDT(1980) On the development of musical systems. *Journal of Music Theory* ,pp.32-65.
- MAKEIG, S. (1982). Affective vs. analytic perception of musical intervals. *Music, Mind, and Brain*, pp.227-250. New York: Plenum Press.
- MASSEERA, G. (1969). Severino Boezio e la scienza armonica tra Antichità e Medio Evo. *Lessons of the advanced studies in Musicology*. Bologna: Università di Bologna.
- MASSEERA, G. (1972). Dalla scala pitagorica al temperamento equale. Bologna: Antiquae Musicae Italicae Studiosi.
- MATHEWS, M.V. & PIERCE, J.R. (1980). Harmony and non harmonic partials. *Journal of the Acoustical Society of America*,68, pp.1252-1257.
- MILLER, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psyc.Review*, 63, pp.81-96.
- OLDS C.D. (1963). Continued fractions. Yale University (trad. italiana "Frazioni Continue" Bologna: Zanichelli)
- RASCH,R.A. & PLOMP,R. (1982). The perception of musical tones in *The Psychology of music*, pp.1-21. New York:Academic press.
- RASCH, R.A.(1984).Theory of Helmholtz-beat frequencies. *Music perception*, 1,pp.308-322
- ROBERTS, L.A. & MATHEWS, MAX V. (1984). Intonation sensitivity for traditional and non traditional chords. *Journal of the Acoustical Society of America*, 75, pp.952-959.
- PARTCH, H.(1949). *Genesis of a Music*. New York: Da Capo Press.
- PIERCE, J.R. (1966). Attaining consonance in arbitrary scales. *Journal of the Acoustical Society of America* 40, p249.
- PLOMP, R. & LEVELT W.J.M. (1965). Tonal consonance and critical bandwidth. *Journal of the Acoustical Society of America*, 38, pp.548-568.
- SHEPARD, R.N. (1982). Structural representations of musical pitch. In *The Psycho-*

logy of Music, pp.344-385. New York: Academic Press.

SLAYMAKER, F.H. (1970). Chords from tones having stretched partials. Journal of the Acoustical Society of America, 47, pp.1569-1571.

TERHARDT, E. (1974). Pitch, consonance, and harmony. Journal of the Acoustical Society of America, 55pp.1061-1068.

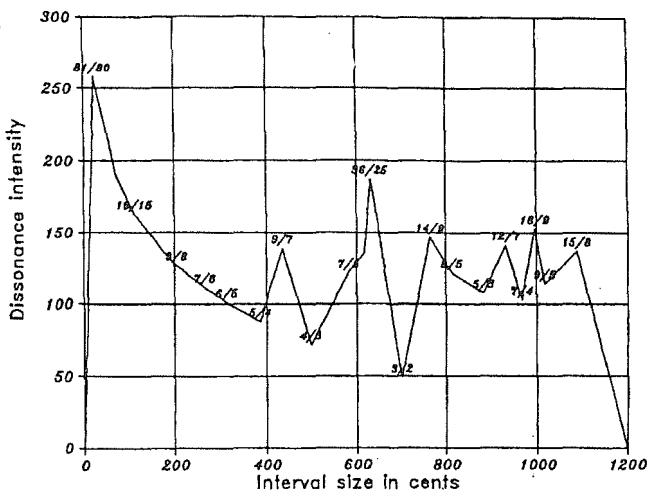
TERHARDT, E. (1984). The concept of musical consonance. MUSIC PERCEPTION, 1, pp.276-295.

VOS, J. & van VIANEN, BEN G. (1985). Thresholds for discrimination between pure and tempered intervals: The relevance of nearly coinciding harmonics. Journal of the Acoustical Society of America, 77, pp. 176-187.

Fig. 1



Fig. 2



# COMPILATORE GRAFICO DI STRUMENTI MUSIC V

LIVIO SANDEL<sup>1</sup>

CSC CENTRO DI SONOLOGIA COMPUTAZIONALE  
DEI DIPARTIMENTO DI ELETTRONICA E INFORMATICA  
UNIVERSITÀ DI PADOVA  
VIA GRADENIGO 6/A  
35131 PADOVA

Tra i vari settori di sviluppo dell'informatica, un ruolo di primo piano è svolto dal miglioramento dell'interfaccia di comunicazione uomo-macchina. In particolare si studiano ambienti che privilegiano le soluzioni di interazione grafica, con metodi autoespli-cativi, grazie ai quali si riducono drasticamente i tempi di apprendimento e di lavoro per le diverse applicazioni.

Il Compilatore Grafico di strumenti Music V, che qui presentiamo, realizza una interfaccia di questo tipo per il noto programma di sintesi Music V, sviluppato da Max Mathews ai Bell Labs nella seconda metà degli anni '60 (*The Technology of Computer Music*, M.I.T. Press, 1969). Già in quegli anni, Mathews aveva fornito una simbologia grafica per rappresentare i vari moduli che vanno a costituire gli algoritmi di sintesi. Pertanto la definizione di uno strumento poteva venire schematizzata mediante opportuni collegamenti fra i moduli.

In questo tipo di rappresentazione risultano intuitive ed evidenti le relazioni esistenti fra i moduli. Ovviamente, da questa comoda rappresentazione, il compositore doveva passare a scrivere la lista delle istruzioni che realizzano lo strumento desiderato. Il programma in oggetto si vuole porre tra il compositore e la scrittura della lista delle istruzioni: esso infatti fornisce al compositore una serie di mezzi per "disegnare" fin dall'inizio lo schema dello strumento, e altri adatti a legare tra loro i moduli prescelti e a segnalarne le relazioni. Una volta terminato il disegno, il programma stesso provvede a

---

<sup>1</sup> indirizzo personale: Castello Arsenale 2409, 30122 VENEZIA; tel. (041) 5289800/ int. 2528

generare la lista delle istruzioni (operazione qui detta "compilazione").

Uno strumento viene costruito all'interno di una finestra, e ogni singolo modulo è rappresentato graficamente da un piccolo disegno. Attorno ad esso e ad esso solidali, si trovano dei quadratini di piccola dimensione, i quali servono a connettere tra loro i moduli. I quadratini rappresentano i punti di partenza e di arrivo delle linee che vengono

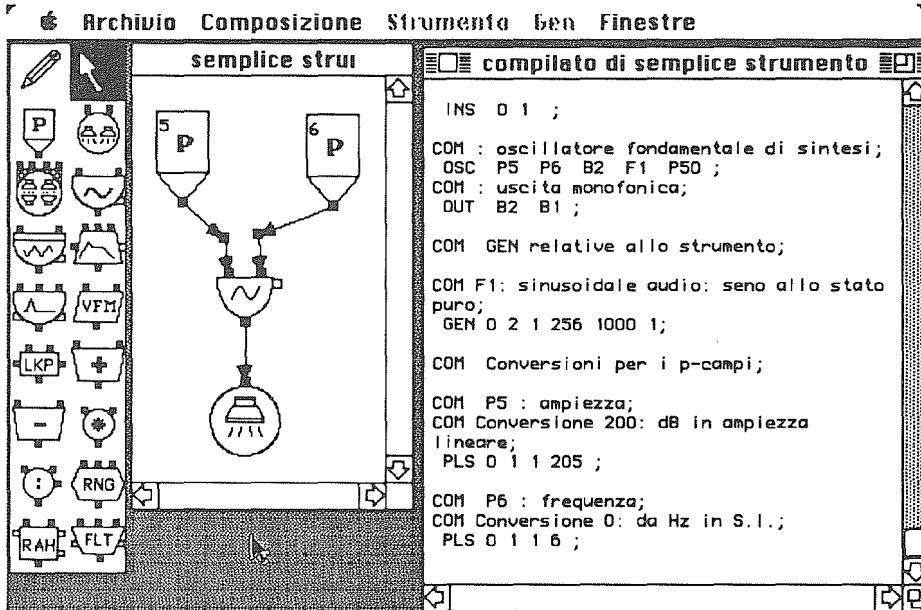


FIGURA 1: RAFFIGURAZIONE DI UNA TIPICA SESSIONE DI LAVORO.

tracciate ad indicare relazioni tra i moduli stessi. Generalmente gli ingressi obbligatori sono riportati nel lato superiore del modulo, e seguono da sinistra a destra l'ordine impartito dalla sintassi del modulo stesso; gli ingressi opzionali si trovano invece ai lati del rettangolo racchiudente il disegno del modulo. Per avere comunque una visione completa di come ogni singolo comando sia stato rappresentato graficamente conviene riferirsi all'"help" del programma, dove per ogni modulo è riportata la sua rappresentazione e il modo in cui questa rappresentazione si collega con la definizione del modulo (come da: Vidolin, De Poli, *Manuale Music V*, C.S.C. Università di Padova).

Gli enunciati dichiarativi di uno strumento prevedono quattro tipi di variabili, che legano la dichiarazione dello strumento con dati esterni allo strumento stesso (partitura, variabili, eccetera) o servono come contenitori nel calcolo dei campioni. I *p-campi* e le *variabili del passo tre*, in genere assegnati a priori dal compositore, sono rappresentati da un modulo con una sola uscita e nessun ingresso; le *barre di collegamento* e gli *identificatori di funzione* vengono gestiti automaticamente in sede di compilazione.

Per il calcolo e generazione di una funzione tabulata esiste l'istruzione GEN. Questa operazione è stata realizzata in modo da permettere all'utente di costruire la funzione desiderata attraverso l'uso del mouse. Sono generate automaticamente due tipi di funzioni, Gen di tipo 1, a segmenti di retta, e di tipo 2, funzioni periodiche derivanti dalla somma di seni e di coseni di determinate frequenze. Ciascuna funzione viene identificata da un nome piuttosto che da un numero (come accade per il Music V standard); l'associazione di una funzione tabulata ad un dato modulo avviene attraverso una finestra che riporta i vari nomi.

Le conversioni più comuni consentono il passaggio da un'unità di misura ad un'altra, e le relative operazioni vengono effettuate sui valori dei p-campi. L'utente definisce al momento del piazzamento del modulo P l'eventuale conversione che poi sarà effettuata sul valore. Ciò avviene attraverso una finestra che riporta i vari codici e permette la selezione di uno di essi. Per semplicità sono generate automaticamente solo le conversioni più frequenti, che hanno codici simbolici compresi tra 0 e 1700.

Al termine della costruzione di uno strumento, il compositore invia il comando di compilazione; il programma allora, ricavando dal disegno tutte le informazioni necessarie, produce, in un diverso tipo di finestra e sotto forma di testo scritto, la lista di istruzioni realizzanti lo strumento desiderato. Nel fare ciò il programma è costretto a controllare la correttezza sintattica di quanto disegnato, segnalando dunque manchevolenze insite nel progetto quali errori e/o omissioni. La definizione vera e propria dello strumento viene completata con l'inserimento delle istruzioni che eseguono operazioni di conversione e la costruzione di funzioni tabulate. La finestra di tipo testo contenente il risultato della compilazione è completamente manipolabile dall'utente, in quanto permette una semplice elaborazione di testi.

L'osservazione fondamentale che permette la scrittura automatica della lista di istruzioni è la seguente: la definizione grafica di uno strumento può essere vista come la costruzione di un grafo, tra i cui nodi (i moduli) sono presenti delle relazioni di precedenza, le quali sottintendono tra i nodi un certo ordinamento. La scrittura della lista delle istruzioni consiste nell'elencare le definizioni dei moduli nell'ordine implicito in cui le operazioni devono essere eseguite. Al termine si passa all'assegnazione automatica delle barre: l'algoritmo ne ottimizza l'assegnazione sfruttando le relazioni di precedenza ricavate nella fase precedente.

Questo programma intende convertire l'apparenza "spartana" del linguaggio Music V nel più amichevole aspetto Macintosh; così facendo si passa necessariamente ad un livello più elevato, astraendo dalla usuale scrittura di istruzioni mediante tastiera alfanumerica ad una più "moderna" rappresentazione grafica. Ciò comporta da un lato una visione più pulita del linguaggio, ma dall'altro un controllo non onnipotente sulle possibilità di sintesi. Ne discende in effetti una funzione fondamentalmente educativa del programma, che permette all'utente generico di avvicinarsi al linguaggio senza bisogno di studiare a fondo la sintassi dello stesso.

# STRUMENTI S/W PER LA PERFORMANCE IN TEMPO REALE DI “ LOUVRE “

*ALBERTO STIGLITZ, DANTE TANZI.*

*LABORATORIO DI INFORMATICA MUSICALE  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELL'INFORMAZIONE  
UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MILANO*

## 1. ELEMENTI DI DISCUSSIONE

Le innovazioni riguardanti la manipolazione di testi musicali hanno tratto origine dai più svariati motivi, quasi tutti riferibili all'area delle esigenze espressive e del "come" operare per ottenere risultati prevedibili sul piano comunicativo, lasciando filtrare nel testo elementi di imprevedibilità, o allontanando vistosamente i termini di un probabile riconoscimento di oggetti e funzioni musicali per poi poterne ridisegnare i connotati, anche più volte in una medesima sessione d'ascolto.

Ciò sembra valere anche nel caso di musica realizzata a partire non tanto da testi, quanto da algoritmi di trasformazione di testi o di timbri. In ogni caso il valore di predicitività e di comprensione di strutture e funzioni musicali ha avuto come presupposto un terreno comune d'intesa tra il compositore e la comunità cui il suo lavoro intendeva riferirsi.

Inoltre, la parte attiva e critica di una comunità ha spesso svolto una azione di controllo diretto, giungendo a pretendere una certa padronanza dei mezzi impiegati (ed una estesa sperimentazione) necessariamente in tutti i casi in cui la comunicazione di idee musicali voleva essere apportatrice di elementi di novità, di nuove azioni e scelte compositive.

L'impiego dell'elaboratore in musica ha intanto mutato la logica dello scambio, graduale e continuo, tra innovazione linguistica e tecniche: si è assistito infatti ad una sorta

di inversione di flusso dai contenuti soggettivi delle pratiche compositive a favore delle tecnologie che dovrebbero supportarli, e ad un progressivo dilatarsi delle proporzioni di queste ultime, nella pratica musicale, a scapito del grado di governabilità che dovrebbe potersi pretendere da un impiego consapevole delle stesse.

E' anche opportuno sottolineare che è ormai divenuta consuetudine che da più parti si avanzi l'aspettativa, non sempre ingiustificata, di una possibile correlazione tra l'impatto di nuove tecnologie ed il prodursi di eventi insoliti della comunicazione, come se si potesse dare per acquisito ritenere che la adozione, da sola, dei punti di vista attinenti a nuovi procedimenti debba dar luogo ad un corrispondente spostamento dei piani di correlazione linguistica tra gli individui di una medesima comunità.

Si assiste, in ogni caso, ad un fenomeno generale di allontanamento dalle tecniche compositive al cui centro ha giocato la credenza nell'importanza strutturale, costruttiva e percettiva legata a una supposta attenzione alla singolarità degli eventi, generati ed avviluppati entro una solida cornice di prevedibilità.

Si va facendo più sentita la necessità di ridiscutere alcuni degli aspetti formalizzabili del fare musica (1), ed è a questo proposito opportuno chiedersi se l'innovazione tecnologica non possa avere indotto anche l'istituzione di significati non solo operazionisticamente validi, contribuendo di fatto alla formulazione di concetti-guida, che ipotizzino una produzione musicale fatta con grammatiche diverse: la stessa nozione di *forma musicale* potrebbe subire oggi un aggiornamento legato alla possibilità del controllo delle regole intrinseche degli eventi musicali, visti come processi.

Comunemente, la nozione corrente di *forma* tende ad essere giustificata sotto l'aspetto percettivo e progettuale, dall'analisi delle uniformità o delle disformità su varie scale e gradi di pertinenza; essa si rivela innanzitutto nell'attenzione alla relazione fondamentale di identità e differenza in una strutturazione temporale che preveda alcune regole per il governo del mutamento.

La direzione temporale di tale mutamento è generalmente definita in modo irreversibile. La morfologia dei mutamenti viene riferita, in genere, ad oggetti le cui proprietà si riverberano conservandosi immutate: la manipolazione avviene sotto la forma di una proliferazione di funzioni; i processi che ne derivano possono, a loro volta, produrre formazioni con l'aspetto di costrutti più o meno complessi, ma in ogni circostanza omologati ad una identica istanza generativa, mediata in seguito dalle capacità artigianali.

Occorre forse correggere una impostazione che a nostro parere rischia di far prevalere l'aspetto specificamente grammaticale/enunciativo (2) dell'iter operativo del fare musica. Alcune descrizioni formali non sembrano garantire un livello adeguato di astrazione, di consapevolezza e di controllo strumentale su quanto è in effetti in gioco, né di nominare opportunamente le relazioni che si impongono, per conto del compositore, ogni qualvolta egli delinea il percorso di fattibilità di un nuovo lavoro.

Sia il livello diffuso di conoscenza che l'accresciuta soglia di sensazionalità nella trasmissione e nella capacità di accoglimento degli eventi musicali inducono a riflettere sui ritardi che insistono sulla cultura dei mezzi compositivi, causati dall'inadeguatezza

delle coordinate attraverso le quali si misura la verità delle asserzioni riguardanti la pratica della composizione. Tali coordinate possono essere così riassunte:

Il tempo, nella sua presunta direzionalità.

La notazione di oggetti/eventi/processi musicali

La predicitività degli eventi musicali.

Questi tre elementi non possono sottrarsi per virtù di qualche legge eterna ad un processo di storicizzazione che ne segnali le caratteristiche più discutibili: su un piano non astratto, nell'uso di alcuni compositori essi sono ancora riconoscibili come operatori di un continuum spazio/temporale pre-Einsteiniano, in cui è ipotizzato un universo non pulsante, non evolutivo, sostanzialmente astorico. In esso si credono astrattamente possibili tutte le operazioni pertinenti ad uno statuto di tipo normativo, impenetrato su un tipo di razionalità tesa al reperimento e all'impiego non residuale delle risorse espressive, mentre vanno imponendosi condotte di pensiero e tipi di ragione compositiva che intendono soprattutto valere come scelte di tipo ricreativo in grado di autofondare e generare mezzi, regole e modalità espressive (3).

Il percorso che a questo proposito ci interessa segnalare è consistito nell'assumere, anziché oggetti musicali singoli, primitive che siano portatrici di pesi e intenzioni difficilmente riconducibili ad ipotetiche singolarità significative o strutturali; in secondo luogo avanziamo la considerazione di una possibile maggior dinamicità di tali primitive, una volta convenuto che siano intese come oggetti/processi dentro un sistema di riferimento, in cui significati e strutture possano scaturire da un progetto che rifondi ogni volta tutti gli elementi, semplici o complessi, che lo costituiscono (4).

## 2. IL FUNCTIONAL COMPOSER PERFORMER (FUCP) E IL MOUSE PERFORMER.

Con il **Functional Composer Performer**, sistema realizzato da **Alberto Stiglitz** presso il **Laboratorio di Informatica Musicale** sotto la direzione scientifica di **Goffredo Haus**, ha preso forma una delle applicazioni legate alle metodologie di ricerca basate sugli operatori omologici per la trasformazione e la sintesi di testi musicali (5); l'impiego di questo sistema ha permesso di verificare come la possibilità di generare e di manipolare primitive musicali complesse abbia posto anche la necessità di esplorare preliminarmente quali possibili piani di relazione possano intercorrere tra questi tipi di oggetti e se ed in quale modo la definizione di alcune regole di manipolazione sugli stessi preluda ad una sorta di rigenerazione semantica dell'insieme dei dati conosciuti. Questione questa che rimane aperta al contributo proveniente dalle esperienze di ricerca e di composizione in corso al **LIM**, in particolare svolte nell'ambito dell'uso di **Reti di Petri musicali**(6).

Il **Functional Composer Performer** come sistema per la composizione e per la performance prevede le seguenti funzioni:

- a - creazione di archivi di frammenti melodici;
- b - esecuzione/trasformazione di frammenti melodici in tempo reale;

- c - funzioni pseudo random di esecuzione e trasformazione;
- d - imitazioni a canone;
- e - funzioni di Change Program MIDI;
- f - impiego di partiture operative.

In generale il **FuCP** presenta aspetti innovativi nella accresciuta possibilità di controllo di processi concorrenti, che si esplica in azioni (tramite tastiera alfanumerica) volte alla manipolazione di blocchi di eventi.

L'orizzonte delle manipolazioni possibili riguarda, per il momento, il dominio delle altezze e delle durate; pure, con queste limitazioni, si rende possibile un approccio alla manipolazione di testi musicali che tende a potenziare e ad accelerare le capacità di selezione e di sintesi implicate nella progettazione di qualsiasi lavoro musicale: se bene intesa, questa modalità di lavoro può svolgere una duplice e contemporanea azione, di stimolo e di provocazione nei confronti delle idee musicali oltreché di vaglio delle tecniche di elaborazione dei testi musicali conosciute.

Per quel che riguarda l'organizzazione dei materiali tematici (archivi di frammenti melodici) è utile attenersi ad una distinzione riguardo alle loro caratteristiche: da una parte quelli i cui frammenti si prestano ad una esecuzione di tipo sequenziale (antecedente -> conseguente) o denotano relazioni di tipo causale; dall'altra gli archivi organizzati in base a primitive che possano consentire più facilmente uno sganciamento dalle logiche sequenziali e/o causali ed aprano la strada ad un uso più evoluto degli algoritmi di manipolazione implementati, in cui sia previsto anche il conflitto tra più regole di sviluppo.

Infatti i frammenti di un archivio possono acquisire nuove funzionalità se immessi in o richiamati da un contesto (di regole) che tende a non rispettarne le caratteristiche o "primitive" semantiche iniziali; (per questo motivo si procede anche ad una riscrittura dei frammenti tenendo nel debito conto il carattere complessivo dei processi e delle trasformazioni).

Tra molteplici possibilità si è voluto definire, nell'ambito di una polifonia da 1 a 4 voci, un modello di sviluppo di processi concorrenti che funzionasse anche indipendentemente dalle manipolazioni volta per volta adottate; si tratta di una imitazione che replica ogni esecuzione della 1a sulla 2a, 3a e 4a voce a distanza di un passo di esecuzione. Si è trattato di una scelta che, a parte i riferimenti con la tradizione, consente di immaginare una particolare uniformità nello sviluppo parallelo dei processi: le trasformazioni su primitive avvengono dunque entro un contesto che regola, con risultati più o meno gioevoli, l'intero flusso delle informazioni leggibili sui piani orizzontale e verticale. Inoltre è ammesso, in alternativa a quello diretto, un percorso random tra una esecuzione/trasformazione e la successiva, che si applica a tutti i comandi di menu ed è controllabile nella sua incisività complessiva attraverso il Numero di Passi, definibili da utente, (dove Numero di Passi max = 2 \* Numero di Note che costituiscono i frammenti in archivio) che regola la transizione tra l'ultimo oggetto musicale eseguito ed il successivo.

Le funzioni disponibili in menu possono essere richiamate in successione e,

nell'ambito di una polifonia a 4 possono definire per intero un processo di mutamento nel tempo di eventi concorrenti nel dominio altezze/durate. Naturalmente, densità verticale ed orizzontale si trovano in relazione diretta e le relazioni armoniche tra gli oggetti verticali sono deducibili dalle caratteristiche intervallari e melodiche dei frammenti.

Questo quadro strutturalmente "forte" garantisce da un lato un massimo comune denominatore nell'impiego esteso di manipolazioni, e dall'altro consente una sollecitazione dei criteri ordinariamente impiegati dall'utente per l'ideazione di primitive e per la creazione di archivi di primitive: va subito detto che non è pensabile trasferire qui una logica di tipo contrappuntistico, che necessiterebbe di una predizione assolutamente certa della qualità delle manipolazioni, oltre che di un materiale di partenza definito appositamente: la qual cosa si presenterebbe piuttosto come un caso particolare delle applicazioni del **FuCP** ed equivarrebbe però a non averne capito e utilizzato gli aspetti peculiari.

Maggiore libertà nell'uso delle trasformazioni rimanda invece ad una logica e ad una tecnica diverse nello sviluppo di processi musicali, che mirino a considerare, anziché singoli eventi, blocchi di eventi, entro un approccio di tipo funzionale. In altre parole la manipolazione di testi musicali con **FuCP** può far sì che al materiale originario possano essere mutate le caratteristiche strutturali che ne denotano l'identità semantica, se esse vengono immesse in un contesto dalle relazioni non omogenee o conflittuali (7).

Utilizzando e creando nello stesso tempo una rete di regole, come d'altra parte è sempre avvenuto, tramite **FuCP** il compositore può relazionare in un fascio di connotati alcuni eventi che in parte, ma non necessariamente, potranno mantenere o veder modificata la propria significazione musicale: infine, ciò che è risultato da scelte compositive preliminari potrà in ogni caso essere oggetto di manipolazione, istituendo così un feed-back tra risorse in input e la generazione dei dati significativi attuata dal programma.

Per ovviare all'eccessiva proliferazione di costrutti di tipo affermativo, indotti dall'uso del canone e perciò dalla reiterazione di patterns anche cadenzali, si è reso indispensabile un filtraggio dell'insieme dei dati MIDI prodotti dal **FuCP**; inoltre, grazie al comando di **CHANGE PROGRAM** è consentita una o più sostituzioni complete della configurazione timbrica durante l'esecuzione in tempo reale.

In conclusione l'impiego del **Functional Composer Performer** si presenta come un concentrato di opportunità di sperimentazione per chiunque si renda disponibile a non sentirsi solo invaso da una gamma di construction tools già pronti per l'uso, ma al contrario sia disposto a confrontare il proprio know-how progettuale e culturale con un approccio che stimola all'attenzione per gli aspetti comunicabili e formalizzabili del fare musica, con un primo risultato consistente forse nella maggiore laboriosità di un operare non tanto e non solo musicalmente istintivo.

Con tali mezzi la composizione potrà a maggior ragione valere anche come indagine sulle matrici culturali cui si vuole attingere, ma non solo: in un universo tutto da immaginare proprio nella forma delle relazioni tra oggetti apportatori di un proprio di-

namismo e di una specifica identità, essa sarà possibile come imposizione di regole che strutturano la *forma*.

### 3. MOUSEPERFORMER

Con il **MousePerformer**, in corso di realizzazione al **LIM**, si è approntato uno strumento di grande utilità pratica che si avvale di un controllo gestuale su oggetti od eventi musicali mappabili sul range delle frequenze.

L'idea originaria per la definizione di uno strumento per la performance musicale dal vivo, basato su personal computer e controllato mediante mouse, è nata durante le esperienze pratiche effettuate nell'ultima fase di attuazione del progetto **Functional Composer Performer (FuCP)**. Durante le prove, abbiamo constatato che nell'esecuzione sia la parte musicale che l'intervento gestuale dell'esecutore avrebbero potuto essere arricchiti dall'inserimento di un nuovo elemento che unisse a caratteristiche di funzionalità (espressiva) un certo grado di spettacolarità.

Prendendo spunto anche da alcune soluzioni adottate con successo nell'ambito della nuova **litteria** informatica (intesa come ricerca e invenzione di nuovi strumenti musicali basati su componenti informatici) (8), abbiamo sviluppato un primo prototipo di **MousePerformer** nello stesso ambiente hardware/software (Computer MSX2 + modulo YAMAHA SFG-05 per la sintesi FM del suono + MSX2-BASIC + FM MUSIC MACRO YAMAHA) del FuCP.

Mediante il prototipo di **MousePerformer** l'utente può effettuare performance musicali controllando direttamente due strumenti del modulo di sintesi SFG-05 per mezzo di un mouse connesso al sistema.

Spostando il mouse su una superficie, i parametri **altezza** e **intensità** dei due strumenti variano contemporaneamente. La variazione avviene per passi discreti, non vincolati al sistema tradizionale, conformemente a una mappatura dei campi di variabilità dei parametri (imposti dalle specifiche dell'ambiente hardware/software) effettuata sulla sezione rettangolare del piano visualizzabile sullo schermo grafico.

L'utente controlla visivamente gli spostamenti del mouse (e quindi le variazioni sonore) mediante un cursore che rappresenta il mouse sullo schermo, e che si muove in un sistema di riferimento cartesiano con l'origine ideale al centro del rettangolo e con gli assi ideali corrispondenti alle intensità (ascisse) e alle altezze (ordinate).

Il sistema è programmato in modo che i parametri degli strumenti varino in modo inverso: se aumenta l'altezza (l'intensità) relativa a uno strumento, contemporaneamente diminuisce quella dell'altro strumento. Al centro del rettangolo i valori dei parametri sono identici per i due strumenti e a metà della gamma, mentre a mano a mano che ci si sposta verso gli estremi, i valori aumentano (diminuiscono) fino a raggiungere il valore massimo (minimo) quando gli estremi (lati del rettangolo) vengono toccati.

L'utente può selezionare, mediante i tasti funzione della tastiera alfanumerica, alcune primitive grafiche (*punto, linea, rettangolo, ellisse, superfici angolari*) che il cursore lascia come traccia sullo schermo durante gli spostamenti. Quindi, contemporaneamente

alla generazione del suono, viene visualizzata graficamente una mappa dei movimenti gestuali dell'esecutore ambientata in uno spazio virtuale.

Altri tasti funzione consentono di cancellare lo schermo (facendolo tornare bianco), di memorizzare su floppy disk l'immagine presente sullo schermo, di caricare un'immagine creata in una precedente sessione di lavoro, o di terminare la performance. I due tasti del mouse sono associati ai due strumenti; premendone uno cambia il timbro dello strumento corrispondente e contemporaneamente il colore associato alle primitive grafiche in corso di visualizzazione.

In tempi successivi è stata sviluppata una versione di **MousePerformer** più evoluta. Tale versione, pur essendo di analoga concezione rispetto al prototipo, presenta importanti differenze. In primo luogo non è più vincolata all'ambiente software utilizzato per il FuCP (MSX2-BASIC + FM MUSIC MACRO YAMAHA), essendo stata sviluppata in linguaggio C in ambiente MSX-DOS; inoltre è predisposta per controllare fino a otto strumenti MIDI monofonici attraverso altrettanti canali differenziabili. L'interfaccia utente è stata interamente rinnovata: in particolare sono state introdotte una griglia di riferimento per la mappatura delle altezze (espresse in una scala di semitonni temperati), e una finestra per visualizzare dinamicamente lo stato del sistema (entrambe attivabili a richiesta dell'utente).

Il controllo su periferiche **MIDI** politimbriche consente di adottare le configurazioni di timbri più adeguate alle necessità esecutive previste da una partitura. Il rapporto tra gesto ed evento sonoro può acquisire una precisa connotazione e segnala di fatto l'esigenza del ripristino di un equilibrio tra musica ed azione gestuale andato perdendosi, molto spesso, con l'uso dell'elaboratore (9). Le ipotesi di sviluppo per questo strumento fanno ritenere necessaria una omologazione delle funzioni del **FuCP** alle caratteristiche del **MousePerformer**, in una direzione che tenga conto del contesto in cui verosimilmente ne sarà previsto l'uso (azioni teatrali o performances, installazioni ed esecuzione di partiture).

#### 4. "LOUVRE"

"Louvre", di Dante Tanzi, per **flauto, strumenti a percussione, FuCP e Mouse Performer** è il secondo lavoro realizzato al LIM basato sull'uso di elaboratori in tempo reale. Il lavoro precedente, "Pro.Fumo" (1988), per due elaboratori, era basato esclusivamente sull'impiego del **FuCP**.

La partitura di "Louvre" segnala gli interventi del **FuCP** sotto forma di algoritmi di trasformazione eseguibili da tastiera alfanumerica in funzione dei tempi cronometrici; tutti gli interventi del Mouse Performer sono invece identificati da una linea che rappresenta, all'interno del range spazio/frequenze e dello spazio-battuta, la mappa dei movimenti del mouse.

La parte di **FuCP** è organizzata a partire da 5 frammenti melodici; l'impiego delle manipolazioni è avvenuto sia con modalità **QUICK** (diretta) che (in un numero minore di casi) con modalità **RANDOM**; prevalgono comunque le trasposizioni, utilizzate in modo intensivo per consentire lo scrolling all'interno della configurazione timbrica utiliz-

zata, che consente risultati acustici mutevoli in funzione delle altezze spedite alle periferiche sottoforma di codice MIDI.

La parte di **Mouse Performer** è mappata su otto timbri diversi, assegnati ad otto fasce distinte dello spazio/frequenze. La velocità di esecuzione è funzione dello spazio battuta, mentre i volumi potranno essere controllati via mixer.

L'esecuzione di "Louvre" è a cura di Alberto Stiglitz, Dante Tanzi (LIM) e del CONTEMPO ENSEMBLE: Michele Biasutti, flauti; Roberto Barbieri, strumenti a percussione.

#### NOTE

(1) Per una illuminante discussione sul concetto di *forma* vedi: **Dario Maggi**: "Molteplicità di Poetiche e linguaggi nella musica d'oggi", in *Quaderni di Musica Realtà*, n. 16, UNICOPLI, 1988.

(2) Ancora una volta un esempio di abbandono o allontanamento dalle tecniche puramente descrittive ci viene fornito da Arnold Shonberg, la cui posizione viene discussa da **Aldo Gargani** in *Stili di analisi*, Feltrinelli, 1980, pp. 19 - 43.

(3) Cfr. il contributo di **Alessandro Melchiorre**: "Fables, that time inventes, per uno studio delle forme del tempo in *Quaderni della Civica Scuola di Musica*, n16, 1986.

(4) Una discussione di questo approccio costituisce il contenuto del cap. IV "Pensiero Strutturale e Pensiero Seriale" del libro di **Umberto Eco**: *La struttura assente*, Bompiani, 1968.

(5) Per un maggiore approfondimento di questo argomento ved. i testi seguenti:

- **Goffredo Haus**, "Trasformazione di testi musicali per mezzo di operatori", *Atti del 3° Colloquio di Informatica Musicale*, Università di Padova, 1979, pp. 168-183.

- **Goffredo Haus/Stefania De Stefano**, "A Mathematical Approach to the Representation of Musical Structures (oriented to the Transformation of Sonorous Forms)" *Proceedings of 2nd International Conference on Data Bases in the Humanities and Social Sciences*, Facultad de Informatica, Madrid, 1980.

- **Goffredo Haus/Stefania De Stefano/Alberto Stiglitz**, "Descrizione di processi musicali per mezzo di operatori geometrici: un esempio applicativo", *Atti del 4° Colloquio di Informatica Musicale*, a cura di Tommaso Bolognesi, CNUCE - Pisa, luglio 1981, vol.I, pp.37-61.

- **Goffredo Haus**, *Elementi di Informatica Musicale*, Milano, Gruppo Editoriale Jackson, 1984, pp.226.

(6) Cfr. l'ultima pubblicazione di **Goffredo Haus e Antonio Rodriguez**: "Music description and processing by Petri nets" in AA.VV. : *Advances in Petri Nets 1988 - Lecture Notes in Computer Science* - Springer -Verlag 1988.

(7) E' forse utile considerare gli aspetti applicativi e meno sistematizzabili del FuCp come una stimolante applicazione di Problem Solving: cfr. a questo proposito, una discussione sulle relazioni intercorrenti tra strategie cognitive ed euristiche in: **Gianfranco Gabetta**: "Strategie della ragione", Feltrinelli, 1981.

(8) Cfr. **Alberto Stiglitz**, *Un sistema per l'elaborazione automatica di strutture musicali mediante operatori geometrici*, Tesi di laurea in Fisica, Università degli Studi di Milano, Milano, A.A. 1987-1988, pp.9-10.

(9) Ibid. pp.10-11 e cap.1.

# THE THUNDERING SCREAM OF THE SERAPHIM'S DELIGHT

(1987)

REYNOLD WEIDENAAR  
5 JONES ST., APT. 4  
NEW YORK, N.Y. 10014  
TEL. 212/ 255-8527

## DESCRIPTIVE NOTES

The double bass is revealed on video as a metaphoric microcosm of spirited human effort. Close-ups of performance phrases and gestures extract the dance-like suppleness and elegant fluidity, the elusive spontaneity, and the sometimes exuberant drama or wrenching struggle that support seemingly small and minor movements.

Using the extended character of the hands, a luminescent dialogue ensues as the various interactive audio and video performances respond and recoil. The work explores energetic physicality and a spectrum of inner and outer states, from subdued tension to ecstatic whimsy. Thus is disclosed the magically angelic presence and commanding strength of the remarkable instrument upon which these musical dramas unfold.

REYNOLD WEIDENAAR, composer and video producer, received a B.Mus. degree in composition from the Cleveland Institute of Music in 1973, where he was valedictorian, an M.A. in composition from New York University in 1980, and a Ph.D. in composition from N.Y.U. in 1989. He was Editor of Electronic Music Review, Cleveland Orchestra Recording Engineer under George Szell, and Chief Audio Engineer and Director of the Electronic Music Studios at the Cleveland Institute of Music, where he was a member of the Conservatory composition faculty. He joined the faculty of New York University in 1979, where he is presently Assistant Professor of Film and Television at the Tisch School of the Arts. He teaches experimental film and video production, creative sound design, and motion picture audio.

# POP SONG

*ENRICO SEROTTI MARCO BERTONI  
c/o MTA REGISTRAZIONE  
VIA GRABINSKI 2  
40121 BOLOGNA  
TEL. 051/235.941*

Questo lavoro (che è parte di un progetto comprendente altri quattro brani, chiamato MUSICHE 1-5), prende l'avvio da alcune riflessioni sulla moderna musica di consumo, in particolare la "dance music"; quindi musica prettamente tonale, caratterizzata dalla prevalenza della ritmica e della ripetizione di frasi semplici, facilmente assimilabili. La "dance music" è estremamente funzionale e codificata, ma innegabilmente è parte integrante della cultura giovanile contemporanea, e riesce a volte a sorprendere per le soluzioni ritmiche e timbriche. Proprio da questa contraddizione tra scontatezza (melodica) ed originalità (timbrico/ritmica), tra mercificazione del genere e energia comunicativa che spesso il genere sprigiona, nasce 'MUSICHE 1-5'.

Il materiale di base che abbiamo utilizzato per la realizzazione di 'POP SONG' proviene esclusivamente da codici ritmici e melodici tipici della "dance music": patterns ritmici di drum machines, semplici frasi melodiche, ripetizione e variazioni minimali; questo materiale è stato però manipolato nei seguenti modi:

- le parti ritmiche vengono eseguite non più da una batteria o da percussioni, bensì da strumenti melodici (ottoni e legni);
- il tempo, che nella "dance music" è un parametro immutabile, funzionale alla danza, ridiviene "tempo musicale", ora espanso ora compresso accelerato, riacquistando una funzione dinamica di primo piano;
- le parti melodiche vengono scomposte, destrutturate, frammentate e ridistribuite ai vari strumenti, i quali di volta in volta si sovrappongono, si spartiscono zone orizzontali o verticali della melodia in varie combinazioni;
- la tonalità, colonna portante della musica commerciale, porto sicuro per l'ascoltatore, non scompare. Anzi, si fa notare ostinatamente. La tonica è sempre presente, ossessiva, ma deve lottare con altrettanto ostinate dissonanze che la disturbano, con improvvisi clusters che la sommergono; la sicurezza della tonalità scivola in una specie di bagarre temperata;
- la scelta timbrica, caratterizzata dall'uso di campionatori, è lontana dai suoni della "dance music", ricercando invece colori orchestrali (ben lungi dal volere imitare un'orchestra, operazione patetica e priva di significato).

Al di là di ogni valutazione estetica o metodologica, 'POP SONG', come l'intero lavoro 'MUSICHE 1-5' vuole essere una riflessione sulle possibilità di utilizzo dell'elaboratore come strumento compositivo, ma anche, più romanticamente, un ingenuo fantasticare sull'infinito potenziale rappresentativo racchiuso in una semplice frase musicale.

Strumentazione: 1 Personal Computer, 1 programma sequencer MIDI, 2 campionatori.

*MARCO BERTONI nasce a Bologna, nel 1961. Ha svolto studi classici di pianoforte e studi di armonia jazz. Nel 1977 è membro fondatore del gruppo Confusional Quartet. In seguito ha lavorato come musicista con il gruppo teatrale Magazzini di Firenze, e con Enzo Cosimi, coreografo del gruppo di teatro-danza Occhesc di Roma. Nel 1988 è selezionato per rappresentare l'Italia nella Biennale Giovani 88 di Bologna, sezione musica contemporanea. Diplomato in elettronica, attualmente lavora a tempo pieno come compositore, arrangiatore, produttore, in uno studio di registrazione privato, a Bologna. Ha realizzato numerose incisioni discografiche.*

*ENRICO MARIA SEROTTI nasce a Bologna, nel 1960. Ha svolto studi di chitarra e armonia jazz. Nel 1977 è membro fondatore del gruppo Confusional Quartet. In seguito ha collaborato con vari gruppi musicali. Nel 1988 è selezionato per rappresentare l'Italia nella Biennale Giovani 88 di Bologna, sezione musica contemporanea. Laureato in Discipline della Musica al DAMS di Bologna, attualmente lavora a tempo pieno come compositore, arrangiatore, produttore, in uno studio di registrazione privato, a Bologna. Ha realizzato numerose incisioni discografiche.*

*MARCO BERTONI e ENRICO SEROTTI, terminata la stesura della partitura ARPE 3.0 (per arpe e/o campionatori e calcolatore), sono impegnati in un progetto di ricerca sulla voce umana, 'NEW MACHINE VOICE', per campionatori e calcolatore in tempo reale. Il primo prodotto di questa ricerca è una trilogia comprendente lavori su Carmelo Bene, Cathy Berberian e Demetrio Stratos. 'NEW MACHINE VOICE' è stato presentato in anteprima al festival L'Europe d'art d'art di Niort, Francia, nel mese di Agosto 1989.*

# HEROES

GIORGIO TEDDE

Questa composizione è nata come supporto musicale di una performance del cui titolo "Heroes Crossing" ne prende una parte.

Il lavoro è stato realizzato nel laboratorio di musica elettronica del Conservatorio di Cagliari utilizzando un registratore a quattro piste e alcuni filtri analogici. Il materiale acustico di base è una voce umana che pronuncia declamando "Heroes crossing" (il passaggio degli Eroi).

La voce viene ridotta nei suoi costituenti ultimi, ovvero nei singoli movimenti delle corde vocali, i quali sono evidenziati per mezzo di una particolare emissione e rallentati fino a rendere assolutamente irriconoscibile il suono della voce.

In una lenta progressione i minimi granuli di voce si susseguono via via più stretti per aggregarsi lentamente nelle parole, che emergono quasi indistinte dal moto delle particelle vocali.

L'interesse dell'ascolto consiste nell'esplorazione di questo materiale cangiante, che partendo da una immagine acustica staccata e ritmica si trasforma modulando nella continuità della voce. La frequenza degli impulsi generati dai battiti delle corde vocali infatti, prima è bassissima, tanto da apparire come una scansione ritmica, e poi aumenta fino ad oltrepassare quella soglia che divide i suoni dagli infrasuoni.

L'attraversamento di questa soglia, che separa la percezione dei singoli impulsi da quella globale dei suoni vocalici, è un fatto soggettivo che dipende anche dalla disposizione all'ascolto del fruttore. Nella composizione "Heroes" questo passaggio avviene nel modo più continuo possibile lasciando un'ampia regione dove l'instabilità critica fra le due percezioni complementari (figure-impulsi/sfondo-suono) porta ad illusioni acustiche paragonabili agli effetti grafici di alcuni disegni di Escher.

*GIORGIO TEDDE, nato a Cagliari nel 1958, ha compiuto nella stessa città i suoi studi al Conservatorio con Franco Oppo, e all'Università con Guido Pegna, ottenendo il massimo dei voti e la lode nel diploma di composizione Sperimentale e nella laurea in Fisica.*

*La sua formazione scientifica si esplica nel campo musicale in una particolare attenzione all'aspetto acustico-timbrico del materiale sonoro, connessa allo studio delle nuove possibilità interpretative e formali offerte dall'uso di nuovi sistemi di notazione*

*Per questo ha ottenuto diversi premi e riconoscimenti con lavori dedicati all'indagine sui timbri, sia con composizioni scritte in notazione semialeatoria che in notazione tradizionale.*

*Nel 1988 ha inoltre partecipato alla prima conferenza mondiale della "Music Notation Modernization Association" tenutasi a Norwich (GB) con la relazione "Graphic Strategies Controlling Aleatoric Music".*

*Il suo interesse alle interconnessioni fra musica e scienza è testimoniato dalla sua regolare*

*presenza ai "Colloqui di Informatica Musicale" con contributi tecnici, teorici e con composizioni di musica elettroacustica, nonché dalla partecipazione a convegni di importanza mondiale come la "International Computer Music Conference" (L'Aja 1986) o la conferenza "Computer in Music Research" (Lancaster 1988).*

*Le sue composizioni sono state eseguite in importanti festival e rassegne di musica e arte contemporanea sia in Italia che all'estero, e i suoi lavori sono stati registrati e diffusi dalle radio nazionali di Italia, Francia, Germania, Belgio, Argentina...etc.*

*Alcuni suoi lavori sono stati editi da Edipan, e due sue composizioni sono state incise su disco.  
Attualmente insegna Cultura Musicale Generale al Conservatorio di Sassari.*

# LUNARE

PER CALCOLATORE E MIDI-SAX INTERATTIVI

LEONELLO TARABELLA  
REPARTO DI INFORMATICA MUSICALE  
DEL CNUCE/CNR, PISA

Lunare è uno dei primi lavori realizzati con una metodologia compositiva sviluppata dallo stesso autore, il quale riconosce nei Linguaggi di Programmazione (in questo caso il Pascal) il naturale strumento descrittivo di per sé sofisticato e ricco di potenzialità espressive. La metodologia consiste sostanzialmente nell'uso del linguaggio Pascal opportunamente arricchito con un certo numero di routines di base dette primitive del nucleo atte alla gestione dei parametri acustici e musicali, ed utilizzate all'interno di un programma per definire l'intera composizione musicale dal micro al macro livello strutturale.

Al momento dell'attivazione, il programma genera un insieme di strutture dati lineari, ciascuna delle quali relativa ad un parametro di una voce; per ottenere l'esecuzione musicale vera e propria è sufficiente attivare la routine del nucleo Execute che, a partire delle strutture dati generate, sincronizza gli eventi e produce codice Midi per le apparecchiature di sintesi sonora.

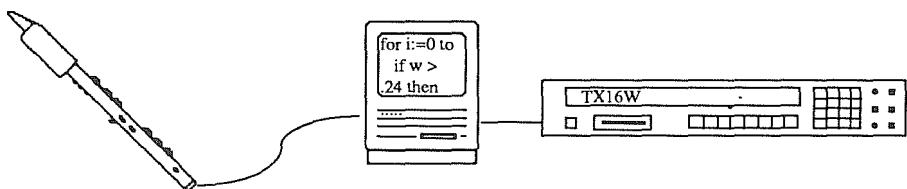
Fa parte del nucleo, poi, un sottoinsieme di primitive che consentono di alterare e di sofisticare la linearità della successione degli eventi: si tratta essenzialmente delle primitive Select e Loop che permettono di generare punti di diramazione e/o di ciclo: al momento dell'esecuzione musicale la Execute, quando incontra questi punti speciali, prende decisione sul da farsi in base ad informazioni provenienti dall'esterno (Midi IN).

Strutture dati e funzionamento delle primitive stesse rimangono completamente trasparenti, facendo sì che il nucleo delle primitive costituisca l'interfaccia tra utente e metodologia; ciò permette di pensare la composizione musicale nei due momenti: quello della "pianificazione a tavolino" in termini di materiale di base, e quello dell'uso che se ne fa durante l'esecuzione musicale.

Lunare è costituito da un succedersi di situazioni sonore in cui le possibilità operative della metodologia vengono utilizzate, nei vari momenti, in modo totalmente automatico, sotto esclusivo controllo dall'esterno, e/o con l'uso misto delle due modalità. La timbrica è stata preparata utilizzando campioni sonori in parte appartenenti a librerie standard, ed in parte originali.

**Leonello Tarabella** (Versilia, LU - 1948) si è laureato in Scienze dell'Informazione presso l'Università degli Studi di Pisa, e dal '77 (dapprima come borsista poi come ricercatore) fa parte del Reparto di Informatica Musicale del M° P.Grossi presso il CNUCE/CNR di Pisa. Ha trascorso periodi di studio presso l'Experimental Music Studio del MIT (Boston) e presso il CCRMA della Stanford University. Ha studiato musica e tecnica strumentale del sax alto e soprano con C.Fasoli, G.L.Trovesi e S.Lacy. Insieme a colleghi e collaboratori del suo Reparto, ha dato vita ad un corso sperimentale di Informatica Musicale presso il Conservatorio "L.Boccherini" di Lucca.

*Nell'attività di ricerca presso l'Istituto pisano si occupa della progettazione e la realizzazione di prototipi di apparecchiature a microprocessori per la sintesi e l'elaborazione in tempo reale ed interattiva di segnali audio, e della progettazione e la realizzazione di software di base per la gestione di tali apparecchiature. Scrive su riviste specializzate ed è relatore di tesi di laurea presso le facoltà di Informatica e di Ingegneria Elettronica dell'Università di Pisa. Collabora con musicisti alla realizzazione di opere che fanno uso di tecnologie informatiche e svolge egli stesso attività compositiva e concertistica.*



Per l'esecuzione in tempo reale di Lunare sono necessarie le seguenti apparecchiature:

- 1) Calcolatore MacIntosh SE
- 2) Sampler TX16W YAMAHA
- 3) Midi-Sax Yamaha WX7

# TRACE

*PER NASTRO (1988-89)*

*FRANCESCO VILLA*

TRACE<sup>1</sup> esplora alcune possibilità compositive rese disponibili dall'impiego dell'elaboratore, in particolare:

- 1) la creazione di figure sonore ambigue dal punto di vista timbrico;
- 2) l'articolazione di un suono nelle singole componenti;
- 3) la gestione di strutture ritmiche in modo complesso e preciso;
- 4) la generazione di eventi sonori in modo deterministico o probabilistico.

La struttura frequenziale di Trace è data da due campi nidificati: il primo (campo globale) corrisponde alle frequenze delle parziali di un suono; tale campo può essere armonico oppure compresso/espanso.

Il secondo campo (campo locale) controlla spettralmente i suoni complessi generati assumendo le parziali del campo globale come fondamentali, e può essere deformato allo stesso modo.

Le strutture ritmiche sono ottenute da un inviluppo-seme (a triangolo) che, variando di durata, genera un inviluppo complesso, il quale a sua volta genera altri inviluppi variati. Tali inviluppi controllano soprattutto la struttura ritmica delle singole parziali, ma in alcuni casi controllano la macrostruttura in termini di densità/intensità delle componenti e di velocità ritmica.

La composizione è articolata in quattro sezioni per lo più senza soluzione di continuità e può essere considerata come il divenire di un unico suono che non si presenta mai in una forma percettivamente fusa.

La parola Trace è l'acronimo dei tre parametri della legge di McAdams impiegata per la costruzione dei campi (Traslazione Compressione ed Espansione), e in inglese significa traccia, indizio, parvenza.

*FRANCESCO VILLA*

*ha studiato presso i conservatori di Verona (Musica Corale e Direzione di Coro), Milano (Composizione Polifonica Vocale) e Venezia (Musica Elettronica). Collabora dall'85 con il Centro di Sonologia Computazionale dell'Università di Padova.*

1: Durata 9' 30". Realizzato al Centro di Sonologia Computazionale di Padova. Software impiegato: Musica Assistant (F. Villa), Music V (M. Mathews), ICMS (G. Tisato).

Assistente al missaggio: Andrea Provaglio.

# UNA STORIA CHIMICA

(1987/89)

*ROBERTO DOATI*

*CENTRO DI SONOLOGIA COMPUTAZIONALE,  
UNIVERSITÀ DI PADOVA*

Quest'opera è una "storia" perché è vissuta da individui che scelgono (o non scelgono) forme di organizzazione diverse. Alcuni, raggiunta una situazione stabile, tendono a perdere la propria identità (o meglio non tentano di formarne una originale) per unirsi in strutture ordinate, simmetriche, regolari. Pur avendo un'origine comune, altri scelgono di arricchire la propria personalità, anche attraverso il confronto con gli altri, ma mai con l'intento di mescolarsi a essi. Infine alcuni non cercano né un'organizzazione interna né una esterna, e si aggirano "inquieti" in un continuo legarsi e sciogliersi.

E' una "Storia" perché contiene concreti frammenti di storia.

E' "chimica" perché è facile stabilire una corrispondenza fra la scienza che studia la formazione, la composizione, la struttura delle sostanze naturali e artificiali e la musica che forma i propri suoni a partire dall'"atomo" sonoro. Dall'insieme degli elementi primari hanno origine molecole e composti stabili e instabili, attraverso legami forti e legami deboli. Talvolta i composti incontrano sostanze in grado di scioglierne i legami proiettando i singoli elementi in direzioni imprevedibili.

E' "Una Storia chimica" perché a partire da un unico insieme di frequenze si formano suoni armonici, che privilegiano l'organizzazione temporale unendosi fra loro in strutture ritmiche; suoni inarmonici, che attraverso una continua trasformazione della propria organizzazione interna si configurano come timbri molto dinamici; glissandi, che muovendosi nello spazio frequenziale mutano continuamente spettro, armonico o inarmonico, senza mai raggiungere uno stato di quiete.

E' un omaggio all'altra rivoluzione francese: quella chimica di Lavoisier.

L'opera è stata realizzata con le risorse del Centro di Sonologia Computazionale dell'Università di Padova.

*ROBERTO DOATI ha studiato musica elettronica e informatica con Albert Mayr, Pietro Grossi e Alvise Vidolin. Dal 1979 lavora come compositore e ricercatore nel campo della psicologia della percezione musicale presso il Centro di Sonologia Computazionale dell'Università di Padova. Nella veste di organizzatore musicale ha collaborato con La Biennale di Venezia (1983-86) e dal 1988 con i Concerti di Repubblica-Ricordi "Eco e Narciso". Svolge attività didattica attraverso corsi e conferenze itineranti e durante i corsi estivi del C.S.C.*

*Sue opere sono: "Gioco di velocità" (1980-81), "Una pulce da sabbia" (1981-82), "Deve essere tenuto lontano da fonti di luce" (1985-86), tutte realizzate mediante elaboratore elettronico.*

# VIBRAZIONI EOLICHE

*PER DUE FLAUTI E LIVE ELECTRONICS (1988)  
(PRIMA ESECUZIONE)*

*MICHELE BIASUTTI  
VIA ANFOSSI 8  
35129 PADOVA  
TEL 049/80.70.654*

Questo lavoro nasce durante un viaggio in Normandia e Bretagna quando rimasi molto impressionato e influenzato dalla forza che il mare assume per le elevate maree tanto da condizionare la vita degli abitanti del luogo. Vibrazioni eoliche costituisce una traduzione in musica delle molteplici sensazioni provate di fronte a questa grande e spesso incontrollabile forza della natura.

Nel brano vengono approfondite le possibilità sonore del flauto indirizzato totalmente verso i timbri eolici caratterizzati dalla presenza di infrasuoni e fruscii armonici.

Lo schema formale del pezzo trae spunto dalla forma delle variazioni, i suoni iniziali sono infatti riproposti in seguito con dei cambiamenti timbrici in una continua evoluzione e trasformazione timbrica-dinamica. I suoni dei flauti, inizialmente sincronizzati, si sdoppiano gradualmente sviluppando delle cellule dinamiche di durata differente, fino ad arrivare ad una condizione di temporaliità e armonia aleatoria.

Il live electronics viene utilizzato per creare degli addensamenti sonori (eco) e per trasporre in altezza alcune frequenze (armonizzatore).

*MICHELE BIASUTTI, nato a Udine, si è diplomato in flauto con Mariann Fischer e musica elettronica con Alfonso Belfiore presso il Conservatorio "Pollini" di Padova. Nel corso degli studi ha partecipato ad alcuni corsi di perfezionamento flautistico. Si interessa di strumenti antichi, ha infatti collaborato ad una serie di conferenze-concerto sulla storia del flauto e tenuto egli stesso delle lezioni su questo argomento.*

*Nel 1985 costituisce il Contempo Ensemble, gruppo per la ricerca e la diffusione della musica contemporanea. Come flautista ha partecipato a rassegne e festival quali: "Seconda Biennale della cultura mediterranea" a Thessaloniki (Grecia), "Aspekte" a Salzburg (Austria) "Musica del nostro tempo" a Milano, "Suono-Immagine" a Lucca, "Rigenerazioni" a Mestre, "Giochi d'artista" a Montagnana, "Triduum" a Klagenfurt (Austria) ed ha effettuato registrazioni per la R.A.I. ed altre emittenti europee.*

*Come compositore ha ottenuto premi e riconoscimenti in concorsi (IX e X concorso internazionale "L. Russolo di Varese") e le sue musiche sono state eseguite in città italiane e straniere (Venezia, Roma, Salisburgo, Padova, Klagenfurt ecc.) e trasmesse radiofonicamente. Ha composto le musiche del video di Carlo Marcello Conti "Il Friuli del coraggio" presentato in rassegne a Berlino, Klagenfurt, Rio de Janeiro.*

*Collabora con la casa di Edizioni Musicali Biancaneve con la quale pubblica i suoi lavori e cura una collana psicopedagogica di opere di didattica della musica.*

*All'attività musicale affianca quella di ricerca nel campo della psicologia della musica, si è infatti laureato a pieni voti in Psicologia a Padova con una tesi teorico-sperimentale sulle attitudini musicali, con la collaborazione bibliografica di numerosi esperti stranieri (R. Suter-Dyson editor di Psychology of music, Ernest Hilgard Stanford University, Joe Katena Missisipi University) e somministrato un test di creatività musicale, novità internazionale, avuto dalla Prof. Margery Vaughan (Canada).*

*Ha pubblicato, novità per l'Italia, un test di abilità musicale.*

*Ha tenuto numerose conferenze e lezioni a carattere musicale per conto di diverse associazioni culturali e, nell'anno accademico 1987-1988 ha condotto un seminario sulla Psicologia e Pedagogia della musica (allacciato al corso di psicologia dell'arte) presso l'Università di Padova.*

*Fa parte del comitato di redazione della rivista Internazionale di Poesia "Zeta" e della rivista di arti elettroniche "Poetronike".*

*Autore di saggi e articoli in ambito artistico e psicologico, ha pubblicato su: Attualità in Psicologia, Rivista di musicoterapia (Ed; Minerva Medica); Zeta, rivista internazionale di Poesia.*

## "SEIS VARIANTES"

LADISLAO TODOROFF  
C.SO MONCALIERI 59  
10133 TORINO

E' la risultante della somma di sei piccoli pezzi fatti di accelerandi e ritardandi.

Questi a loro volta possono svilupparsi linearmente e logaritmicamente nel tempo, costituiti di suoni fissi o mobili che vanno dal piano al forte sia in accelerando che in ritardando.

L'idea finale è quella di andare avanti e indietro o di espandersi e comprimersi all'interno di una velocità temporale fissa.

Per l'elaborazione del pezzo è stato usato un computer YAMAHA CX5, software FM Music Composer e FM Voicing Program. Riverbero digitale ROLAND DEP 5. Multitraccia TASCAM 38.

LADISLAO TODOROFF  
Nato a Paranà - Argentina.  
Ha compiuto Studi di Composizione e Violino presso la Scuola Superiore di Musica dell'Università Nazionale di La Plata.

Entra a far parte del Centro de Altos Estudios Musicales Latinoamericanos, diretto dal Compositore Alberto Ginastera ed esegue nell'anno 1966 uno dei primi brani di Musica Elettronica fatti in Argentina "Estudio O".

E' autore di conferenze e lezioni a carattere Tecnico-Musicali per conto di associazioni culturali.

Trasferito in Venezuela nel 1975, ha la responsabilità della creazione del Dipartimento Musicale della Televisione Educativa dell'Università di Maracaibo e di musicare i programmi educativi.

Nel Concorso di Composizione del Festival Latinoamericano di Musica Contemporanea, Venezuela 1978, ottiene una Menzione Onorifica per la sua composizione per orchestra sinfonica "Hablemos del Comienzo".

Residente in Italia dal 1982, ha preso parte come violinista nell'Orchestra Sinfonica di Torino della RAI e nel teatro Regio di Torino.

Nel VII Colloquio di Informatica Musicale tenutosi a Roma lo scorso anno, partecipa con la composizione "Juego de Velocidades", realizzata mediante elaboratore YAMAHA CX-5.

L'Orchestra di Cámara della Municipalità di La Plata (Argentina), esegue in prima mondiale la composizione commissionata per Orchestra di Camera "Juego de Velocidades II".

## "PERDUTO ... NEL BUIO"

*ETTORE CARTA  
VIA AVOGADRO, 13  
09131 CAGLIARI  
TEL. 070/50.28.70*

"PERDUTO ... NEL BUIO" è la trasposizione musicale di una immagine visiva costituita da una serie di gradini, percorsi in senso discendente (acuto/grave).

Si è badato, oltre che alla sintesi dei suoni, in alcuni casi peraltro assai semplici, al gioco di rimandi tra le cinque sezioni ("gradini"), in modo da sovrapporre spesso presente passato e futuro.

*ETTORE CARTA, nato a Cagliari, ha studiato Composizione con F. Oppo e A. Guaragna e Direzione d'Orchestra con F. Caramazza al Conservatorio della sua città. Si è diplomato in Composizione con F. Oppo e in Musica Corale e Direzione di Coro con A. Guaragna. Attualmente studia Musica Elettronica con N. Bernardini e Direzione d'Orchestra con N. Samale. Sue composizioni sono state eseguite in concerti dedicati a giovani autori. Ha collaborato con la R.A.I., realizzando un programma sulla musica contemporanea per Radio Sardegna.*

# INCANTO

(1988)

*MICHELANGELO LUPONE*

Il lavoro prevede due versioni esecutive: la prima per balletto, soprano ed elaboratore in tempo reale; la seconda per nastro magnetico.

## ELEMENTI ESPRESSIVI

La particolarità dell'elemento ripetitivo assume, in questo lavoro, il ruolo di guida e di riferimento durante tutte le fasi di variazione del materiale; riconoscibile in modo immediato, l'elemento ripetitivo influenza costantemente il materiale sonoro circostante le cui forme tendono ad imitarne l'andamento ritmico e/o la fissità apparente dell'altezza o il timbro.

Tutto tende ad uno scambio che appena dichiarato è però subito contraddetto da una nuova situazione o dal rinnovarsi delle relazioni timbriche e di altezza. Solo in conclusione ogni forma dialettica o imitativa si disperde e tutto assume l'omogeneità e l'immobilità di un incanto: fusione totale fra lo straordinario e l'ordinario.

L'incanto è il luogo ove l'ordinario e lo straordinario si incontrano, si riconoscono, coincidono e, in ciò trasfigurano la realtà.

## ELEMENTI TECNICI

Per la realizzazione del nastro magnetico di "INCANTO" è stato utilizzato il sistema per la sintesi del suono "Fly". Gli algoritmi per la sintesi additiva e per la modulazione di frequenza usati nel lavoro si basano su tabelle sinusoidali e complesse e lo spettro risultante è arricchito e spazializzato da una riverberazione controllata digitalmente.

*MICHELANGELO LUPONE - Nato a Solopaca nel 1953, ha compiuto gli studi di Composizione, Composizione musicale elettronica e d'Informatica rispettivamente con D. Guaccero, G. Nottoli, M. Montesi e L. Venditti.*

*Ha pubblicato saggi teorici sulla musica contemporanea e scientifici sull'uso dell'elaboratore in arte. La sua produzione compositiva comprende opere strumentali ed elettroniche nell'ambito delle più avanzate ricerche sul linguaggio.*

*Dal 1980 è docente di Composizione musicale elettronica presso il Conservatorio "A. Casella" de L'Aquila.*

*Collaboratore scientifico di industrie di strumenti musicali e del Centro Ricerche Fiat ha progettato nel 1984 il sistema per la sintesi del suono Fly, realizzato con L. Bianchini presso la SIM di Roma. Attualmente lavora presso il C.R.M. (Centro Ricerche Musicali) di Roma sui programmi per l'esecuzione in tempo reale con sistemi DSP.*

# SEQUENCER N°1

*PIETRO PERINI  
VIA SALONI 45/A  
30015 CHIOGGIA (VE)*

Questa composizione del 1988 della durata di circa 2'35" è ispirata ai 3 Preludi per pianoforte del 1986 dello stesso autore.

La ricerca di nuove dialettiche ha ispirato una struttura ternaria elaborando l'intervallo di 2<sup>A</sup> minore o maggiore del sistema temperato.

Le parti di ottavino (flauto) e contrabbasso non sono parti solistiche, ma melodie integranti del nastro magnetico che si contrappongono come sequenze ritmiche e melodiche ben definite rispetto all'elaborazione della condotta orizzontale e verticale dell'intervallo di base.

La volontà del compositore di dare una struttura tradizionale al brano ha determinato la realizzazione di due temi che si articolano nell'elaborazione del materiale indicato.

*PIETRO PERINI, nato a Chioggia (Venezia), si è diplomato presso il Conservatorio "A. Buzzolla" di Adria in pianoforte sotto la guida della prof.ssa Maria Luisa Zamparo e in composizione studiando con i Maestri Fabio Vacchi, Carlo Pedini e Riccardo Riccardi.*

*Presso il Conservatorio "B. Marcello" di Venezia si è diplomato in clavicembalo con la prof.ssa Maria Vittoria Guidi, studiando contemporaneamente musica elettronica con il M° Alvise Vidolin.*

*Ha seguito corsi di perfezionamento con il M° Guido Agosti per pianoforte e con il M° Schott Ross per clavicembalo.*

*Si è distinto al Concorso - Rassegna di Composizione Pianistica dell'Accademia Internazionale Propaganda Culturale di Roma - ed inoltre ha partecipato con sue composizioni a trasmissioni di musica contemporanea alla "Radio Nacional de Espana".*

# SOLARIA

(1988) PER NASTRO MAGNETICO

EUGENIO GIORDANI  
VIA KOLBE, 88  
61100 PESARO

SOLARIA nasce da una esplorazione all'interno del microcosmo timbrico dei suoni di pianoforte attraverso due procedimenti diversi ciascuno dei quali evidenzia particolari aspetti del suono stesso

La "Sintesi Granulare" applicata ai suoni naturali produce una sensibile trasfigurazione timbrica anche se la loro struttura temporale può rimanere invariata oppure dilatata o compressa. Impiegando invece la "Sintesi Interpolativa" vengono estratte particolari dominanze spettrali presenti nei suoni naturali ed assegnate ad una classe di altezze basate sul sistema di intonazione naturale.

Durante il processo di trasformazione graduale del materiale sonoro che caratterizza la prima parte del lavoro, particolari configurazioni dello spazio timbrico evocano, di volta in volta, situazioni di tipo strumentale. Queste configurazioni possono essere interpretate come "singolarità" o "punti attrattori" all'interno dello spazio multidimensionale della percezione.

Il lavoro è ispirato alla magnifica descrizione del pianeta Solaria che I. Asimov fa nel romanzo "Foundation and Earth".

I suoni digitali sono stati prodotti al Dipartimento Musica e Acustica (DMA) dell'ISELQUI di Ancona, impiegando "Csound" (Mit-ems) e uno speciale programma per la sintesi granulare (GSC\_8) scritto in C dall'autore e funzionanti su un elaboratore VAX 11/785. La conversione digitale/analogica è stata effettuata impiegando il sistema Ariel DSP-16, montato su un IBM AT mentre il mixing finale è stato realizzato nel Laboratorio Elettronico di Musica Sperimentale (LEM) presso il Conservatorio di Musica G. Rossini di Pesaro.

Questo lavoro è dedicato a Walter Branchi.

# TITANIC & ICARUS S.P.A.

*PER UN PERCUSSIONISTA, QUATTRO ECCITATORI DI VIBRAZIONE ED ELABORAZIONE ELETTRONICA.*

*LUIGI CECCARELLI*

TITANIC & ICARUS S.P.A., è un lavoro composto secondo un processo di stratificazioni. Si parte da un nastro magnetico sul quale sono memorizzati i segnali ottenuti da una sintesi di suoni sinusoidali. Queste oscillazioni non vengono ascoltate, ma sono inviate a quattro eccitatori di vibrazione i quali a loro volta mettono in vibrazione tre piatti e un tamtam.

Con questo sistema gli strumenti a percussione acquistano caratteristiche inusitate: suoni di spettro molto puro e senza attacco con possibilità di ottenere note di diversa altezza.

All'interno di questa macchina autosufficiente, l'azione del percussionista non è volta a generare ulteriori suoni, ma a variare quelli, già presenti, appoggiando sul corpo vibrante bacchette di vario tipo che daranno una caratteristica timbrica diversa a seconda del tipo di materiale che le costituisce. Il risultato globale di queste operazioni viene poi rilevato da una serie di microfoni posti molto vicino agli strumenti e, dopo aver subito una elaborazione timbrica tramite filtri, riverberazioni e modulazioni, viene mandato ad un sistema di ascolto quadrissonico.

Per quanto riguarda la struttura generale possiamo dire che è volutamente molto semplice e questo per dare modo all'ascoltatore di percepire chiaramente le variazioni microstrutturali del timbro.

La parte iniziale e la parte finale del pezzo sono costituite da un andamento molto lento e graduale e sono considerate come preludio e postludio ad una parte centrale più articolata.

*DURATA: 18'*

*DATA DI REALIZZAZIONE: 1988 (SECONDA VERSIONE)*

*LUOGO DI REALIZZAZIONE:*

*PESARO, LABORATORIO DEL CONSERVATORIO G. ROSSINI.*

*ROMA, STUDIO DI ELECTRAVOX ENSEMBLE.*

*ROMA, STUDIO EDIPAN.*

*SISTEMI UTILIZZATI:*

*SISTEMA ELETTROMECCANICO DI ECCITATORI DI VIBRAZIONE PROGETTATO DALL'AUTORE.*

*SISTEMI DI SINTESI Tx 816 CONTROLLATO DA PERSONAL COMPUTER.*

*SISTEMA DI ELABORAZIONE DIGITALE DEL SEGNALE YAMAHA SPX, LEXICON E KORG DVPI CONTROLLATI DA PERSONAL COMPUTER.*

*FILTRI ANALOGICI PROGETTATI DALL'AUTORE*

# ATTRACTEURS ETRANGES

*POUR CLARINETTE ET ORDINATEUR: 5 VOLETS POUR MICHEL PORTAL<sup>1</sup>*

*JEAN-Claude RISSET*

A l'occasion de la deuxième Biennale d'Organologie, l'ARCAM a donné carte blanche à Michel Portal: c'est avec enthousiasme que j'ai accueilli son voeu de collaboration. "Attracteurs Etranges", pour clarinette et ordinateur est une commande de l'ARCAM, la pièce est dédiée à Michel Portal.

La clarinette dialogue avec son double, mis en forme par ordinateur à partir de séquences enregistrées. J'ai soumis à Michel Portal un certain nombre de motifs musicaux; il a ajouté certaines propositions, tirant partie de modes de jeu issus de sa recherche personnelle.

L'enregistrement a été effectué au Groupe de Recherches Musicales par Christian Zanesi. Par la suite, traitements et synthèses ont été réalisés à Marseille, par l'Equipe d'Informatique Musicale (Faculté des Sciences de Luminy et Laboratoire de Mécanique Acoustique du CNRS), à l'aide du processeur audionumérique SYTER du programme MUSIQUE V su micro ordinateur compatible PC. L'instrumentiste dialogue avec une bande quatre pistes - plus transportable et permanente qu'une machine temps réel -. La bande comporte un plan scénique et un plan lointain qui étend l'espance physique du soliste.

La forme de la pièce est singulière, à l'image de "l'ordre du chaos" évoqué par le titre "Attracteurs Etranges": elle est articulée en cinq volets inégaux:

**Initial:**

Sorte d'accordage autour d'un la aigu qui gonfie, s'infléchit, accélère, se meut dans l'espance; puis volutes mélodiques montant cylindriquement vers ce la comme une incantation.

**Vocal:**

Brève, étrange rencontre entre la clarinette et la voix, celle de Daniel Arfib dans la bande, celle de Michel Portal dans son instrument. La voix est altérée: bruité, ralentie jusqu'à huit fois, accélérée, "hybridée" avec le son de la clarinette.

**Vertical:**

Les filtres du programme MUSIC V sont excités par les profils mélodiques à l'image de harpes éoliennes; puis les multiphoniques de la clarinette répondent aux textures verticales harmonisées sur SYTER.

**Horizontal:**

Ici prime l'aspect mélodique: rencontres proches ou lointaines entre la clarinette et son double. Les mouvements mélodiques tournent autour de certains pôles (comme le ré grave) ou certaines figures.

---

<sup>1</sup> Durée: 25 min. - Commande de l'A.R.C.A.M

### **Portal:**

La bande ne fait ici que reprendre, combiner ou amplifier certaines propositions instrumentales de Michel Portal, qui a carte blanche pour la partie de clarinette en direct.

### **Pourquoi "Attracteurs Etranges"?**

Dans l'étude des systèmes complexes, on donne le nom d'attracteurs aux états vers lesquels évoluent les systèmes: un attracteur peut être un point d'équilibre, de repos vers lequel le système tend à revenir; ou un cycle parcouru périodiquement. Les attracteurs "étranges" ne sont pas localisables si aisément: leur dimension est "fractale", ils ont même allure quelle que soit l'échelle d'observation. Ils donnent lieu à des comportements "turbulents" ou "chaotiques", dans une large mesure imprévisibles puisqu'un changement imperceptible peut bouleverser le devenir intérieur.

(Comme Lorenz l'a montré, le battement d'aile d'un papillon, à terme, change le temps sur la planète). On notera que Laloe et Caussé ont étudié les phénomènes turbulents dans le tuyau de la clarinette - un album de Michel Portal s'intitule "Turbulences" -.

Mais on peut aussi songer à l'attraction au sens habituel. L'univers n'est pas neutre, transparent, euclidien: il se courbe, s'infléchit, ce qui induit des gravitations dès qu'y sont présents des corps, des masses ou des sons. Edmond Costère a inventorié les affinités ou répulsions entre hauteurs sonores, donnant lieu à une véritable sociologie des hauteurs, bien au-delà des suiles attractions tonales. Les pôles de hauteur sont évidents dans les volets I (la aiguë) et IV (ré grave) de la pièce; mais les attracteurs peuvent être plus complexes: quasi-cycles (à la fin de I), coagulations verticales (III), turbulences imprévisibles (VI).

Attraction étrange que celle qui aimante les rapports entre un clarinettiste vivant, sur scène, avec son instrument bien visible, et les sons émanant de haut-parleurs, issus pour partie de sons enregistrés, renvoyant à l'instrumentiste son écho anamorphosé, mais provenant parfois de pures synthèses, de calculs sans référence à un monde concret.

Le plus attractif et le plus étrange est Michel Portal, immuable, imprévisible, insaisissable, qui pour notre bonheur traverse les barrières des catégories de la musique comme passemuraille (ou une particule avec effet tunnel...). Pur ou intense, impalpable ou rugissant, il peut se retrouver ici ou là, partout, comme les molécules brassées dans un écoulement turbulent.

Je dois exprimer ma gratitude à Michel Portal, pour son invention, instrumentale et sa merveilleuse musicalité, mais aussi à l'équipe de chercheurs qui a aussi mis en oeuvre les moyens que j'ai utilisés. Daniel Arfib a adapté et étendu le programme MUSIC V pour les micro-ordinateurs personnels compatibles PC, il a mis au point des processus de ralentissement ou de synthèse croisée proche de la nouvelle "transformation en ondelettes" et il a prêté sa voix au second volet. Pierre Dutilleux a mis en oeuvre en temps réel, sur SYTER, les protocoles de spatialisation de John Chowning. Patrick Sanchez a écrit sur PC des programmes de microchirurgie sonore.

Remerciements aussi à Frédéric Boyer, qui a lié MUSIC V à MIDI, permettant d'insuffler le geste instrumental dans la synthèse directe; à Nathalie Delprat, qui a expérimenté certaines transformations sonores sur MUSIC V et à Richard Kronland qui développe les possibilités musicales des ondelettes.

### *JEAN-CLOUDE RISSET*

*Born 1938 (Le Puy, France). Musical studies (piano with Robert Trimaille and Huguette Goullon, composition with Suzanne Demarquez and André Jolivet) and scientific studies (Ecole Normale Supérieure, Doctorat ès-Sciences with Pr. P. Grivet, 1967).*

*Works three years with Max Mathews at Bell Laboratories to develop the musical resources of computer sound synthesis:*

*imitation of real timbres (brass synthesis, 1965; pitch paradoxes, synthesis of new timbres and sonic development processes; 1967-1969). Publishes a catalog of computer synthesized sounds (1969). Sets up computer sound systems at Orsay (1970-1971), at the University of Marseille-Luminy (1974), and*

at IRCAM, where Pierre Boulez asks him to head the Computer Department (1975-1979). Professeur at the Faculté de Luminy, University of Aix-Marseille (1979-1985). Presently "Directeur de recherche", CNRS, works on computer music in Marseille.

1st UFAM piano prize, 1963. Prix du Groupement des Acousticiens de Langue française, 1967. Laureate of Dartmouth International Electronic Music Competition (1970) with *Mutations I*, entirely synthesized by computer. CNRS Medal (1972). 1st Prize for Digital Music at Bourges International Electronic Music Competition (1980). Gran Prix SACEM de la Promotion de la musique symphonique (1981). Golden NICA, ARS ELECTRONICA, 1987. Silver medal, Centre National de la Recherche Scientifique, 1988.

Main musical words: *Prelude*, for orchestra (1963); *Instantanés*, pour piano (1965); *Music for Little Boy*, a play by Pierre Halet, for voice, instruments, and tape\*<sup>1</sup> (1968); *Mutations I*, for tape\*<sup>2</sup> (1969); *Dialogues*, for 4 instruments and tape\*<sup>2</sup> (1975); *Inharmonique*, for soprano and tape\*<sup>2</sup> (1977); *Moments newtoniens*, for 7 instruments and tape \* (1977); *Mirages*, for 16 instruments and tape \*\*(1978); *Songes*, for tape \*\*<sup>1</sup> (1979); *Aventure de lignes*, for electronic instruments ensemble and tape \*(1981); *Passages*, for flute and tape \*<sup>1</sup> (1982); *L'autre face*, for soprano and tape \* (1983); *Profils*, for 6 instruments and tape \* (1983); *Contours*, for tape (1983)<sup>3</sup>; *Filtres*, for 2 pianos (1984); *Sud*, for tape \*\*<sup>1,2</sup> (1985); *Seule*, for soprano solo (1985); *Dérives*, for chorus and tape \*(1985-1987); *Voilements*, for saxophone and tape \*\*(1987); *Phases*, for orchestra (1988); *Attracteurs étranges*, for clarinet and tape, 1988.

---

\* : computer-synthesized tape.

\*\*: tape obtained by computer synthesis and processing.

1. Recorded on C.D. WERGO 2013-50 (distrib. Harmonia Mundi).
2. Recorded on C.D. INA C 1003 (distrib. Harmonia Mundi).
3. Recorded on C.D. NEUMA 450-71

# INTERMEDIO I

*PER FLAUTO AMPLIFICATO E NASTRO MAGNETICO  
ELABORATO COL PROCESSORE 4I*

*ALBERTO CAPRIOLI*

*STRUMENTO E AMBIENTE ESECUTIVO DI SYLVIANE SAPIR ELABORATI PRESSO IL CENTRO DI SONOLOGIA  
COMPUTAZIONALE DELL'UNIVERSITÀ DI PADOVA*

INTERMEDIO I, dedicato al flautista Michele Biasutti, è stato presentato in prima esecuzione assoluta al festival «Triduum» di Klagenfurt nel marzo 1989, successivamente al Computer & Art Festival '89 di Padova, al 13° Festival Internazionale di Musica Contemporanea «Aspekte» di Salisburgo, e al Festival «Giovani Concertisti» di Udine.

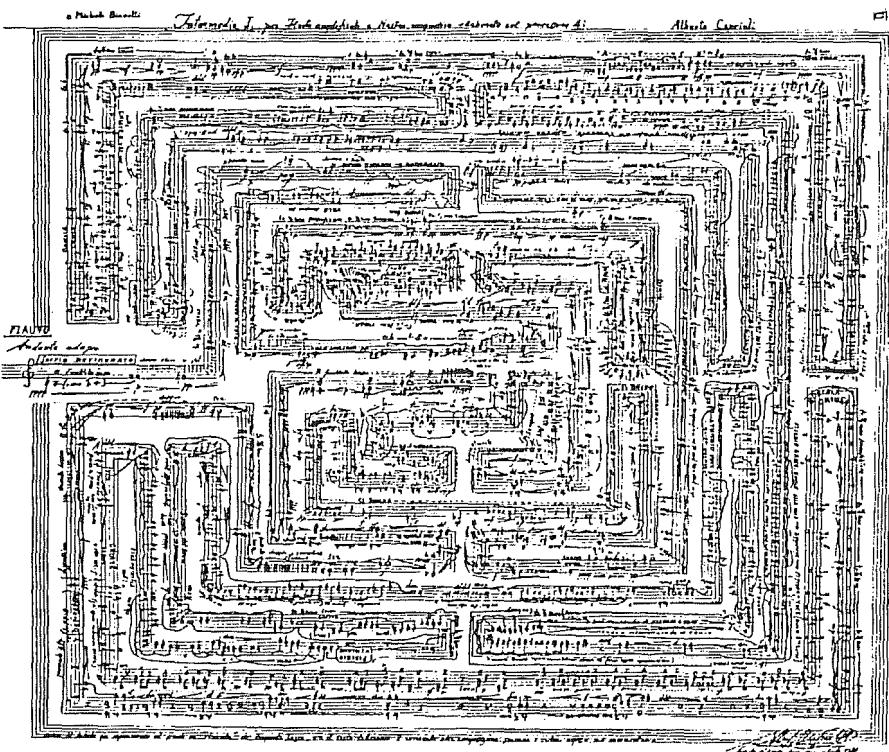
Il brano è costruito sul tracciato del labirinto della cattedrale di Chartres (solo apparentemente modificato nella pianta, da circolare a quadrata), facendo corrispondere la struttura musicale a quella architettonica secondo i principi sotto enunciati.

Il testo letterario che informa il titolo e le suggestioni strutturali di una parte dell'elaborazione timbrica è l'Intermedio I di Aminta di Torquato Tasso:

*Proteo son io, che trasmutar sembianti,  
E forme soglio variar sì spesso;  
E trovai l'arte, onde notturna scena  
Cangia l'aspetto; e quinci Amore istesso  
Trasforma in tante guise i vaghi amanti  
Com'ogni carme ed ogni storia è piena  
Nella notte serena,  
Nell'amico silenzio e nell'orrore,  
Sacro marin pastore  
Vi mostra questo coro e questa pompa;  
Né vien chi l'interrompa,  
O turbi i nostri giochi e i nostri canti.*

## 1. CENNI DI ANALISI DELLA STRUTTURA ARCHITETTONICA DEL LABIRINTO DELLA CATTEDRALE DI CHARTRES.

Osservando il numero dei cerchi concentrici che formano gli 11+1 livelli (trasformati nel tracciato della composizione in quadrati concentrici), orientato il labirinto secondo i punti cardinali, e notato in corrispondenza di quali punti cardinali avvengono le 33 circonvoluzioni dall'uno all'altro degli 11 «livelli», si ottiene una tabella, che mostra solo in seconda analisi la strabiliante simmetria celata nel progetto. Il livello esterno e punto di partenza del labirinto è qui considerato uguale ad un ipotetico livello 12, che, come si vedrà, viene a coincidere nella struttura simmetrica [o meglio, speculare, cfr. per la differenza il saggio di U. Eco: Sugli specchi e altri saggi, Milano, 1985] con il livello 0 (zero), centro e punto d'arrivo del labirinto. [Sul tema «labirinto» si vedano, tra gli altri, gli studi di K. Kerényi, P. Santarcangeli e H. Kern («Labirinti», 5000 anni di presenza di un archetipo), le cui affascinanti interpretazioni esulano peraltro da questa breve nota, se non dai motivi della scelta dell'archetipo come suggestione di un modello-compositivo].



Apparentemente non vi è simmetria nel grafico delle variazioni di livello delle circonvoluzioni, se non negli spostamenti di livello che avvengono in corrispondenza dei tre poli Nord, Est, Sud, che hanno un movimento speculare con se stessi:

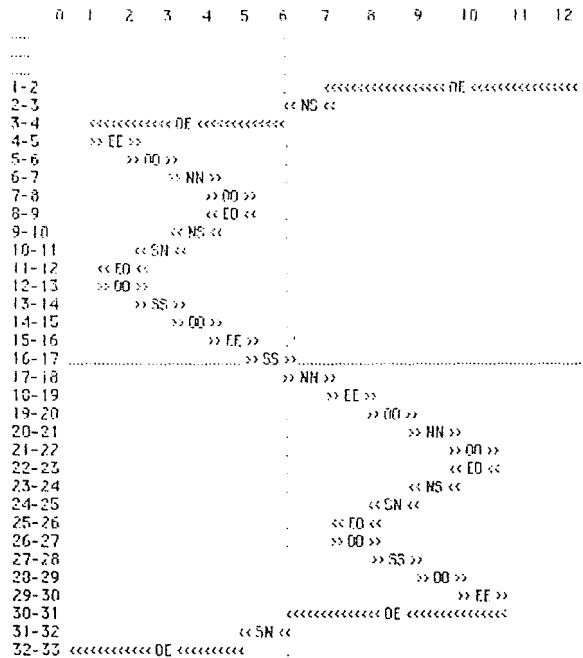
Nord: 7-6 3-4 4-3 6-7 9-10 10-9.

Est: 1-2 5-4 2-1 4-5 7-8 11-10 8-7 10-11. Sud: 3-2 2-3 5-6 9-8 8-9 6-5.

Il polo Ovest presenta ugualmente lo schema:

12-7	6-1	2-3	4-5	1-2	3-4	8-9	10-11	7-8	9-10	11-6	5-0
=====	=====	=====	=====	=====	=====	+++++	+++++	=====	=====	=====	=====
(A-5)-1(B-5)				-1				-1		[A-1]-5]1[B-1]-5]	
[a]											[a-1]

Se si pone il centro a livello zero e gli estremi a livello 12, gli spostamenti di livello che avvengono in ciascun punto cardinale (che risultano in direzione del medesimo se di valore crescente, e in direzione del polo opposto se di valore decrescente) possono essere ulteriormente rappresentati da un grafico assolutamente speculare, nel quale il centro è rappresentato dal punto del livello 6 Est (tra Sud e Nord nel 16° passaggio), che segna il centro dei 33 passaggi e il centro della simmetria speculare. Quest'ultima è realizzata facendo corrispondere al Nord il Sud, e lasciando immutati Ovest e Est:



## 2. RAPPORTO TRA STRUTTURA ARCHITETTONICA E STRUTTURA MUSICALE.

Facendo corrispondere ai 12 livelli (11 livelli + 1 dell'inizio = centro del labirinto) i dodici semitoni, si ottiene il gruppo di suoni: si solb fa do - reb re mib mi mib re reb do reb re mib mi - fa - solb sol lab la sib la lab sol solb sol lab la - sib fa mi si, nei quali i primi quattro costituiscono una formazione specifica di tetracordo cromatico (in senso seriale) e gli ultimi quattro rappresentano lo stesso tetracordo abbassato di un semitono, che termina con la stessa nota d'inizio, secondo la simmetria sopra esposta.

Trasponendo il tetracordo iniziale nei suoi stessi suoni, si ottengono quattro tetracordi comprendenti gli stessi quattro suoni più i suoni re bemolle e sol bequadro: si solb fa do; solb reb do sol; fa do si solb; do sol solb reb. Trasponendo la serie di sei suoni così ottenuta (si solb fa do reb sol) nell'inversione al semitono inferiore (derivata dallo spostamento di semitono inferiore dell'ultimo tetracordo del labirinto) si ottengono i suoni sib mib mi la lab re, complementari dei precedenti, con i quali formano la serie alla base della composizione: si solb fa do reb sol sib mib mi la lab re.

Dall'inversione alla quinta inferiore si ottiene una serie di sei suoni che sono i complementari dei due gruppi di sei suoni precedenti mi la sib mib re lab fa do si solb sol reb. Le due serie hanno la particolarità di contenere, in chiasmo nei suoni 5 6 7 e 12 1 2, gli accordi perfetti maggiori e minori a intervallo di tritono: si minore, mib maggiore, la maggiore, fa minore.

Trasponendo la serie in modo tale da farla incominciare successivamente dai suoi stessi suoni, si ottiene un gruppo di 12 serie, con le proprie inversioni e retrogradi, utilizzate per la composizione del brano, facendo corrispondere i dodici gruppi di quattro serie (retta, retrograda, inversione, retrogrado dell'inversione) con i dodici livelli e i quattro punti cardinali.

Oltre alle altezze, sono stati serializzati anche i timbri del flauto (con qualche lieve modifica di ordine musicale) in relazione ai dodici livelli.

Il testo dell'Intermedio I è stato utilizzato per il coordinamento dell'uso delle vocali emesse durante i suoni del flauto e, per la sua struttura di dodici versi, per la costruzione della parte del nastro magnetico.

*Alberto Caprioli, nato nel 1956 a Bologna, ha compiuto gli studi di composizione con Franco Margola e Camillo Togni, di direzione di coro con Tito Gotti nei Conservatori di Parma e Bologna, di direzione d'orchestra con Otmar Suitner all'Accademia di Vienna. Ha frequentato corsi e seminari di composizione con Karlheinz Stockhausen, Boguslaw Schaeffer (per un biennio al «Mozarteum» di Salisburgo), Franco Donatoni; di direzione d'orchestra nelle Accademie di Weimar e di Nizza, presso la Radio Olandese con Kirill Kondrashin, all'Arena di Verona con Franco Ferrara, all'Accademia Chigiana di Siena con Carlo Maria Giulini. Ha diretto presso la Radio Austriaca e il Musikverein di Vienna, l'Opera di Stato di Berlino, in Romania, in Germania e in Italia, dove ha debuttato nel 1983, dirigendo l'Orchestra Filarmonica di Dresda.*

*Ha frequentato corsi di computer music presso il C.S.C. dell'Università di Padova dal 1985. Sue composizioni sono state registrate da RAI 3, dalle Radio Tedesche SDR di Stoccarda, SWF di Baden-Baden, Saarlaendischer Rundfunk, dalla Radio Austriaca ORF di Vienna, Salisburgo, Dornbirn e Innsbruck, ed eseguite in festival e concerti in Italia, Austria, Germania, Francia, Polonia, Grecia.*

*Recentemente ha ricevuto commissioni dai Festival di Stoccarda 1988 e 1991, di Salisburgo 1989, dal Progetto Multimediale «Zeitfluss» di Salisburgo, per l'Esposizione Mondiale di Vienna-Budapest del 1995, da ensembles di Padova, Venezia, Bologna, Stoccarda, Amsterdam, Salisburgo.*

*Nel 1989 è stato pubblicato dalla Casa Discografica Sonoton di Monaco di Baviera un CD monografico contenente alcune delle sue composizioni cameristiche.*

# ...DUE GIORNI DOPO

*RICARDO DAL FARRA*

*AZCUENAGA 2764*

*(1640) MARTINEZ*

*BUENOS AIRES*

*ARGENTINA (SOUTH AMERICA)*

*TEL. (54-1) 553-3015*

"... DUE GIORNI DOPO" was composed by Ricardo Dal Farra in 1988.

This piece was produced at the Centro di Sonologia Computazionale of the University of Padova, in Italy.

I worked with the Interactive Computer Music System (ICMS) developed by Graziano Tisato to access a file with all the elementary components of the Italian language (vowels, vocal to vocal transitions, consonants, consonant to vocal transitions), and to convert texts written directly to the computer into typical speech sounds. The linear predictive coding (LPC) technique was used to synthesize the vocal sounds.

With unusual texts and fine control of resynthesis parameters four electronic "singers" were created.

A text-to-speech-to-music process was carried out.

In concert, this piece is played using a quadraphonic system of reproduction around the audience to distribute each one of the four artificial voices recorded in the tape to only one of the speakers.

"... Due giorni dopo" was premiered in Argentina in November of 1988.

*RICARDO DAL FARRA, was born in Buenos Aires, Argentina, in 1957.*

*He is professor at the Municipal Conservatory of Music in Buenos Aires, director of the Electronic Music Laboratory of the Argentina's Society for Music Education, and the Electroacoustic Music Studio.*

*He is member of the board of advisory editors of "Interface, Journal of New Music Research", and South America regional correspondent of the Computer Music Association.*

*Since March of 1988 Dal Farra is also making the radio program "Electroacoustic and Computer Music", broadcasted weekly by the Radio Municipal de Buenos Aires.*

*In 1986 he was studying and composing at the Center for Computer Research in Music and Acoustics (CCRMA) at Stanford University, in USA; and during 1988, he was visiting composer at the Centro di Sonologia Computazionale della Università di Padova, in Italy.*

*His electroacoustic and computer music compositions were played in Hong-Kong ("World Music Days 1988" - ISCM Festival), France ("XVII Festival International de Musique Experimentale" at Bourges), USA ("Res Musica Baltimore - International Electroacoustic Music Festival"), México ("En Torno a los Sonidos Electrónicos" festival), Sweden ("Structure and Perception of Electroacoustic Sound and Music" symposium), Canada ("Spectra" and "Hear and Now" concert series, at Concordia University), Spain ("XIII Jornadas de Música Contemporánea"), Cuba (III and IV "Encuentro Internacional de Música Electroacústica"), Italy ("VII Colloquio di Informatica Musicale"), and other international festivals.*

*As live electronic music performer he played in Argentina at Teatro Colòn de Buenos Aires, Centro Cultural General San Martìn, and Centro Cultural Ciudad de Buenos Aires. Recently, he played also at Center for the Fine Arts of Miami, during the "New Music America, Festival 1988" in USA; and this year was invited to play at the XI Stockholm Electronic Music Festival" in Sweden.*

# NO.DI - NOTE DIFFERENZE

(1987 - 1988)

*PER SAXOFONO E SUONI SINTETIZZATI DA ELABORATORE FLY*

*LAURA BIANCHINI*

L'idea compositiva si basa sul presupposto di usare il materiale sonoro in modo da rendere percettibili aspetti comuni e differenze tra suoni strumentali e quelli sintetici senza disperdere le loro particolarità ma relazionarli e trasformarli in modo da realizzare un unico "campo sonoro".

L'interazione percettiva che ne deriva, crea nel tempo un movimento dialettico in divenire. I suoni sintetici sono stati realizzati con il sistema per l'esecuzione in tempo reale Fly

*LAURA BIANCHINI - nata a Trevi nel Lazio nel 1954.*

*Ha studiato Composizione musicale con G. Buzzi e Composizione musicale elettronica con M. Lupone presso il Conservatorio "A. Casella" de L'Aquila.*

*Per alcuni anni ha svolto attività di ricerca musicale e scientifica presso il SIM (Studio per l'Informatica Musicale) di Roma. In questo ambito ha in particolare collaborato, con M. Lupone, alla realizzazione del sistema per la sintesi del suono in tempo reale "Fly".*

*I suoi lavori sia strumentali che elettronici sono stati eseguiti in Italia e all'estero.*

*Ha scritto alcuni saggi sulle problematiche compositive, che sono stati pubblicati da importanti riviste musicali. Attualmente è co-direttore dell'Associazione per la musica contemporanea MUSICA VERTICALE di Roma.*

*Svolge la propria attività di ricerca musicale e scientifica presso il C.R.M. (Centro Ricerche Musicali) di ROMA.*

# ESTENSIONI

---

*AGOSTINO DI SCIPIO*

"ESTENSIONI" è stato realizzato dall'autore presso il Centro di Sonologia Computazionale dell'Università di Padova nel periodo Marzo-Novembre 1988. La sintesi del suono è stata effettuata mediante il linguaggio Music 360 di Barry Vercoe, nella versione ampliata a cura di James Dashow, il missaggio è stato realizzato mediante il programma ICMS di Graziano Tisato.

Il brano si compone di una serie di "forme locali" di estensioni temporali identiche o in rapporti semplici tra loro, ovvero di una griglia preformata di durate equalizzate. Alla progettazione di ogni singolo evento sonoro e alla disposizione degli eventi successivi è stata affidata, pertanto, la possibilità di offrire una percezione temporale diversificata, funzionale a esigenze espressive di ordine superiore. Efficaci strumenti concettuali per perseguire tale scopo sono stati derivati dagli studi di Paul Fraisse.

Gli stessi rapporti che regolano le proporzioni tra forme locali sono stati assunti all'interno di ognuna di tali strutture. Il loro uso si è, poi, esteso anche al controllo degli algoritmi di sintesi adoperati (Sintesi additiva e Modulazione di frequenza), determinando le curve di tensione che individuano la forma stessa dell'intero brano, in termini di densità spettrale, densità nell'unità di tempo e complessità dell'evento sonoro

*AGOSTINO DI SCIPIO* (Napoli 1962) ha studiato Composizione con Giancarlo Bizzi e Mauro Cardi, e Composizione Musicale Elettronica con Michelangelo Lupone, presso il Conservatorio dell'Aquila. Ha inoltre seguito corsi di approfondimento con James Dashow, Roberto Doati e Reiner Boesch.

E' autore di concerti e seminari introduttivi alle problematiche della musica elettronica e della computer music. Collabora con l'associazione "Musica Vericale" (Roma) e con il Contempo Ensemble (Venezia). Svolge attività compositiva presso il Centro di Sonologia Computazionale dell'Università di Padova.

# ACQUA DI IMMENSA MURAGLIA

WALTER PRATI

Questo brano, per pianoforte e live electronics, è stato scritto a cavallo tra il 1988 e 1989 ed è nato dall'esperienza di lavoro, da poco conclusasi, con il sistema 4i.

La parte pianistica è strutturata su determinate figurazioni ritmiche che, con l'evoluzione della partitura tendono ad espandersi arricchendosi di gruppi irregolari intermedi. Il range di tali figurazioni è compreso tra la singola nota staccata ed il ribattuto tra più note.

Per quanto riguarda le "note", anche in questo caso è evidente una progressiva accumulazione che, nell'intenzione dell'autore, dovrebbe corrispondere ad un crescendo timbrico/armonico.

La parte elettronica, utilizzata dal vivo, prevede l'uso di quattro unità di trattamento digitale del suono e di un processore di segnale, che permette di controllare ritardi, trasposizioni ecc. attraverso una tastiera MIDI, suonata al medesimo tempo; compito affidato al trattamento è quello di espandere enormemente l'intenzione musicale. Ecco un breve dettaglio: la Linea di Ritardo viene utilizzata in funzione ritmica in relazione alle figurazioni musicali e varia in funzione di esse. Il Reverbero diviene un prolungamento del tradizionale pedale del pianoforte, mentre le trasposizioni permettono al pianista di realizzare verticalismi di frequenze altrimenti ineseguibili. Una nota particolare deve essere dedicata ad un uso combinato di reverberi e traspositori che permettono di ottenere improbabili glissati... dal pianoforte.

WALTER PRATI, nato a Milano il 6.8.56, ha studiato composizione elettronica e nuova didattica al Conservatorio G. Verdi di Milano, con Angelo Paccagnini e Irlando Danieli. Alla Civica Scuola di Musica di Milano ha studiato contrabbasso con Carlo Capriata; ha inoltre partecipato a seminari con Franco Donatoni e Azio Corghi. Nel 1985 ha frequentato il corso di Informatica Musicale del C.S.C. di Padova tenuto da Alvise Vidolin.

Nei suoi lavori ha dedicato particolare attenzione all'interazione tra strumenti musicali tradizionali ed elettronici.

Composizioni per organici vari e strumenti soli sono state eseguite nelle maggiori città italiane. Nel 1988 ha presentato a Darmstadt VIR per clarinetto e live electronics, a Milano (e a Venezia nell'ambito della Biennale Musica 1989).

Combinazioni Approssimate di Tempo Indefinito per trombone, sax, 4i e sistema MIDI. È edito dalla B.M.G. e dalla CARISH.

# SENZA VOCI TRE

*GUIDO BAGGIANI  
SALITA SANT'ONOFRIO, 23  
00165 ROMA*

SENZA VOCI TRE conclude la serie dei "Senza Voci".

Tre lavori che nel corso degli anni sono stati realizzati attraverso tecniche differenti, mantenendo tuttavia inalterate alcune caratteristiche di base concernenti il materiale sonoro ed il pensiero musicale ed esso legato. In particolare, "Senza voci tre" è stato realizzato al C.S.C. di Padova, con l'aiuto di Sylviane Sapir, sul sistema in tempo reale fondato sul processore 4i di Giuseppe di Giugno.

Il metodo di sintesi rimane quello della modulazione d'ampiezza ed il materiale sonoro rimane quello dei precedenti lavori: Quattro Insiemi frequenziali che, dal grave all'acuto, vengono denominati Alfa, Beta, Gamma e Delta. Le relazioni di vario grado che intercorrono fra questi insiemi, definiscono la articolazione del pezzo attraverso un cammino, più volte ripercorso, che va dalla individuazione puntuale dei singoli blocchi sonori in movimento, alla fusione globale del tutto in una unica vibrazione complessa.

Anche questo "Senza Voci" è vincolato alla preminenza di un Insieme-guida. Se in "Senza Voci Uno": l'insieme-guida era Beta, in "Senza Voci Due": Alfa (il più grave), in questo ultimo "Senza Voci" sono gli insiemi acuti Gamma e Delta a costituire la linea portante del discorso.

Ancora una particolarità: l'estrema scioltezza con cui il processore 4i maneggia gli "Inviluppi" mi ha indotto a giocare maggiormente sulle modalità d'attacco del suono. Tutto il pezzo sotto questo aspetto rimanda intenzionalmente al sapore dell'attacco del suono di campanelli e campane, ora approssimandosi, ora discontandosi da quel modello. Ed è da questa dialettica che nasce, forse, e via via si sviluppa, una certa festosità del lavoro.

*GUIDO BAGGIANI. Nato a Napoli. Studi musicali e diploma al Conservatorio di Santa Cecilia in Roma, sotto la guida di Boris Porena. Più tardi, studi alla Rheinische Musikschule di Colonia con K.H. Stockhausen.*

*1966-77: partecipazione all'attività di Nuova Consonanza dove, nel 1967 è stato eseguito il suo primo lavoro, "Mimesi".*

*Dal 1970 al 1978: professore di Composizione al Conservatorio Rossini di Pesaro.*

*Nel 1974: inviato negli Stati Uniti come rappresentante italiano al Festival Charles Ives.*

*Nel 1977: commissione del Governo francese di un'opera per due orchestre (Contr/Azione, to the memory of Charles Ives). Prima esec. Orchestre Philharmonique de Lorraine: Metz '77.*

*Nel 1978: commissione del Governo francese di un'opera per orchestra da camera (Double) prima esec. Collectif 2e2m Paris '79.*

*Nello stesso anno: fondazione di Musica Verticale, assieme a Walter Branchi.*

*Attualmente insegna composizione presso il Conservatorio Morlacchi a Perugia.*

**TRA LE OPERE PRINCIPALI:**

“Metafora” per 11 archi (1968); “Memoria” per orchestra da camera e dispositivo (1972); “Accordo presunto” (1975) (*strumenti e dispositivo*); “Senza Voci”, elettroacustico (coll. Asta/Nottoli) (1977-84); “Anabasi” per 4 voci femminili, strumenti e dispositivo, (1985); “Danza” per 4 strumenti (1986); “Studi per due pianoforti” e “Gongora”, per voce, orchestra e pf. (1989).

*EDIZIONI MUSICALI PRESSO: SALABERT; EDIPAN; SEMAR.*

# PARADIGMA

*PER CHITARRA E SUONI ELETTRONICI (1988)*

*MASSIMO STEFANIZZI  
VIA LAVAREDO, 28, 18  
30174 MESTRE (VE)*

E' un pezzo per chitarra trattata elettronicamente dal vivo e suoni elettronici anch'essi eseguiti dal vivo. Esiste una versione in cui questi ultimi sono memorizzati su nastro magnetico. Nella versione che verrà qui eseguita per chitarra e nastro, la parte elettronica è stata realizzata con le tecniche di sintesi additiva e modulazione di frequenza. Il trattamento elettronico dal vivo della chitarra si basa essenzialmente sull'amplificazione e sull'uso di riverbero. La parte elettronica è stata interamente realizzata presso il Conservatorio "B. Marcello" di Venezia.

Un aspetto particolarmente rilevante di questo lavoro è lo studio delle possibili implicazioni musicali di uno stesso oggetto sonoro. A tale scopo, vari elementi estremamente connotati, e quindi facilmente riconoscibili, vengono ripetuti in campi armonici sempre diversi e nei quali mutano continuamente di significato. Un altro aspetto fondamentale è l'eliminazione di qualsiasi rapporto di sudditanza tra i due strumenti; in questo senso, non vi è alcuna priorità compositiva o strumentale: gli stessi episodi nei quali la chitarra è sola, sono stati pensati in ragione di una manipolazione temporale del suono; allo stesso modo, alcune figurazioni assumono più valore spaziale che inter-vallare.

Dedico questo lavoro alla memoria di Bruno Maderna.

*MASSIMO STEFANIZZI: nato a Venezia il 10/12/1962, dopo la maturità scientifica si è trasferito a Bologna dove ha vissuto dal 1982 al 1987 per seguire i corsi di musicologia presso l'Ateneo di quella città. Contemporaneamente ha studiato chitarra, analisi e armonia dapprima privatamente, poi come allievo del Conservatorio "B. Marcello" di Venezia dove è tutt'ora iscritto. Nel 1984 ha seguito il corso di perfezionamento tenuto dal compositore cubano Leo Brouwer. Dal 1986 si occupa di musica elettronica. Come chitarrista ha al suo attivo vari concerti nelle maggiori città italiane.*

*Tra i suoi insegnanti vanno ricordati in particolar modo: A. Amato, A. Vidolin, A. Clementi, R. Dalmonte.*





# TAVOLA ROTONDA

MANUALITÀ... INFORMATICA: QUALE PENSIERO MUSICALE?

Partecipano: Nicola Bernardini, Enrico Cocco, Antonio Doro, Thierry Lancino, Stefano Leoni, Luigi Pestalozza, Alvise Vidolin.

# **DATA EDP**

**FORNITURA DI COMPUTER  
E SISTEMI EDP - ASSISTENZA  
HARDWARE - SOFTWARE**



**GRUPPO DATA**

**DATA EDP SAS  
P.ZZA GARIBALDI 4 - 09127 CAGLIARI  
AMMINISTRAZIONE TEL.070/666681  
DIREZIONE COMMERCIALE TEL.070/668982  
TELEFAX 070/651875**



SISTEMI INTEGRATI INFORMATICA

VIA S. LUCIFERO,85 - 09127 CAGLIARI  
TEL. 070/663746-670607

# INDICE PER GLI ATTI DEL COLLOQUIO DI INFORMATICA MUSICALE

## SESSIONE ANALISI E SINTESI DEL SUONO

*GIANPAOLO BORIN, GIOVANNI DE POLI, AUGUSTO SARTI*

1-8      Sintesi per modelli fisici: strutture e metodi

*GIANPAOLO BORIN, AUGUSTO SARTI*

9-16     Interazione martelletto-corda nella sintesi del pianoforte

*Giovanni B. DEBIASI, MASSIMO DAL SASSO*

17-25    Metodo per la valutazione automatica dei timbri di Organi a canne

*Giovanni De Poli, ANDREA FACCIO*

26-32    Generalizzazione dell'oscillatore VOSIM per la sintesi del suono

*GRAZIANO TISATO*

33-51    Analisi e sintesi del canto difonico

*Giovanni De Poli, STEFANO PUPPIN*

52-58    Un modello nel tempo del clarinetto: canna e fori

*IMMACOLATA ORTOSECCO, ALDO PICCIALLI*

59-67    Sintesi granulare e metodi di Analisi

## SESSIONE SISTEMI IN TEMPO REALE

*FRANCESCO GALANTE, GIORGIO NOTTOLI*

68-70    Sistemi per la sintesi del suono in tempo reale basati sul chip set VLSI ASF

*VITO ASTA*

71-72    Controllo in tempo reale di dispositivi di sintesi del suono: il programma ASF

*PAOLO BALLADORE, FABIO CAPPELLO*

73-79 Un Toolkit Audio per ambienti Object Oriented

*LINDORO MASSIMO DEL DUCA*

80-82 ELAB-C25 sistema di elaborazione numerica del suono in tempo reale

*NICOLA BERNARDINI, PETER OTTO*

83-89 TRAILS: un sistema interattivo per la spazializzazione dei suoni

*LEONELLO TARABELLA*

90-96 Un sistema Multi-DSP per l'elaborazione di segnali audio ed un Editore grafico per algoritmi di sintesi e filtraggio

*MAURIZIO CAVALLI, PETER OTTO*

97-103 CONTACT: a programmable interface panel for MIDI control

## SESSIONE SISTEMI HARDWARE

*ISELQUI - ISTITUTO PER LA QUALITA' INDUSTRIALE*

104-106 Un dispositivo VLSI per la Sintesi Interpolativa Multidimensionale

*ROBERTO CAVAZZANA*

107-110 Interfaccia di collegamento per la 4X su sistemi AT- compatibili

## SESSIONE STUDIO REPORT

*NICOLA BERNARDINI, PETER OTTO*

111-116 Il CentroTempo Reale: uno studio report

*ENRICO COCCO, PIERLUIGI MARRAMA, STEFANO PETRARCA*

117-122 La ricerca musicale allo STREAM - studio report

*ANTONIO MASTROGiovanni*

123-125 Universidad de la Repubblica, Escuela Universitaria de Musica - Monte video, URUGUAY

Rapporto sulle attività che intende svolgere il laboratorio di cui sarà dotata la Escuela Universitaria de Musica di Montevideo - Uruguay

*NICOLA SANI*

126 STUDIO REPORT S.I.M. Societa'informatica Musicale - Roma

## SESSIONE SISTEMI, ALGORITMI COMPOSITIVI E COMPOSIZIONE MEDIANTE ELABORATORE

*ANTONIO CAMURRI, FRANCESCO GIUFFRIDA, PAOLO PODESTÀ*

- 127-133 DMTOOL: un ambiente software per la elaborazione di campioni

*ENRICO COCCO*

- 134-137 Materia Intelligente: una ricerca compositiva su un modello formale ricorsivo per punti di accumulazione e catastrofe

*BRUNO FAGARAZZI - CARLA SARAGGIOTTO*

- 138-143 Approccio Object Oriented alla descrizione integrata di processi compositivi sia sonologici che simbolici

## SESSIONE DIDATTICA DELLA MUSICA INFORMATICA

*ROBERTO DOATI, MARCO STROPPA, ALVISE VIDOLIN*

- 144-151 Uno strumento didattico per la musica informatica:  
il questionario

## SESSIONE MUSICOLOGIA

*SEBASTIANO MIDOLO*

- 152-157 Un catalogo tematico su personal computer

*PAOLO ZAVAGNA*

- 158-160 Analisi di composizioni per elaboratore in tempo reale

## SESSIONE POSTER

*FRANCO DEGRASSI*

- 161-164 MIDILOG: Un progetto di assistente intelligente alla composizione musicale

## INTERVENTI SU INVITO

*CLAUDE CADOUZ*

- 165-166 Le Modèle Physique dans La Création Musicale à l'Aide de l'Ordinateur

*STEPHEN TRAVIS POPE*

- 167-176 Composition by Refinement

*ALBERTO STIGLITZ, DANTE TANZI*

- 227-234 Strumenti software per la performance in tempo reale di  
"Louvre"

*TAVOLA ROTONDA*

- 267 Manualita'..., Informatica: Quale Pensiero Musicale?

Partecipano : Nicola Bernardini, Enrico Cocco, Antonio Doro,  
Thierry Lancino, Stefano Leoni, Luigi Pestalozza, Alvise Vidolin

**SESSIONI DI ASCOLTO**

*REYNOLD WEIDENAR*

- 235 The Thundering scream of the seraphim's Delight (1987),  
video (14'29")

*MARCO BERTONI, ENRICO SEROTTI*

- 236-237 Pop Song (1988), per campionatore in tempo reale (5')

*GIORGIO TEDDE*

- 238-239 HEROES (1988), per nastro magnetico (8'40")

*LEONELLO TARABELLA*

- 240-241 Lunare (1988), per Midi-Sax e calcolatore in tempo reale

*FRANCESCO VILLA*

- 242 Trace (1989), per nastro magnetico (8')

*ROBERTO DOATI*

- 243 Una storia chimica (1987-89), per nastro magnetico (13')

*MICHELE BIASUTTI*

- 244-245 Vibrazioni eoliche (1989), per due flauti e live electronics (10')

*LADISLAO TODOROFF*

- 246 Seis Variantes (1988), per nastro magnetico

*ETTORE CARTA*

- 247 Perduto ...nel buio (1989), per nastro magnetico

*DENIS SMALLEY*  
177-179 From the inside out: designing morphologis for wind chimes

*THIERRY LANCINO*  
180-184 Metamorphose et Mämoire, aperçu

*STEFANO LEONI*  
185-192 Il ruolo della teoria musicale alle origini della rivoluzione scientifica

#### SESSIONE DEMOSTRAZIONI (CON INTEGRAZIONE DI POSTER)

*PAOLO AIELLO, FRANCO SABA*  
193-197 MCP: Music Composer/Performer

*PAOLO AIELLO, ETTORE CARTA, GIUSEPPE MANCONI, LUIGI MARRAS, ANDREA SABA, FRANCO SABA, PAOLA SIMBULA, TOMMASO ZANZU*  
198-205 Applicazioni musicali per la Soft Machine AP1

*FABIO ARMANI*  
206-207 N.L.D.S.

*LEONELLO TARABELLA*  
90-96 Un sistema Multi-DSP per l'elaborazione di segnali audio ed un Editore grafico per algoritmi di sintesi e filtraggio

*Giovanni B. DEBIASI, Mario PICCINELLI*  
208-212 Sistema MIDI per il controllo del fraseggio, dell'articolazione e dell'interpretazione musicale di partiture complesse

*ROBERTO BRESIN, ROBERTO MANDUCHI*  
213-215 Una sorgente di melodie con controllo di entropia

*ANTONIO CAMURRI, F. GIUFFRIDA, P. PODESTÀ*  
127-133 DMTOOL: un ambiente software per la elaborazione di campioni

*FABIO CIFARIELLO CIARDI*  
216-223 Un algoritmo veloce per il calcolo della dissonanza e l'analisi intervallare

*LIVIO SANDEL*  
224-226 Compilatore grafico di strumenti Music V

*MICHELANGELO LUPONE*

- 248 Incanto (1988), per nastro magnetico

*PIETRO PERINI*

- 249 Sequencer n.1 (1988), per flauto, contrabbasso e nastro magnetico (2'30")

*EUGENIO GIORDANI*

- 250 Solaria (1988), per nastro magnetico (11'30")

*LUIGI CECCARELLI*

- 251 Titanic & Icarus s.p.a. (1988), per un percussionista e quattro eccitatori (18'50")

CONCERTI

*JEAN CLAUDE RISSET*

- 252-254 Attracteurs Etranges (1988), per clarinetto e nastro magnetico (20'30")

*ALBERTO CAPRIOLI*

- 255-258 Intermedio I (1988) per flauto e nastro magnetico (8')

*RICCARDO DAL FARRA*

- 259-260 Due giorni dopo (1988) per nastro magnetico (3'10")

*LAURA BIANCHINI*

- 261 No.DI. (1987-88), per sassofono e nastro magnetico (10'9)

*AGOSTINO DI SCIPIO*

- 262 Estensioni (1988), per nastro magnetico (11'30")

*WALTER PRATI*

- 263 Acqua di immensa muraglia (1989), per pianoforte e live electronics (9')

*GUIDO BAGGIANI*

- 264-265 Senza voci 3 (1987), per nastro magnetico (15')

*MASSIMO STEFANIZZI*

- 266 Paradigma (1989), per chitarra e nastro magnetico



