

Il mio catalogo dei suoni del 1969: guardando indietro dal 1992

di Jean Claude Risset

13 marzo 2007

In che modo e perché creai il catalogo

Ho messo insieme il mio “*Catalogo introduttivo dei Suoni Sintetizzati al Computer*” presso i Bell Laboratories nel 1969. Max Mathews stava preparandosi per tenere un corso di computer music alla Stanford University, sotto invito di John Chowning, che da alcuni anni stava lavorando sull’implementazione della sintesi software dei suoni e che stava facendo esperimenti con suoni musicali sintetici. Io stesso lavorai ai Bell Labs, esplorando la sintesi di una varietà di suoni, nel 1964-1965 e fra il 1967 ed il 1969. Mi ero occupato dell’imitazione di strumenti e avevo lavorato sui paradossi uditivi del pitch, sulla sintesi di tessiture sonore e sulle trasformazioni profonde di suoni sintetici. Molte delle sintesi che ho prodotto possono essere ritrovate nelle mie composizioni per computer *Little Boy* (1968) e *Mutations* (1969). Max stava raccogliendo materiale per il suo corso e mi chiese se potessi mettere a sua disposizione gli algoritmi per le sintesi più significative che avevo creato.

Pensai che fosse un’idea eccellente. Un anno prima o circa, John Chowning aveva visitato i Bell Labs e aveva dato una dimostrazione dei lavori che stava svolgendo sia sui movimenti illusori di sorgenti sonore che sulla sintesi di spettri complessi per mezzo della tecnica della modulazione di frequenza. Fu una dimostrazione impressionante. John aveva portato un nastro contenente scansioni spettrali che erano state sintetizzate cambiando l’indice di modulazione come una funzione lineare del tempo per vari valori della frequenza portante e modulante: assieme al nastro lasciò i dati degli algoritmi. Da questi dati non ebbi difficoltà a replicare le sintesi di John: tutto ciò che dovetti fare fu l’apportare una piccola modifica nel codice dell’oscillatore nel programma di sintesi MUSIC V al fine di consentire l’accesso alla tabella di forma d’onda all’incontrario. Di fatto mi avvantaggiai di questo processo di sintesi nel mio pezzo *Mutations*, nel momento fra 7’41” e 8’09” dall’inizio: secondo John questo deve essere stato il primo uso della tecnica di modulazione di frequenza in un brano musicale finito.

Ero impressionato dalla comodità e dall’efficienza che il computer offriva nel veicolare informazione sul suono. Ascoltando i suoni puoi decidere se ti in-

teressano o meno. Se un suono ti interessa allora puoi consultare il suo rispettivo algoritmo. Sintetizzando un suono per mezzo di un software di sintesi come MUSIC IV-MUSIC V allora la *score* - i dati di ingresso del programma - contiene l’algoritmo per sintetizzare il suono. Così, piuttosto di dare a Max una descrizione fisica dei miei suoni, misi insieme le loro *score* per MUSIC V. Aggiunsi alcune spiegazioni riguardanti gli esempi, il loro scopo ed il processo adottato per sintetizzarli. Preparai, appunto, anche un nastro dei suoni stessi, con una registrazione vocale dei loro numeri (100, 200 ecc.). Non utilizzai una numerazione in serie poiché avevo pianificato di accrescere il documento con esempi aggiuntivi e pensai che suoni dello stesso filone dovessero essere raggruppati assieme. Perciò passai a Max questo catalogo preparato in breve tempo, con testo e nastro. Si trattava di un *fac-simile* di questo documento - riscritto con programmi di *text-editing* ma allora inedito - che viene oggi ripubblicato come parte del documento storico.

Come venne utilizzato

Il catalogo sembrò andare bene per il corso. Max disse che lo considerava un documento importante: era la prima collezione di suoni che fossero completamente conosciuti nella loro struttura fisica - *per costruzione*, per così dire - e tuttavia di una complessità sufficiente perché avessero potenzialmente un interesse musicale, a differenza dei meri toni quasi-periodici o delle bande di rumore. Gli *score* di MUSIC V sono effettivamente ricette: da questi è possibile replicare la sintesi se si dispone dello stesso programma di sintesi ed è in genere semplice adattare gli score in modo che possano essere accettati da varianti del programma.

Pertanto il programma utilizzato a Stanford non era MUSIC V ma bensì MUSIC10, un adattamento di MUSIC IV al calcolatore PDP10: molti suoni del catalogo non furono difficili da replicare. Oltretutto, anche se non si avesse avuto accesso ad un tale programma di sintesi, si poteva dedurre la struttura fisica del suono dallo *score* semplicemente conoscendo le convenzioni del programma. Queste convenzioni sono state completamente descritte nel libro di Max Mathews “*The Technology of Computer Music*” pubblicato dal M.I.T. press nel 1969. Naturalmente il design e l’implementazione elegan-

ti e belli del programma di sintesi di Max furono fondamentali per consentire questo tipo di approccio. Il mio catalogo fu dedicato a Max come segno di ammirazione e di gratitudine.

Pertanto alcune delle ricette per i suoni del mio catalogo potrebbero essere utilizzate dai musicisti che fanno sintesi al computer con programmi modulari del tipo di MUSIC IV-MUSIC V come MUSIC4BF, MUSIC10, MUSIC11, MUSIC360, CMUSIC o CSOUND. Alcune delle ricette sono perfino state studiate dagli utilizzatori di sintetizzatori analogici come i *Moog*. A Marsiglia Daniel Arfib ha adattato MUSIC V ai computer PC-IBM compatibili e non ha avuto difficoltà nel replicare gli esempi del mio catalogo: vent'anni dopo le ricette funzionano ancora - come dovrebbero - e ne uso ancora alcune per le mie opere musicali. Per esempio ho utilizzato i suoni sintetici di flauto e di percussioni, come descritto negli strumenti n° 100 e 400 del Catalogo, in *Passages* (1982) e ne *L'Autre Face* (1983). Ho utilizzato gli arpeggi armonici (come descritto negli strumenti dal n° 500 al n° 503) in:

- *Contours* (1983) [da 6'30" a 8'57"]
- *Sud* (1985) [da 2'50" a 3'40"]
- *Voilements* (1987) [da 6'56" a 7'17"]
- *Attracteurs étranges* (1988)
- *Little Boy* (1968) [all'inizio]
- *Mutations* (1969) [ad esempio da 29" a 52" e da 1'28" a 2'20"]

Ho anche utilizzato suoni sintetici di clarinetto, come descritti nello strumento n° 150, in *Mutations* [da 2'45" a 3'10"] così come in *Voilements* [a 2'21", 2'44" e a 3'08"]. Nel caso di Voilements specificai le altezze ed i tempi suonando su di una tastiera MIDI e i dati della performance MIDI furono poi trascritti in dati di ingresso per MUSIC V grazie ad un programma di conversione scritto presso Marsiglia da Frederic Boyer, tuttavia il processo di sintesi avvenne esattamente come specificato nel catalogo. L'inizio di Mutations corrisponde allo strumento n° 550 con l'aggiunta di un processamento di spazializzazione e di riverbero del suono. Variazioni degli esempi paradossali (strumenti dal n° 513 al 515) furono utilizzate nella "caduta" in Little Boy,

in *Mutations*, in *Moments newtoniens* (1977) ed in *Electron-Positron* (1989).

Diversi praticanti della computer music mi domandarono una copia del mio catalogo e ancora oggi (1992) ricevo richieste. Mi rendo conto che alcuni questi trovino il catalogo molto utile. Ad esempio Stanley Haynes ha utilizzato alcune delle mie imitazioni grezze di pianoforte (strumenti n° 300 d 301) per produrre il nastro per il suo pezzo *Prisms* per pianoforte e nastro, realizzato presso l'IRCAM nel 1977. James Beauchamp scrisse una recensione favorevole in "Perspectives of New Music", così come Alan Ashton nella sua dissertazione di dottorato "Electronics, Music and Computers". Nel suo libro Sound Structure in Music Robert Erickson riportò l'esempio n° 550 (che era un tentativo di prolungare l'armonia in timbro). Nei tardi anni '80, mentre lavorava a Marsiglia, Daniel Arfib adattò MUSIC V ai personal computer PC-IBM compatibili ed estese il programma perché includesse, fra l'altro, le trasformate Gabor e wavelet: egli adattò il mio catalogo a questa nuova versione. Quasi nello stesso periodo Steven Held, lavorando con Judy Klein presso lo studio di musica elettronica dell'università di New York (sfortunatamente chiuso nel 1990), tradusse gli score del mio catalogo in linguaggio CSOUND, un efficiente programma di sintesi sonora scritto in linguaggio C da Barry Vercoe oggi utilizzato in una quantità di posti sia in America che in Europa.

John Philip Gather ha di recente assemblato il cosiddetto "Amsterdam Sound Catalogue" il quale include diversi esempi del mio catalogo trascritti per CSound oltre che altri dati sonori.

Altri Cataloghi

Più tardi vennero pubblicati altri documenti simili, anche se non molti. Nel suo storico articolo sull'uso della modulazione di frequenza per la sintesi di spettri complessi (1973) John Chowning il metodo ed i parametri per sintetizzare vari tipi di suoni simili a quelli strumentali utilizzando algoritmi di FM. Nel primo numero del Computer Music Journal, al tempo edito da John Snell, si poteva trovare l'eccellente articolo *Trumpet algorithms for computer composition* di Dexter Morril, e nel numero seguente John Grey e Andy Moorer pubblicavano l'articolo *Lexicon of analyzed tones*, fornendo ana-

lisi dettagliate dei toni di vari strumenti in termini di funzioni lineari concatenate. Stanley Haynes documentò gli interessanti processi di sintesi e di riconoscimento degli attacchi dei suoni che aveva implementato presso l'IRCAM nei tardi anni '70: questi processi furono utilizzati non solo nel suo pezzo *Prisms* (1977) per pianoforte e nastro sintetizzato al computer ma anche in *Arcus* (1978) di York Haller e nel brano *Mortuos Plango, Vivos Voco* (1980) di Jonathan Harvey di cui Haynes era assistente. Sempre nei tardi anni '70 Denis Lorrain documentò il mio pezzo *Inharmonique*, realizzato all'IRCAM nel 1977 per soprano e nastro generato al computer, in una maniera simile al mio catalogo: egli selezionò sezioni del pezzo e spiegò ogni voce separatamente per mezzo di un chiaro *score* per MUSIC V, mostrava quindi come i vari elementi fossero stati uniti sul nastro finale. Il lavoro di Lorraine venne utilizzato nelle sessioni di introduzione per i compositori all'IRCAM e alcuni processi che descrisse per la sintesi di suoni inarmonici furono più tardi nella realizzazione del brano *La variation ajoutée* scritto da Gilbert Amy e che Lorraine assistette nella composizione.

Nel loro libro *Computer music* Charles Dodge e Thomas Jerse forniscono una quantità di descrizioni dettagliate di processi di sintesi. Nel libro di John Pierce *The science of musical sound* sono presenti esempi sonori registrati su di un disco di vinile. Assieme al libro *Current directions in computer music search*, edito da M.V. Mathews e da J.R. Pierce e pubblicato nel 1989, è presente un compact-disk con gli esempi sonori descritti nel libro, inclusi esempi di suoni di parlato sintetico da parte di Charles Dodge, esperimenti di sintesi di suoni di voce da parte di John Chowning, esperimenti con la tecnica del *Phase Vocoder* da parte di Mark Dotson, due esempi da parte mia e altri esempi altamente interessanti. Stiamo attendendo la pubblicazione del libro *Little book of computer instruments* di Dexter Morril che raccoglierà algoritmi di sintesi di Morril come di altri autori.

Sintesi *real-time* contro sintesi software

Oggiorno è disponibile la sintesi in tempo reale, perciò a molte persone la sintesi software ap-

pare ormai antiquata. Nei tardi anni '60 le operazioni *real-time* potevano essere implementate solo per mezzo di sistemi ibridi in cui un computer controllava equipaggiamenti elettronici quali oscillatori controllati in tensione (VCO) ed amplificatori controllati in tensione (VCA). In questa maniera il carico computazionale richiesto al computer era molto più basso dato che il computer non doveva più fornire informazione a frequenza audio (*audio-rate*) ma solamente ad una molto più bassa frequenza di controllo (*control-rate*) che era quella relativamente lenta dei gesti umani utilizzati per dare al suono le caratteristiche volute. Nel programma di sintesi MUSIC V non viene fatta una esplicita distinzione fra *audio-rate* e *control-rate* (nella fattispecie la FM di Chowning può essere considerata come un vibrato molto veloce che avviene ad *audio-rate*) distinzione che non esisteva neppure nei sintetizzatori analogici controllati in tensione di Bob Moog che incominciarono ad apparire attorno al 1964, pochi anni dopo i primi programmi di sintesi modulare di Mathews, MUSIC III e MUSIC IV. Tuttavia *audio-rate* e *control-rate* furono trattati separatamente sia nei primi sintetizzatori analogici controllati in voltaggio di Don Buchla, i quali apparirono sempre attorno al 1965, sia nei programmi di sintesi scritti da Barry Vercoe come MUSIC11 e CSOUND. Nel 1969 Max Mathews e Dick Moore implementarono GROOVE, un sistema ibrido in tempo reale ben progettato; Mathews dimostrò attraverso GROOVE la sua idea di "conductor program" dove l'utente avrebbe potuto controllare la performance musicale in una maniera simile a quella di un direttore d'orchestra (questa idea è ora stata implementata attraverso il sistema *radio-drum* di Mathews). Attorno a quel periodo sintetizzatori ibridi *real-time* apparvero in Inghilterra, all'EMS di Peter Zinovieff e all'*Electronic Music Studio* di Stoccolma (conosciuto anche come EMS).

Attorno al 1974 la collaborazione di Jon Appleton, Sidney Alonso e Cameron Jones consentì la realizzazione del *Synclavier*, il primo sintetizzatore musicale digitale. Altri sintetizzatori digitali furono progettati da Hal Alles, Peppino Di Giugno e Andy Moorer. All'interno di alcuni circoli, specialmente all'IRCAM, il funzionamento *real-time* era considerato di primaria rilevanza e poteva capitare di sentir dire che la sintesi software fosse obsoleta, dal momento che non poteva essere implementata in tempo reale. Alcuni affermarono che il tempo

della musica su nastro era finito.

Ma la musica non è una corsa agli armamenti. Max Mathews dice che i rivoluzionari sono molto conservatori nella scelta delle loro armi. Di certo il funzionamento in *real-time* ha molto da offrire, tuttavia guardando al passato molti dei suoni e delle manipolazioni che divennero la norma quando il *real-time* invase la computer music possono apparire molto primitivi e stereotipati. Inoltre molti dei brani realizzati dieci o quindici anni fa tramite particolari sistemi *real-time* sono adesso ineseguibili poiché quei sistemi non sono più mantenuti o disponibili.

È stato difficile resistere al *real-time* da quando venne implementato. Tuttavia la maggior parte delle persone ascolta musica registrata: il supporto di registrazione non è morto e probabilmente non lo sarà mai. Anche quando la musica viene eseguita e registrata in tempo reale viene poi assemblata con cura dopo un certo numero di riprese. Potrebbe quindi essere sottoposta ad un ammontare sostanziale di processamento del suono, spesso utilizzando processi non *real-time*, ad esempio per effettuare la pulizia del segnale proveniente da nastri magnetici rumorosi. Un tale processo di pulizia fu dimostrato a metà degli anni '70 da Thomas Stockham su delle registrazioni di Caruso. Fu una fortuna per me che i suoni del mio primo pezzo al computer *Computer Suite from Little Boy*, la cui copia master era stata accidentalmente danneggiata, potessero essere pulite dalla Sonic Solutions inc.

Inoltre il *real-time* è importante per l'esecuzione più che per la composizione. La composizione richiede al compositore di essere liberato dai vincoli del *real-time*. Una quantità di processi compositivi è intrinsecamente non *real-time*. Per esempio si potrebbe pensare a canoni dove la risposta ha un tempo più veloce di quello del motivo iniziale: pertanto la risposta del canone potrebbe finire per sovrapporsi con il motivo, quindi non può essere calcolata in tempo reale.

Chiaramente qui sto facendo la parte dell'avvocato del diavolo: il *real-time* ha molto da offrire. Io stesso ne ho fatto uso di recente nel mio *Duet for one pianist* dove un computer segue la performance del pianista ed elabora una sua propria parte che viene eseguita sullo stesso pianoforte acustico (uno speciale pianoforte *Yamaha Disklavier* dotato di sensori e attuatori controllabili via MIDI). Ma ciò che accade il più delle volte è che i sistemi *real-*

time incitino il compositore a fare uso di timbriche precostituite (di solito voci preimpostate in fabbrica). Può trattarsi di voci molto ben realizzate ma non si tratta comunque di creazioni del musicista, sono precostituite. I timbri disponibili sono spesso imitazioni di strumenti e anche se in sè sono buone potrebbero richiedere un controllo temporale difficilmente sarebbe veicolabile tramite il protocollo MIDI il quale funziona bene per attivare o fermare processi ma che non è l'ideale per dei controlli continui. Pertanto si può udire una noiosa quantità di suoni percussivi o pizzicati ma solo pochi toni sostenuti che siano soddisfacenti. Tutto questo porta ad una regressione per tutto ciò che riguarda l'ambito musicale dell'elaborazione della struttura del suono.

I cataloghi sono ancora utili con la sintesi *real-time*?

Dunque se un musicista è genuinamente interessato nell'elaborare la struttura del suono, nel comporre il suono stesso allora il *real-time* potrebbe non essere la risposta. Tuttavia esso appare semplice e potente: molti musicisti credono che il *real-time* renda possibile l'"accordare" i suoni in qualsiasi modo desiderato. Ho sentito molti compositori in disappunto perché non ottenevano subito suoni sintetici che li soddisfassero, rivendicare il fatto che avevano bisogno di un funzionamento *real-time* in modo da poter utilizzare un controllo gestuale in tempo reale per regolare il suono che volevano con l'aiuto delle loro orecchie e della loro intuizione musicale.

Tuttavia questa è per lo più un'illusione. Su di un sistema *real-time* è possibile controllare solo quei parametri che si è deciso in partenza dover essere controllabili in *real-time* entro un dato modello di sintesi del suono: così il compositore ha un controllo di portata limitata, con limitazioni che difficilmente sceglie di persona. Giocherellare con i parametri potrebbe non portarti mai dove vuoi, proprio come è improbabile che si risolva un cubo di Rubik per manipolazioni alla cieca: si devono esercitare strategie più che cambiamenti a caso. All'IRCAM un ricercatore dotato passò settimane frustranti di sforzi nel cercare di sintetizzare vocalizzazioni simili al parlato manipolando i controlli *real-time* del sintetizzatore digitale 4X: quindi andò a controllare

i dati di analisi. È notevole il fatto che dal punto di vista psicoacustico si ottenne un progresso maggiore con i sistemi *non real-time*, anche quando era disponibile il *real-time* (si pensi ad esempio alla ricerca sulla sintesi della voce cantata compiuta presso l'IRCAM nel 1979-1980 da parte di Johan Sundberg, John Chowning, Gerald Bennett e Xavier Rodet).

Perciò, anche quando si utilizzano sistemi *real-time*, è importante disporre dell'informazione sulla struttura del suono. Si ha spesso troppa fiducia nella potenza di una macchina, di un oggetto tecnologico: ciò che rende questo oggetto potenzialmente dotato di valore è la sua capacità di racchiudere la conoscenza. Quando le tecnologie cambiano i processi e i dati devono essere trasportati verso nuove tecnologie dimodochè l'investimento intellettuale non vada perduto in una implementazione effimera e che il progresso tecnologico non risulti in una regressione delle possibilità. Preservare una base dei dati può aiutare nel rendere l'esplorazione delle risorse della sintesi e del processamento dei suoni al computer uno sforzo cooperativo genuino. È per questo che l'idea di un catalogo dei suoni è valida e importante.

Il catalogo è utile per il fatto che fornisce punti di partenza per la sintesi di vari tipi di suoni. Le ricette del catalogo non sono intese come modelli: partendo da esse possono essere apportate modifiche, aggiustamenti, adattamenti e distorsioni a volontà, possibilmente attraverso un intervento in tempo reale. La parte difficile, quella più dura e dispendiosa in termini di tempo è quella di partire sulla strada giusta. A volte il modo per sintetizzare un suono desiderato è molto intuitiva, altre volte no. Nel 1964 dovetti fare uno studio specifico (utilizzando un paradigma di "analisi per sintesi") per trovare i tratti salienti che donavano ad un suono le qualità di un'ottone (Tornerò su di questo punto più avanti, nella discussione dell'esempio n° 210).

Partiture del suono

Effettivamente molti suoni del catalogo sono solo dei tentativi primitivi: adesso si può fare molto di meglio, più di vent'anni dopo. Tuttavia c'è spesso qualcosa negli esempi che merita di essere comunicato. Si può essere interessati da alcune istanze di spettri, di inviluppi o di modelli dinamici del suono.

Ma il catalogo non contiene solo suoni isolati: negli strumenti n° 150, 440, dal 500 al 503, 511 e 512 vengono dimostrati alcuni processi di sviluppo del suono in cui il computer aiuta nella composizione dei suoni stessi piuttosto che solo nella composizione con essi. Molti compositori sono interessati nell'estendere la loro attività compositiva al livello microstrutturale, cioè all'elaborazione del suono. Ora gli *score* di MUSIC V, presentati e spiegati come nel catalogo, sono in effetti partiture del "suono organizzato" come Edgar Varèse lo chiamava: descrivono l'elaborazione musicale della struttura del suono. Possono essere utili per accumulare know-how: servono non solo come ricette ma anche come spartiti che possono suggerire idee per la composizione microstrutturale. Proprio come l'analisi di spartiti musicali tradizionali è un modo per apprendere l'arte della composizione, così il guardare le partiture del suono (*sonic scores*) è un modo per condividere con gli altri l'esperienza di comporre i suoni stessi. Riguardo a questo si dovrebbe notare che l'utilizzo di un programma di sintesi software implica un qualche tipo di notazione generalizzata. La prima notazione musicale occidentale suggerì processi compositivi come quelli del contrappunto, corrispondenti a simmetrie spaziali che sono ovvie sullo spartito. L'uso del computer permette varie tipi di notazione strutturale che possono estendere le possibilità di trasformazioni compositive.

Alcune caratteristiche importanti fra gli esempi del catalogo

Alcune caratteristiche dimostrate nel mio catalogo dei suoni del 1969 mi paiono essere ancora di interesse: dovrei concludere con una ricapitolazione di questi.

N° 100: presenta un suono di flauto molto semplice con una modulazione sia casuale che periodica. Il contributo principale da esso apportato è quello di esemplificare come sia importante la variazione dei parametri fisici durante la frase musicale al fine di introdurre naturalezza ed un senso di espressività. Si tratta di un primo esempio di *analisi della performance per sintesi* che è stato da poco recensito come tale da parte di de Po et al. (1991).

N° 150: dimostra un algoritmo di composizione

seriale - una "fabbrica di note" - implementato nel terzo passo di MUSIC V, espandendo in tal maniera la permutazione seriale agli inviluppi di ampiezza oltre che all'altezza. Ma l'interesse principale sta nel fatto che il suono di clarinetto è generato dalla distorsione non lineare di un'onda sinusoidale: potrebbe trattarsi del primo esempio di questo tipo di sintesi. Questo tipo di processo fu più tardi sviluppato da Daniel Arfib a Marsiglia ed indipendentemente da Marc Le Brun a Stanford (quest'ultimo chiamò la tecnica *waveshaping*).

N° 200 e numeri seguenti: esemplificano l'imitazione di suoni di tromba. Toni isolati possono essere simulati per mezzo di una sintesi additiva complessa, utilizzando differenti funzioni di inviluppo per ogni componente armonica (Utilizzando la trasformata *wavelet* Philippe Guillemain ha di recente sviluppato a Marsiglia un procedimento automatico per estrarre questo tipo di inviluppi). Sono necessari molti dati per specificare queste funzioni di inviluppo, per questo tentai di semplificare la sintesi. Approssimai gli inviluppi in termini di funzioni lineari concatenate (strumenti n° 200 e 201). La sintesi additiva può essere semplificata controllando gruppi di armoniche ravvicinate piuttosto che controllando individualmente ognuna di esse, come feci nello strumento n° 210. In effetti si potrebbe sostenere che l'informazione nelle armoniche di ordine superiore sia troppo ricca, dal momento che la larghezza di banda critica dell'orecchio non consente a questo di risolverle. La trasformata *wavelet*, applicata ai suoni musicali da Richard Kronland-Martinet, tiene conto di questo fatto utilizzando un'analisi con una modulazione di ampiezza costante ottenendo una sorta di "trasformazione uditiva".

N° 210: anche questo strumento dimostra la sintesi di suoni di ottoni "per regole" che eseguì nel 1965: l'inviluppo di ogni armonica viene determinato automaticamente a partire da quello della prima armonica, dal momento che l'ampiezza di ogni altra armonica è una funzione predefinita dell'ampiezza della fondamentale (la prima armonica), in modo che più è alta l'armonica più velocemente crescerà la sua ampiezza quando l'ampiezza della fondamentale cresce. Questa regola è stata implementata nel mondo dell'analogico da Robert Moog nei tardi anni '60. Moog costruì un filtro controllato dal voltaggio che lasciava passare le energie a frequenze più alte quando il voltaggio di control-

lo aumentava: effetti di suoni di ottoni potevano quindi essere ottenuti controllando questo filtro con voltaggi proporzionali agli inviluppi di ampiezza. I suoni di ottoni che si possono udire nel popolare album di W. Carlos "Switched-on Bach" furono generati in questo modo. Più tardi questa regola è stata implementata in maniera più economica da John Chowning attraverso l'uso della sua tecnica della modulazione di frequenza. John mi disse che la sintesi per regole utilizzata nella mia sintesi di tromba lo aveva aiutato nel comprendere il potenziale della FM (si veda il suo storico articolo del 1973 sulla FM ed il testo che accompagna il suo compact-disk della Wergo). Dexter Morrill ha affinato la sintesi di suoni di ottoni, centrali nel suo *Studies for trumpet and computer* (1975).

Oltre che per l'imitazione di suoni di ottoni questa idea delle regole è importante perché mostra la significatività della variazione spettrale durante tutto il suono e dimostra che l'identità di un timbro può risiedere nella relazione fra differenti parametri - in questo caso intensità e spettro - piuttosto che nell'invarianza di uno o più parametri - come uno spettro fisso o un inviluppo spettrale fisso. Una tale relazione fra parametri è più robusta di una semplice invarianza la quale potrebbe essere compromessa dalla distorsione durante la propagazione dalla sorgente all'ascoltatore. Questo aspetto adotta il punto di vista "ecologico" rispetto alla percezione. Questo punto di vista afferma che la percezione si è evoluta per estrarre dai dati percettivi informazioni utili nel mondo esterno. Per questo la percezione uditiva tenta di organizzare lo stimolo uditivo in una somma di eventi uditivi causati da sorgenti esterne e di tracciare a partire dallo stimolo informazioni riguardanti le sorgenti del suono. Questo spiega una quantità di caratteristiche dell'udito idiosincratiche e apparentemente incoerenti.

Gli esempi a partire dal n° 300 forniscono esempi di studi sul decadimento e di primitivi suoni simili a quelli di un pianoforte. Dimostrano l'utilità dei decadimenti esponenziali ed il significato aurale dei battimenti, i quali possono suggerire fortemente un pianoforte malamente accordato.

N° 350 fornisce tre successive approssimazioni di un suono di campana. Il primo possiede componenti sinusoidali inarmoniche che decadono in sincrono: la fine del suono appare innaturale, come una scadente campana elettronica. Nel secondo suono il decadimento è più lungo per le componenti più

gravi come avviene solitamente nelle vere campane (anche se la durata del decadimento del suono non varia necessariamente in maniera monotonica con la frequenza). Il terzo tono introduce i battimenti, importanti per donare al suono più vitalità e calore. In questo esempio è molto semplice leggere i parametri fisici nello *score*.

Negli esempi percussivi (dal n° 400 al 440) si possono notare alcune interessanti caratteristiche. La maggior parte dei suoni è sintetizzata utilizzando una “sintesi additiva di gruppo” (una somma di gruppi di suoni componenti). Uno spettro denso può essere approssimato da una banda di rumore. In particolare una banda di rumore sufficientemente larga centrata attorno ai 4 KHz può simulare l’effetto della maglia del rullante in una batteria. Inoltre per velocizzare i calcoli ho utilizzato componenti periodiche di frequenza fondamentale molto bassa con armoniche di alto ordine. Per esempio un’onda che contiene le armoniche n° 10, 16, 22, 23, 25, 29 e 32, se riprodotta ad una frequenza di 10 Hz genererà uno spettro apparentemente inarmonico contenente le frequenze 100, 160, 220, 230, 250, 290 e 320 Hz.

Negli ultimi suoni dell’esempio n° 440 ho specificato forme di inviluppo non realistiche: questo mostra quanto facilmente un modello per la sintesi di suoni di percussione possa anche portare a suoni di carattere completamente diverso. È anche facile effettuare transizioni continue fra suoni generati dallo stesso modello come hanno dimostrato Chowning, Grey, Moorer, Rush e Wessel. Ho sfruttato questa possibilità in *Little Boy*, in *Mutations* e principalmente in *Inharmonique* dove ho tramutato suoni di campana in tessiture fluide dotate della stessa struttura (in)armonica tramite il semplice cambiamento della conformazione degli inviluppi delle componenti, come dimostrato alla fine dell’esempio n° 440.

Gli ultimi esempi, a partire dal n° 500, presentano suoni non strumentali e sviluppi sonici.

Gli esempi dal n° 500 al 503 sono esemplificazioni di “arpeggi armonici” specificati nel dettaglio dal computer tramite una semplice chiamata della sub-routine compositiva “PLF” che calcola le singole armoniche a partire dalle caratteristiche della progressione. La differenza fra l’esempio n° 500 ed il 501 sottolinea l’importanza che l’inviluppo temporale ha nell’ottenere trame sonore fluide o anche aggregati sonori quasi-percussivi. Questo esempio,

così come il n° 440, dimostra il potenziale della sintesi additiva (si veda a tal proposito Lawson & Mathews, 1977).

Nell’esempio n° 510 glissandi simili a suoni di sirena si riconducono ad un processo in cui l’uscita di un oscillatore viene reintrodotta nello stesso. Nel n° 511 le frequenze di un’accoordo slittano in modo da mantenere una differenza di frequenza costante. Il “destino comune” delle altezze (si veda Bregman, 1990) fa sì che queste componenti si fondono in un singolo suono per l’orecchio con una qualità inarmonica collegata all’armonia dell’accoordo.

L’esempio n° 512 presenta miscele quasi-frattali di glissandi trasposti dall’esempio n° 511. Nel 1968, quando realizzai queste tessiture sonore per *Little Boy*, non conoscevo ancora niente dei frattali (in realtà il termine fu coniato da Benoit B. Mandelbrot negli anni ’70). Detto in termini semplici (non si tratta della definizione data da Mandelbrot) un fenomeno è “frattale” se appare simile anche se osservato a diverse scale. Nel 1978 feci sentire a Mandelbrot alcuni paradossi sonori incluso quello che sembra scendere di altezza quando le sue frequenze vengono raddoppiate (questo suono non si trova nel catalogo ma è descritto nei miei articoli del 1971 e del 1986 riportati più avanti nei riferimenti bibliografici): egli mi fece notare che questi suoni possiedono una struttura armonica frattale (hanno solo una componente per ottava, contrariamente ai toni aventi armoniche equispaziate).

Gli esempi dal n° 513 al 515 dimostrano il controllo dei toni per mezzo della sintesi additiva in un modo tale da portare a dei paradossi di percezione dell’altezza. Il n° 513 è una versione continua della scala cromatica infinita di Roger Shepard: nonostante l’altezza sembra scendere verso il basso, dopo una discesa di un’ottava i parametri fisici tornano ad essere quelli iniziali. Nel suo articolo originale del 1964 Shepard menzionò che dovette separare suoni successivi con dei silenzi per creare l’impressione di una discesa monotonica. Io riuscii a produrre la stessa impressione su di un suono continuo utilizzando un inviluppo spettrale che diminuisse maggiormente le componenti spettrali che si trovavano agli estremi dello spettro e mantenendo contemporaneamente velocità di cambiamento sufficientemente moderate. L’esempio n° 514 scende continuamente di altezza ma finisce poi per raggiungere un punto molto più elevato (una controparte sonora alla litografia *Waterfall* di M.C.

Escher). Mentre nel n° 513 cambia solamente il colore del tono, nel n° 515 la variazione di altezza viene ristretta ai cambiamenti di altezza del suono: l'altezza del suono va continuamente su o giù, senza salti di ottava, pur rimanendo su di un SI bemolle.

L'ultimo esempio, il n° 550, presenta un prolungamento dell'armonia in un timbro. Utilizza una semplice modulazione ad anello per generare l'arpeggio di un accordo. A questo accordo fa da eco un suono simile a quello di un gong costruito come un accordo: le sue componenti frequenziali corrispondono alle componenti fondamentali dell'accordo. Perciò la sintesi del suono al computer consente un controllo armonico fine della struttura di questi suoni di gong. Anche se le componenti di questo pseudo-gong non possono essere analizzate ad orecchio, la loro relazione all'accordo precedente è cospicua: l'armonia viene prolungata in un timbro che appare essere come l'ombra dell'accordo.

Sviluppi futuri

Ho ora in programma di rendere disponibili una quantità di esempi di sintesi e di processamento del suono, inclusi sviluppi recenti rilevanti non solo per il fare musica ma anche per la comprensione dei sottili aspetti della percezione uditiva. Grazie alla disponibilità dei compact-disk oggi è molto più conveniente fornire all'utilizzatore un accesso globale a più esempi differenti. Considero molto importante il comunicarsi reciprocamente i propri esperimenti ed esperienze sulla sintesi dei suoni, sul processamento e sull'elaborazione musicale al fine di poter trarre vantaggio dagli sforzi altrui e in modo da rendere l'esplorazione della computer-music una ricca avventura cooperativa, sebbene il lavoro musicale rimanga responsabilità del singolo compositore.

Riconoscimenti

Oltre a Max Mathews, al quale questo catalogo è dedicato, l'autore vuole ringraziare John Pierce e Johannes Goebel, per la loro favorevole adesione alla pubblicazione del catalogo, e Helen Shewmon, Patte Wood, Kate Scanlon, Daniel Arfib, Daniel Oppenheim, per il loro considerevole aiuto nel far sì che questo documento fosse pronto per questa nuova pubblicazione.

Riferimenti bibliografici

- D. Arfib (1979). *Digital synthesis of complex spectra by means of multiplication of non-linear distorted sine waves*. Journal of the Audio Engineering Society of America 27, 757-689
- A. Ashton, (1970). *Electronics, Music and Computers*. Ph. D. Dissertation, Univ. of Utah, 24-25.
- J.B. Barriere, ed. (1991). *Le timbre - une metaphore pour a composition*. C. Bourgois/IRCAM, Paris.
- J. Beauchamp (1971). *An introductory catalogue of computer synthesized sounds* by Jean-Claude Risset - a Bell Telephone Laboratories Report. Perspectives of New Music, Spring-summer-fall-winter 1971 issue, 348-350.
- A. Bregman (1990). *Auditory scene analysis*. M.I.T. Press, Cambridge, Mass.
- J. Chowning (1973). *The synthesis of complex audio spectra by means of frequency modulation*. Journal of the Audio Engineering Society of America 21, 526-534.
- N. Delprat, P. Guillemin, R. Kronland (1990). *Parameters estimation for non-linear resynthesis methods with the help of a time-frequency analysis of real sounds*. Proceedings of the International Music Conference, Glasgow, 88-90.
- H. Dufourt (1991). *Musique, pouvoir, écriture*. C. Bourgois, Paris.
- C. Dodge & T. Jerse (1985). *Computer music - synthesis, composition, and performance*. Schirmer Books, McMillan, inc., New York.
- S. Haynes (1978). *The computer as a sound processor*. Rapport IRCAM n° 25.
- J. Lawson & M.V. Mathews (1977). *Computer program to control a digital real-time sound synthesizer*. Computer Music Journal 1 n° 4, 16-21.
- M. Le Brun (1979). *Digital waveshaping synthesis*. Journal of the Audio Engineering Society of America 27, 250-266.

- R. Kronland-Martinet (1988). *The use of the wavelet transform for the analysis, synthesis and processing of speech and music sounds.* Computer Music Journal 12 n°4, 11-20.
- D. Lorrain (1979). *Analyse de la bande d'Inharmonique de J.C. Risset.* Rapport IRCAM n° 26.
- M.V.Mathews (1969). *The Technology of Computer Music.* M.I.T. Press.
- M.V. Mathews & J.R. Pierce, ed. (1989). *Current directions in computer music research* (with a compact disk of sound examples). M.I.T. Press, Cambridge, Mass.
- A. Moorer & J. Grey (1977). *Lexicon of analyzed tones.* Part : *violin tones.* Computer Music Journal 1 n° 2, 39-45. Part *clarinet and oboe tones,* Computer Music Journal 1 n° 3, 12-29.
- A. Moorer & J. Grey (1978). *Lexicon of analyzed tones. Part III: The trumpet.* Computer Music Journal 2 n° 2, 23-31.
- D. Morrill (1977). *Trumpet algorithms for computer composition.* Computer Music Journal 1 n° 1, 46-52.
- J.R. Pierce (1983). *The science of musical sound.* Scientific American Library (with a disc of sound examples).
- G. de Poli, L. Irene & A. Vidolin (1990). *Music score interpretation using a multilevel knowledge base.* Interface 19 n° 2-3 (issue on Artificial Intelligence and Music), 137-146.
- G. de Poli, A. Picciali, C. Roads, editors (1991). *Representation of musical signals.* M.I.T. Press, Cambridge, Mass.
- J.C. Risset (1969). *An introductory catalogue of computer synthesized sounds.* Bell Telephone Laboratories, Murray Hill, N.J.
- J.C. Risset (1969). *Pitch control and pitch paradoxes demonstrated with computer-synthesized sounds.* Journal of the Acoustical Society of America 46, 88.
- J.C. Risset (1971). *Paradoxes de hauteur: le concept de hauteur sonore nest pas le même pour tout le monde.* Proceedings of the Seventh International Congress of Acoustics, Budapest, 20 S 10.
- J.C. Risset (1986). *Pitch and rhythm paradoxes: Comments on "Auditory paradoxes based on a fractal waveform".* Journal of the Acoustical Society of America 80, 961-962.
- J.C. Risset (1989). *Computer music experiments, 1964 - C. Roads ed., 67-74.*
- J.C. Risset (1990). *Composer le son: expériences avec l'ordinateur, 1964-1989.* Contrechamps n° 11, Editions Page d'homme, Lausanne (numero special sur les musiques électroniques), 107-126.
- J.C. Risset & M.V. Mathews (1969). *Analysis of musical instrument tones.* Physics Today 22 n° 2, 23-30.
- J.C. Risset & D.L. Wessel (1982). *Exploration of timbre by analysis and synthesis.* In D. Deutsch, editor, *The Psychology of Music*, Academic Press, 26-58.
- C. Roads, ed. (1988). *The music machine.* M.I.T. Press, Cambridge, Mass.
- R.N. Shepard (1964). *Circularity in judgments of relative pitch.* Journal of the Acoustical Society of America, 36, 2346-2353.
- J. Sundberg, A. Askewfelt & L. Frycken (1989). *Musical performance: a synthesis-by-rule approach.* In C. Roads, ed., 693-700.

Discografia

- Chowning. *Sabelith, Turenas, Stria, Phoné.* Wergo compact disc 2012-50.
- J. Harvey. *Mortuos plango, vivos voco.* Erato compact disc 2292-45509-2 (con Dufourt, Ferneyhough, Y. Holler, Arcus, Harvey).
- S. Haynes. *Prisms.* Wergo compact disc 2026-2 (Computer Music Currents n° 8, con opere di Boesch, Rai, eitelbaum, Teruggi).

- J.C. Risset. *Computer Suite from Little Boy* (1968). Wergo compact disc 2013-50 (contenente anche le opere *Songes*, *Passages* e *Sud*).
- J.C. Risset. *Mutations* (1969). INA compact disc C1003 (contenente anche le opere *Dialogues*, *Inharrnonique* e *Sud*).
- J.C. Risset. *Moments newtoniens* (1977). Mille et un poemes, vol. 1, compact disc Radio-France, K 15001 AD 100.
- J.C. Risset. *Contours* (1983). Neuma compact disc 450-71 (New music series vol. 1).
- J.C. Risset. *L'autre face* (1983). Wergo compact disc 2025-2 (Computer Music Currents n° 7, con anche opere di Bodin, Karpen, Petersen e Yuasa).
- J.C. Risset. *Voilements* (1987). INA compact disc C2000 Sax-Computer, by Daniel Kientzy (con anche opere Racot e di Teruggi).