

# Chowning e la sintesi FM

## Analisi di Turenas

PASQUALE CITERA

Conservatorio di musica Santa Cecilia - Roma

paxxx06[at]gmail[dot]com

### Sommario

*John Chowning è una delle figure più rilevanti e influenti a livello mondiale nel campo della computer music, tanto come compositore che come ricercatore. Le sue opere negli anni settanta significarono un grande progresso nella maturazione e controllo dei mezzi di composizione elettroacustici digitali. Turenas, in particolare rappresenta un punto di grande importanza storica nel repertorio.*<sup>1</sup>

### I. INTRODUZIONE

IL compositore e ricercatore John Chowning è unanimamente conosciuto come una delle figure più importanti e influenti della musica elettroacustica e specialmente della computer music. Pochi come lui, sono riusciti a dare contributi così fondamentali per lo sviluppo della tecnologia applicata alla musica. Il suo famoso articolo sulla sintesi dei suoni complessi mediante la modulazione di frequenza (FM), pubblicato originariamente nel 1973, significò un salto enorme nella evoluzione dei modelli di sintesi, influenzandone tutto lo sviluppo successivo per parecchi anni. Questa tecnica ha avuto una notevole diffusione essendo stata implementata con grande successo su sintetizzatori e schede audio.

Sicuramente meno conosciuti a livello generale, però ugualmente importanti, sono i suoi lavori anteriori sulla simulazione delle sorgenti sonore in movimento, che sono diventati i veri punti d'inizio delle tecniche moderne di localizzazione e spazializzazione nella musica elettroacustica. Ma forse l'aspetto più importante è che Chowning ha saputo trovare applicazione musicale a queste tecniche con la creazione di opere di notevole sostanza compositiva. *Turenas* è una di quelle e costituisce un classico della musica elettroacustica digitale.

Creata nel 1972, ha una rilevanza storica oltre che musicale: è stata - assieme a *Sabelithe* - la prima opera composta usando estensivamente la sintesi FM, mentre la prima a ricreare in modo efficace uno spazio di 360 gradi intorno all'ascoltatore, tramite un sistema quadrifonico.

L'oggetto di quest'analisi è presentare per prima la figura di John Chowning, descrivendo il background delle sue opere, e discutere quindi, gli aspetti tecnici più rilevanti nella composizione di *Turenas* in modo da contribuire ad un ascolto più informato e competente di questa opera e delle altre che possono essere racchiuse nello stesso repertorio.

### II. CHOWNING

L'enorme importanza raggiunta come ricercatore (molte riviste scientifiche hanno pubblicato suoi articoli sullo sviluppo della computer music) può oscurare il fatto che Chowning è soprattutto un compositore con una estesa e solida quanto tradizionale formazione musicale. Nacque a Salem, New Jersey, e da piccolo iniziò lo studio del violino. Nell'adolescenza si volse presto verso le percussioni e si interessò del jazz. Il suo servizio militare coincise con la Guerra di Corea (1950-53) iniziò a frequentare la scuola di musica della marina. L'attività musicale era molto intensa

---

<sup>1</sup>L. Jure, *Escuchando Turenas de John Chowning*, Música al Sur 1:1, 2004 [trad. dell'autore]

e gli fornì inoltre l'opportunità di venire in contatto con importanti musicisti jazz tra cui i fratelli Nat e Julian *Cannonball* Adderley (famoso per essere stato l'altosassofonista di Miles Davis in *Kind of Blue*).

Terminato il servizio militare, Chowning frequentò la Wittenberg University of Ohio ottenendo il titolo di Dottore in musica nel 1959. Fu durante quel periodo che emerse in lui l'inclinazione per la composizione

Improvvisavo molto come percussionista e cominciai ad interessarmi via via alla composizione.<sup>2</sup>



fig.1 J.Chowning

Dopo la laurea va, grazie ad una borsa di studio, a Parigi per studiare con Nadia Boulanger, seguendo in questo modo una lunga tradizione tra i compositori americani. Abitò a Parigi per 3 anni (1959-62), ma le cose che poté sentire nella capitale francese furono per lui di gran lunga più interessanti e redditizie che le lezioni con la Boulanger, che stava lentamente dedicando tutto il suo tempo alle ultime composizioni e concerti. Nonostante questa esperienza, Chowning considera che

la rigorosa formazione tradizionale di composizione con discipline quali armonia e contrappunto costituiscono una parte importante del suo pensiero musicale.

Durante i suoi anni a Parigi, Chowning si rese conto che, le cose più interessanti, stavano accadendo nel campo, ancora nuovo, della musica elettroacustica, partecipando ai concerti del *Domaine Musical* di Pierre Boulez, dove ebbe l'occasione di ascoltare i grandi lavori del repertorio contemporaneo dell'epoca. Di ritorno negli Stati Uniti, entrò nel dipartimento di musica della University of Stanford, California, per i suoi studi post-laurea. In quegli anni Leland Smith era professore di composizione nel Dipartimento e con lui, Chowning realizzò i suoi studi ottenendo il titolo di Maestro in Musica e nel 1966 il dottorato in composizione. In gran parte motivato dall'interesse nella musica elettronica nato nel suo soggiorno a Parigi, a Stanford cercò la possibilità di lavorare in questo campo. Purtroppo si rese conto che il Dipartimento non disponeva di nessun impianto per questi lavori. A fine di quell'anno entrò in possesso di una copia dello storico articolo di M. Mathews pubblicato sulla rivista *Science* (1963) dove esponeva i fondamenti dell'audio digitale e le sue applicazioni alla sintesi dei suoni per uso musicale tramite il computer. Mathews, un ingegnere appassionato di musica, che lavorava ai Bell labs, ricercando sulla digitalizzazione dell'audio e sulla sua possibile trasmissione telefonica, aveva creato, nel '57 *Music I*, il primo programma di sintesi digitale del suono. Mathews ha continuato a sviluppare il concetto attraverso le versioni successive del programma, e per il 1963 aveva raggiunto *Music IV*, che aveva già tutte le caratteristiche di quello che sarebbe diventato il principale paradigma per l'esecuzione di musica dal computer per i decenni successivi, e che è ancora in vigore. La serie è culminata nel 1966 con *Music V*, presentato nel libro *The technology of computer music*<sup>3</sup>, e tutti i futuri linguaggi sviluppati da questo modello

<sup>2</sup> C.Road, *John Chowning on composition in Composers and the computer*, A-R Editions (1985)

<sup>3</sup> *The technology of computer music*, [Mathews et al. 1969]

saranno poi conosciuti genericamente come linguaggi "Music N".

Alla lettura dell'articolo, Chowning vide un'opportunità che poteva sfruttare dato che nel Dipartimento di Scienze era presente un IBM 7094 e nel laboratorio di intelligenza artificiale un DEC PDP-1 ed aveva più possibilità quindi, che nel dipartimento di musica venisse suscitato interesse per il campo. Chowning decise di frequentare un corso di programmazione e nell'estate del '64 viaggiò a New Jersey per visitare Mathews nei Bell Labs. Al suo ritorno aveva con sé una scatola di schede perforate con *Music IV*. Durante l'installazione lavorò assieme a David Poole, un tubista che stava studiando nel Dipartimento di scienza e per l'autunno avevano il sistema funzionante e furono in grado di produrre i primi suoni.



fig.2 DEC/PDP-1

Il primo oggetto di indagine da parte di Chowning durante quei primi anni è stata la spazializzazione del suono prodotto sinteticamente. I risultati sono stati presentati nel 1970 in un lavoro che ha gettato le basi per il successivo sviluppo di tutte le spazializzazioni del suono per i computer. Tuttavia, il lavoro più noto è stato quello sulla formulazione della tecnica di sintesi degli spettri complessi e dinamici tramite modulazione di frequenza (FM). Pubblicato nel 1973, ha avuto un grande impatto non solo in ambienti accademici, ma anche nel settore industriale, dato che è stato il modello base del primo sintetizzatore digitale

di produzione di massa, nel 1982. Da allora esso è stato applicato in numerosi modelli di sintetizzatori e schede audio. Parallelamente alle sue ricerche sulla spazializzazione e sulla sintesi FM, Chowning lavorò alla composizione di due pezzi, *Sabelithe* (1971) e *Turenas* (1972) nelle quali furono applicati i risultati ottenuti stabilendo una stretta relazione tra ricerca e composizione.

Nel '72 Ligeti fu invitato a Stanford come compositore residente e manifestò notevole entusiasmo all'apprendere le tecniche sviluppate da Chowning nelle sue opere. Ritornando in Europa per una conferenza al Fersival di Berlino e ai corsi di Darmstadt, sollecitò l'estensione dell'invito anche a Chowning permettendo così di mostrare il suo lavoro all'ambiente musicale europeo. Chowning ricevette anche una borsa di studio dal DAAD, che gli diede la possibilità di rimanere a Berlino fino al '75. Durante questo periodo non solo ha avuto il tempo di scrivere articoli che esponessero gli aspetti teorici e pratici della sintesi FM, che gli diedero fama internazionale, ma anche di poter lavorare su idee che porteranno poi al suo lavoro successivo, *Stria*.

Al suo ritorno a Stanford, Chowning iniziò il lavoro con il gruppo di ricerca acustica, psicoacustica e sintesi, che aveva formato poco prima assieme a James Moorer, Loren Ruch e John Grey. I loro sforzi sfociarono nel 1975 nella fondazione del Centro per la Ricerca Informatica in Musica ed Acustica (CCRMA). Va ricordato che fino ad allora tutti i lavori in questo settore furono condotti in modo informale nel laboratorio di Intelligenza artificiale, al di fuori delle strutture accademiche e senza molto riconoscimento istituzionale. Ne fu anche il primo direttore (con Leland Smith come co-direttore) e dopo poco il CCRMA diventò uno dei centri più importanti e produttivi in materia di Computer music, grazie ad una politica aperta che riuscì a riunire musicisti e tecnici che furono coinvolti in diverse attività di ricerca e sviluppo, come David Jaffe, Gareth Loy, Michael McNabb, Larry Polansky, Roger Reynolds, Bill Schottstaedt, tra gli

altri.

Intanto a Parigi era stato fondato, sotto la direzione di Pierre Boulez l'IRCAM con scopi simili a quelli del CCRMA. Il processo di fondazione iniziò nel 1970 e richiese ingenti quantità di denaro. Un sostegno significativo fu fornito dal CCRMA nel 1975 quando Chowning, Moore, Rush e Gray visitarono l'istituto portando numerosi software e tenendo parecchi seminari. Nel 1977 l'IRCAM gli commissionò la composizione di un'opera per la serie di concerti di musica elettroacustica coordinata da Luciano Berio, che portò alla realizzazione di *Stria*, un pezzo in sintesi FM determinata, sia per le relazioni temporali che per quelle di frequenza, sulla base della sezione aurea. Chowning riceve un nuovo invito da parte dell'IRCAM, questa volta come professore e ricercatore. Durante il suo soggiorno tra dicembre 1979 e agosto 1980 approfittando della presenza all'IRCAM di Johan Sundberg, un ricercatore svedese specializzato sulla voce umana, decide di approfondire il tema. Progettò quindi un sistema di sintesi vocale tramite FM, che presentò in un articolo pubblicato dalla Royal Swedish Academy of Music. Al suo ritorno a Stanford, applicò i risultati di queste ricerche nella composizione *Phoné*. Durante gli anni 80 sotto la direzione di Chowning, il CCRMA s'è affermato come il più importante centro della computer music con una significativa attività nel campo della ricerca e sintesi del suono e lo sviluppo e produzione di software musicale. In aggiunta ai molti compositori che hanno lavorato fin dalla sua fondazione, è stato prezioso il contributo di ricercatori e docenti, come Chris Chafe, Perry Cook, David Jaffe, Richard Karpe, Bill Schottstaedt, Xavier Serra e Julius Smith, tra molti altri. Nel 1983, John Pierce, che aveva lavorato con Max Mathews a Bell Laboratories durante i pionieristici anni, aderisce al CCRMA come professore associato e nel 1987, inoltre si associa lo stesso Mathews, il padre della computer music. Chowning ha esercitato le sue funzioni di direttore del CCRMA per 20 anni, di fatto fino al suo pensionamento nel 1995 e i suoi impegni di ricercatore ed in-

segnante purtroppo non hanno lasciato molto tempo alla sua attività compositiva. Anche se alcuni progetti sono stati cominciati ma mai conclusi, *Phoné* del 1981 rimane la sua ultima composizione. Insieme a *Sabelithe*, *Turenas* e *Stria*, compongono la sua totalità dei lavori elettroacustici la cui influenza sul resto della musica elettronica è stata enorme a fronte di una così piccola quantità di produzione. Chowning è attualmente professore emerito del CCRMA e ha ricevuto numerosi riconoscimenti da varie università e istituzioni accademiche dentro e fuori gli USA.

### III. MODULAZIONE DI FREQUENZA

La modulazione di frequenza nasce ufficialmente nel 1933 per mano di E. H. Armstrong, anche se già dagli anni Venti si discuteva sulla validità delle teorie ad essa collegate, finalizzate alla trasmissione di segnali in radiofrequenza. Consiste nel modulare la frequenza di un segnale radio usato per la trasmissione (chiamato quindi portante) in funzione all'ampiezza del segnale che s'intende trasmettere (chiamato modulante).

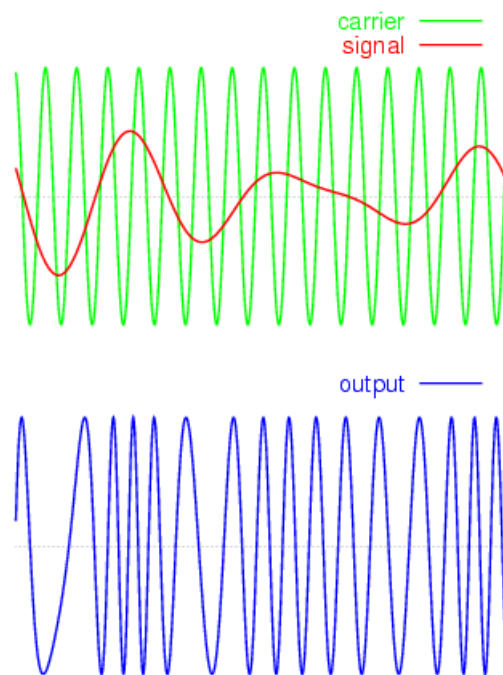


fig.3 Portante, modulante e risultato

Negli anni '60 Chowning evidenziò che a differenza dei suoni naturali, dove lo spettro si evolve in modo complesso nel tempo, la maggior parte dei suoni sintetici fatti con le tecniche conosciute in quel momento, avevano spettri essenzialmente fissi. A suo avviso, questa differenza tra spettri statici e dinamici, è ciò che rende un suono sintetico, povero e privo di *vita* rispetto a quelli prodotti da strumenti acustici. Anche se la sintesi digitale mediante linguaggi Music-N, dava teoricamente, secondo il modello basato su Fourier, la possibilità di creare qualsiasi suono, praticamente le tecniche di sintesi usate erano troppo costose circa calcoli computazionali nel momento in cui venissero prodotti suoni complessi e dallo spettro dinamico, senza contare la difficoltà per gestire centinaia di parametri di controllo. Nel 1967 Chowning sperimentando diversi tipi di vibrato, scoprì che modulando la frequenza di un oscillatore sinusoidale era possibile avere dei cambi di timbro. In pratica, usare le formule della modulazione di frequenza in modo che sia la portante che la modulante e le rispettive bande laterali prodotte, cadessero nella banda delle frequenze udibili.

Quando la frequenza della modulante è bassa (20Hz), l'effetto prodotto è di un semplice vibrato e non vi è cambio di timbro ma una leggerissima deviazione in frequenza (tra l'1% ed il 5%) della portante. Quando, al contrario, la frequenza modulante è maggiore di 20 Hz l'effetto non è di vibrato ma si ha un effetto di trasformazione timbrica. Intorno alla frequenza portante, in questo caso, si formano delle bande laterali simmetriche. L'ampiezza ed il numero delle bande laterali dipendono dalla grandezza della modulazione. Si definisce indice di modulazione il rapporto tra la deviazione di frequenza (ampiezza della modulante) e la frequenza modulante:

$$I = \frac{d}{m}.$$

Uno degli aspetti più interessanti di questo tipo di tecnica è dato dalla riflessione delle bande laterali negative. Nel caso in cui una banda laterale inferiore cade nelle frequenze

negative, si riflettono rispetto a 0 Hz invertendo la fase. Se queste componenti riflesse coincidono con qualcun'altra già presente, si sommano algebricamente.

Un altro aspetto che interessava Chowning era la possibilità di generare spettri dinamici, ad imitazione dei suoni naturali. Nella sintesi FM diventa molto semplice farlo facendo variare nel tempo l'indice di modulazione.

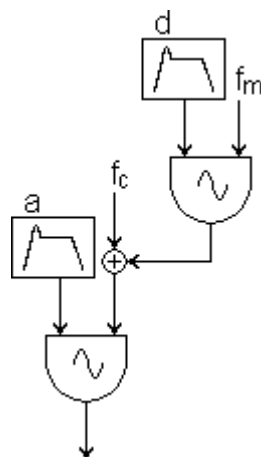


fig.4 FM semplice

L'algoritmo nella fig.3 viene chiamato *FM semplice* o *FM di Chowning*. L'ampiezza degli oscillatori è controllata da involuppi; quello della portante determina l'intensità generale del suono mentre quello della modulante, l'evoluzione dell'indice di modulazione. Nel suo articolo, Chowning dimostrò come, utilizzando relazioni portante/modulante, involuppi di ampiezza e di modulazione differenti, quest'algoritmo era capace di produrre timbri molto vari che imitassero metallofoni, legni, ottoni e percussioni varie. La tecnica FM aveva come principali punti di forza l'economia e l'efficienza, dato che con solo quattro generatori (due oscillatori e due generatori d'involuppo) si potevano realizzare spettri complessi e dinamici; la flessibilità, visto che un unico algoritmo permetteva di produrre timbri molto diversi; il controllo e la prevedibilità dati da una tecnica di base con un preciso ragionamento matematico che può prevedere i risultati con un elevato grado di accuratezza.<sup>4</sup>

<sup>4</sup>L.Jure, *op.cit.*

Numerosi studiosi e compositori, successivamente svilupparono gli aspetti della tecnica FM aumentando le portanti e le modulanti e gli involuppi a loro collegati.

#### IV. STUDI SULLO SPAZIO

Se è vero che in tutta la storia della musica occidentale, si possono trovare diversi casi in cui la spazialità del suono cerca di essere integrata nella composizione, sembra indiscutibile che fu, con lo sviluppo della musica elettroacustica nella seconda metà del XX sec. che questo aspetto assunse un'importante rilevanza strutturale.[5] Tuttavia, nel corso degli anni 50 e 60, l'approccio al problema da parte dei compositori di musica elettronica è stato essenzialmente empirico, senza una reale conoscenza della percezione e dei principi psicoacustici che intervengono nella localizzazione dei suoni. Si è constatato che le soluzioni ai problemi di spazializzazione, nella prima musica elettronica, tentavano di essere risolti tramite la dislocazione della sorgente sonora su più altoparlanti e per quanto riguarda la vicinanza-distanza, semplicemente attraverso cambi di intensità e movimenti della manopola del "pan-pot".

All'inizio delle sue ricerche Chowning, osservò che nella nostra esperienza naturale le fonti sonore si trovano in un continuo spazio, che include tanto i segnali diretti come quelli indiretti o riverberati determinati da fattori ambientali. Questa molteplicità di segnali prevede una serie di indizi, molto sottili ma precisi, sia per la localizzazione delle fonti, sia per la determinazione dello spazio circostante. Quando la musica è sintetizzata e trasmessa tramite altoparlanti, il numero di punti di localizzazione delle fonti è limitato al numero di altoparlanti utilizzati per la diffusione, e quindi la nostra percezione di uno spazio sonoro integrato risulta limitato a ciò. Una registrazione realizzata in un particolare ambiente acustico, riesce a conservare una certa spazialità, se riprodotta con altoparlanti. I suoni prodotti sinteticamente, al contrario, devono essere costruiti in un pro-

prio spazio, quindi questa componente deve essere parte integrante del processo di sintesi. Il problema è stato poi affrontato in primo luogo cercando di capire il modo in cui i suoni sono captati e trattati dalle orecchie e successivamente cercando di implementare degli algoritmi digitali che simulassero questo comportamento. Chowning ha iniziato con lo studio della letteratura di questa materia, che a metà degli anni '60 era ancora agli inizi ed è giunto a formulare i principali punti dei tre aspetti più rilevanti per questo problema: posizione, spazio e movimento.

#### I. Localizzazione

Si intende per localizzazione di una fonte sonora, la percezione della sua ubicazione nello spazio che viene determinata da due componenti: la direzione, ovvero l'angolo che forma rispetto all'ascoltatore, e la distanza.

Gli elementi per l'angolo di localizzazione sono dati da:

- La differenza di tempo dell'arrivo del segnale ad entrambe le orecchie (ITD), quando la fonte non è perfettamente al centro rispetto all'ascoltatore
- La differenza di energia delle alte frequenze prodotte dal filtraggio della testa (IID), quando la fonte non è centrata

Per quanto riguarda invece la distanza, due elementi importanti sono:

- Il quoziente di intensità del segnale diretto e del segnale riverberato: il segnale diretto decade molto più rapidamente rispetto a quello riverberato ed il fenomeno aumenta con la distanza.
- La scomparsa, all'aumentare della distanza, delle componenti a bassa frequenza dello spettro

#### II. Spazializzazione

La spazializzazione ha a che fare non con l'ubicazione delle fonti ma con la percezione del

suono, dello spazio stesso, e si basa principalmente sul tipo di riverbero che esso genera, vale a dire il comportamento delle prime riflessioni, la qualità e la quantità di riverbero, la durata e la risposta in frequenza. In questo modo il riverbero fornisce importanti indizi per individuare le fonti in termini di distanza per la configurazione dello spazio in cui si trovano.

Per un determinato spazio fisico, le caratteristiche del riverbero dipendono dalla dimensione del suddetto spazio, dalla forma e dai materiali. Con l'eccezione di alcune camere attrezzate per questo, tutti questi fattori non variano nel tempo. Per tanto possiamo ritenere che ogni spazio ha un proprio riverbero. In uno spazio virtuale creato con un riverbero sintetizzato, al contrario, è possibile modificare dinamicamente nel tempo ciascuno dei parametri, aprendo così la possibilità di "modulare" tra spazi di diverse dimensioni e caratteristiche.

Chowning comprese l'importanza di distinguere tra il riverbero *locale* che proviene principalmente dalla posizione della sorgente, ed il riverbero *globale*, che si diffonde in tutte le direzioni. La corretta gestione di entrambe le dimensioni è essenziale per la costruzione di una spazializzazione coerente.

### III. Movimento

Una delle cose che Chowning è riuscito a determinare tramite le sue ricerche, è stata l'importanza dell'effetto Doppler nella ricostruzione dei movimenti virtuali delle fonti nello spazio. L'effetto Doppler è la variazione di frequenza che si verifica quando una fonte cambia la sua distanza dal punto d'ascolto. Evidenziò che non era sufficiente modificare le coordinate virtuali di ubicazione di una fonte per trasmettere l'effetto del movimento ma si che si dovevano tenere conto anche delle variazioni di frequenza calcolate in base alla velocità di spostamento.

Sulla base di questi presupposti, Chowning, lavora alla realizzazione di un modello che potesse creare uno spazio sonoro continuo

tramite un sistema di riproduzione a quattro canali con i diffusori collocati agli angoli di un ipotetico quadrato in cui si trovano gli ascoltatori, il più possibile vicino al centro. Circa la distanza, tiene conto della diminuzione d'intensità nel rapporto tra segnale diretto e segnale riverberato. L'intensità del segnale che proviene diretto dalla fonte decresce proporzionalmente alla distanza mentre quello riverberato decresce proporzionalmente al quadrato della distanza stessa. Il riverbero forma *lo spazio* che circonda l'ascoltatore e, pertanto, deve provenire dai quattro canali in modo più diffuso possibile. Tuttavia, il rapporto diseguale nella perdita d'intensità, potrebbe produrre, quando la distanza oltrepassa una certa soglia, una reverberazione che ha più energia del segnale diretto, mascherandolo e facendo quindi perdere il senso della posizione. Chowning risolve il problema con la creazione di una riverberazione globale, dove il segnale mandato al riverberatore è scalato inversamente alla distanza ( $\frac{1}{D}$ ) e inviato ai quattro canali, e una riverberazione locale scalata come  $1 - \frac{1}{D}$ .

Chowning scrisse un programma che, data una traiettoria, calcolava i parametri necessari per l'algoritmo della spazializzazione: la modulazione data dall'effetto Doppler, la moltiplicazione d'intensità di ogni canale data dalla localizzazione angolare, l'intensità del segnale diretto in relazione alla distanza, l'intensità del segnale riverberato in relazione alla distanza, la riverberazione globale e la riverberazione locale.

Questo modello già utilizzato in *Sabelithe*, è stato ampliato e perfezionato (con l'inserimento del *Doppler*) con *Turenas*. In un primo momento Chowning disegna a mano tramite un proto-joystick, le traiettorie che il suono doveva compiere. Successivamente scoprì che alcune proprietà possedute dalle figure di Lissajous erano simili a quelle che stava cercando. L'uso di queste figure permise di disegnare traiettorie più ricche e complesse che difficilmente erano realizzabili a mano.



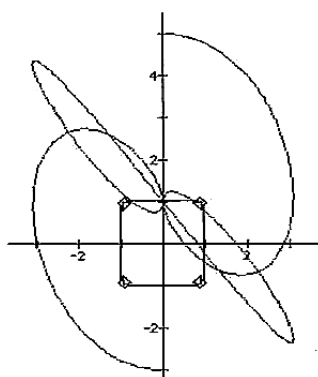


fig.5 Figure di Lissajours

## V. ANALISI DI TURENAS

*Turenas* è stata completata nella primavera del 1972. Il titolo è un anagramma della parola *Nature* che fa riferimento alle riflessioni di Chowning su come la nostra conoscenza delle caratteristiche naturali dei suoni possa essere applicata ad una composizione musicale, così come la sintesi FM e la spazializzazione usati in quest'opera, cercano di riprodurre alcuni di questi attributi. Per la generazione della partitura è stato utilizzato il programma SCORE, creato da Leland Smith, mentre la sintesi del suono è stata realizzata con *Music X*, uno dei tanti linguaggi che sorsero in quegli anni seguendo il modello *Music-N*. Creato da Chowning e da Poole, che scrissero il sottoprogramma per la sintesi FM, *Music X* prende il nome dal computer su cui è stato sviluppato, il DEC PDP-10.

I computer dell'epoca non disponevano di capacità sufficienti per memorizzare le informazioni corrispondenti a tanti minuti di flusso audio, per questo l'opera fu realizzata a sezioni e trasferite su nastri magnetici, poi assemblati a lavoro ultimato. Anni dopo, tutte le sezioni sono state ricalcolate con computer migliori e ri-assemblate usando solo mezzi digitali.

In *Turenas*, Chowning combina elementi rigorosamente composti e calcolati con altri improvvisati, una dualità che compare spesso nelle sue opere.<sup>5</sup> Vi sono presenti materiali

di tipologia marcatamente diversa in tutte le sue dimensioni (spettro, durata, inviluppo dinamico, ritmo), che interagiscono in vari modi; a volte per opposizione e contrasto, altre volte trasformati gradualmente l'uno nell'altro tramite interpolazione timbrica.

Come struttura formale si possono distinguere, al livello più alto, tre grandi parti con materiali e caratteristiche diverse, separate da brevi silenzi:

A – dall'inizio a 3'39" esposizione di materiali contrastanti, suoni brevi e percussivi di contro a lunghe note dal largo spettro armonico.

La sezione è suddivisa in due parti da una breve sezione (2'03" -2'19"). Conclude la A una sorta di *stretto*.

B – da 3'39" a 7'45" sezione dominata dall'interpolazione timbrica e dalle maschere di tendenza frequenziali. Suoni dalle durate brevi che mutano spettro nel tempo. L'indice di modulazione varia molto gradualmente per tutta la durata della sezione.

C – da 7'45" alla fine sequenza opposta all'inizio del brano. Suoni lunghi con spettro largo che si sovrappongono. Gli ultimi episodi sono gli stessi suoni percussivi della prima parte. Quasi una ripresa variata ed invertita.

## I. Sezione A

La sezione A è compresa tra l'inizio del pezzo ed il minuto 3'39". E' una sezione molto articolata che può tuttavia essere divisa in due sottoparti: a' che va dall'inizio ai suoni di campane (1'45" c.a) a" da 2'19" a 3'39"

Tra queste due sottoparti vi è un piccolo momento di transizione che verrà analizzato e resintetizzato con Csound in seguito.

La parte a', quindi il brano, inizia con una serie di suoni di durata molto breve, dal carattere marcatamente percussivo che si muovono nella regione medio acuta. La densità di questi suoni e l'ambito frequenziale sono determinati da una maschera di tendenza che va via via assottigliandosi diventando a 0'35"

<sup>5</sup>L. Jure *op.cit.*



un unico flusso “granulare” che si muove nello spazio secondo le figure di Lissajous.<sup>6</sup> Luis Jure nel suo articolo *Escuchando Turenas de John Chowning* ha evidenziato lo stretto rapporto che c'è tra la distribuzione degli eventi in questa prima parte, e la serie di Fibonacci.

Contrapposto ai flussi di grani, emerge un suono grave con uno spettro molto ricco, che ha quindi indice di modulazione alto). Questo suono *pedale* si muove tra tre note ben precise SI1 (tenendo presente il do centrale come Do3), Sib1 e MI1.

Quando questo suono grave è quasi scomparso inizia la parte di transizione che vede i grani precedentemente ascoltati, venire riproposti in un movimento discendente che, aumentando in modo esponenziale l'indice di modulazione con un rapporto irrazionale, fa sì che il flusso dei grani diventi sempre più inarmonico fino ad arrivare ai “rintocchi di campane” che ne fermano la discesa. Dopo il suono che simula un tam tam, vi è una sovrapposizione di suoni con spettri larghi ed una ripida salita di suoni percussivi avente inverso sviluppo rispetto alla sopracitata scala discendente.

La parte a” ha rispetto alla prima sottosezione, una importante inversione. Nella parte a vi sono suoni percussivi nella zona acuta e suoni gravi con spettro ricco di armoniche. Nella parte a” invece i suoni percussivi sono nella parte grave mentre i suoni lunghi allargano la distanza tra le armoniche quasi per accogliere i suoni percussivi che s'insinuano tra un armonico ed un altro.

Man mano che ci si avvicina alla fine della sezione restano solo i suoni pedale che diminuiscono la durata progressivamente fino ad arrivare a 3'30 dove si sviluppa un vero e proprio canone a 4 voci con un disegno melodico discendente basato sulla scala diminuita di fa che alterna un semitono ad un tono per metà scala e poi procede per toni interi per l'altra metà, usata prevalentemente dai jazzisti degli anni '60.



fig.6 Scala diminuita di fa

## II. Sezione B

Con la durata di 4'06”, questa seconda parte è la più estesa del pezzo. Questa sezione ha una struttura molto libera caratterizzata principalmente da suoni di durata breve e da distribuzioni temporali aleatorie. La densità degli eventi varia di continuo anche se predominano le densità alte. Anche questa parte può essere divisa in due sezioni che però si sovrappongono. La prima fatta iniziare a 3'39” fino a 5'02” mentre la seconda da 4'44” fino a 7'45”.

Anche se i suoni sono di fatture diverse tra le due sottosezioni, il concetto che è alla base di questa sezione è la lenta trasformazione timbrica mediante la modifica dell'indice di modulazione e della frequenza della modulante. Due sono le sovrapposizioni sonore che modulano il proprio timbro indipendente tra loro. La sezione più acuta parte da 3'39” con carattere di suono armonico e lentamente si trasforma in inarmonico completando questa interpolazione a 4'03”; successivamente, quindi, vi è un'altra trasformazione che fa emergere poco alla volta, da quel suono inarmonico, un timbro molto vicino al suono del clarinetto. E su queste caratteristiche si ferma la modulazione a 4'34”. Contestualmente, a 3'52” nasce un suono grave che fino a 4'37” resta fermo come pedale, modulando poi verso un suono che verosimilmente imita un fagotto. Questa sorta di contrappunto tra clarinetto e fagotto continua fino a 5'02”. Nel frattempo a 4'44” emerge il nuovo timbro, molto più metallico dei precedenti suoni percussivi, in cui gioca un ruolo importantissimo il movimento spaziale, percepibile anche attraverso la versione stereofonica. Quindi per gran parte della seconda sottosezione non viene modificato l'indice di modulazione dato che

<sup>6</sup>Questa è un'ipotesi, visto che l'analisi è stata fatta su di un file stereofonico quindi privo delle informazioni dei canali posteriori.

il parametro interessato è la spazializzazione. L'indice di modulazione invece aumenta repentinamente fino ad arrivare ad un livello molto alto (≥100 si presuppone ma è difficile saperlo con precisione visto la grande quantità di bande laterali che sono presenti) fino a fine sezione B.

### III. Sezione C

La sezione C non offre nuovo materiale e nei suoi poco più di due minuti ripropone i primi elementi del brano invertiti nell'ordine di apparizione. Inizia con dei suoni con lo stesso indice di modulazione delle campane precedenti ma con frequenze diverse, più gravi. In seguito, suoni dallo spettro armonico e larga distanza tra le armoniche si sovrappongono muovendosi di nuovo su di una scala diminuita ma questa volta trasportata un semitono discendente. Sul finire di questi, riappaiono i suoni percussivo - granulari che diradandosi danno fine alla composizione.

### IV. RESINTESI della sezione [a' - a"]

Come si è detto precedentemente, tutti i suoni di *Turenas* sono stati generati dallo stesso strumento, l'algoritmo di FM semplice anche detto *Fm di Chowning*

Segue l'algoritmo per la sintesi del brano in Csound:

```

;=====Inizio orchestra

garev init 0

instr 1 ; =====
; Modulazione di frequenza con due oscillatori

idur = p3 ;Durata totale
iamp = ampdbs(p4) ; Ampiezza
ifc = p5 ; Frequenza portante
ifm = ifc/p6 ; Frequenza modulante
indx1 = p7 ; Indice di modulazione massimo
indx0 = p8 ; Indice di modulazione minimo
iafn = p9 ;funzione d'involuppo per intensità
imfn = p10 ; funzione d'involuppo per indice di

```

```

modulazione
;(maschera di tendenza)
irev = p11 ; riverberazione

indx = indx1-indx0

kamp oscil1 0, iamp, idur, iafn ; involuppo di
ampiezza
kndx oscil1 0, indx, idur, imfn ; involuppo per
indice di modulazione
kndx = kndx+indx0
kdev = kndx * ifm ; deviazione in frequenza

amod oscil1 kdev, ifm, 1 ; oscillatore modulante
acar oscil1 kamp, ifc+amod, 1 ; oscillatore
portante
garev = garev + acar*irev

out acar

endin

instr 2 ; =====
; reverb 2.5

ain = garev
arev nreverb ain,0, .1
arev2 buthp arev, 3000
out arev2
garev = 0
endin
;=====Fine orchestra

```

In Csound si usano generatori di involuppo per segmenti come *linseg*, *expseg* o *transeg*. Tuttavia Music X, il linguaggio usato da Chowning per questa composizione, non disponeva di tali generatori specifici. Per controllare gli involuppi si utilizzava un oscillatore di lettura di una tabella, con la frequenza uguale all'inverso della durata, così da leggerla una volta sola per la durata della nota.

Per questa re-sintesi vengono create 6 tabelle di involuppi (più la prima contenente una senoide). Di seguito la sezione di partitura in Csound corrispondente :

```
;involuppi d'ampiezza e di indice di modulazione
; involucro esponenziale
f2 0 8192 7 1 2000 .25 6192 0
; involucro esponenziale in 3 segmenti
f3 0 8192 7 1 1170 .5 1404 .25 5618 0
;2involuppo esponenziale in 3 segmenti
f4 0 8192 7 1 1170 .4 1404 .2 5618 0
; involucro exp modificato
f5 0 8192 7 .9 952 .5 1334 1 2286 .3 3620 0
; involuppi dell'indice di modulazione =====
; atk e dcy lento
f6 0 8192 7 0 2458 1 4096 0
; dcy rapido
f7 0 8192 7 1 550 0
```

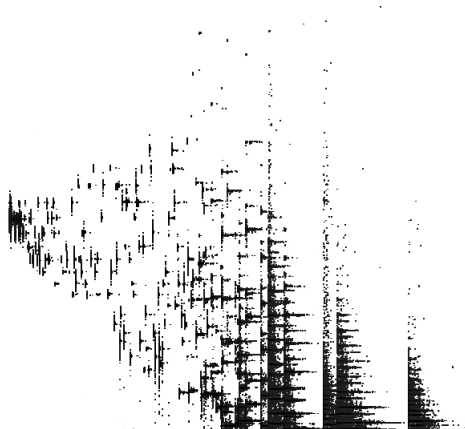


fig.7 sezione a'

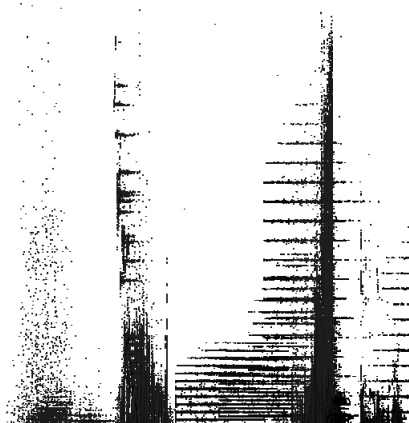


fig.8 sezione a''

### ORCHESTRA E SCORE COMPLETA:

```
;====
;.orc
```

```
;====
sr = 44100
kr = 44100
ksmps = 1

garev init 0

instr 1 ; =====
; Modulazione di frequenza con due oscillatori

idur = p3 ;Durata totale
iamp = ampdbs(p4) ; Ampiezza
ifc = p5 ; Frequenza portante
ifm = ifc/p6 ; Frequenza modulante
indx1 = p7 ; Indice di modulazione massimo
indx0 = p8 ; Indice di modulazione minimo
iafn = p9 ;funzione d'involuppo per intensità
imfn = p10 ; funzione d'involuppo per indice di modulazione
;(maschera di tendenza)
irev = p11 ; riverberazione

indx = indx1-indx0

kamp oscill 0, iamp, idur, iafn ; involucro di ampiezza
kndx oscill 0, indx, idur, imfn ; involucro per indice di modulazione
kndx = kndx+indx0
kdev = kndx * ifm ; deviazione in frequenza

amod oscili kdev, ifm, 1 ; oscillatore modulante
acar oscili kamp, ifc+amod, 1 ; oscillatore portante
garev = garev + acar*irev

out acar

endin

instr 2 ; =====
; reverb 2.5

ain = garev
arev nreverb ain,0, .1
arev2 buthp arev, 3000
out arev2
garev = 0

endin

; =====
; .SCO
; =====

; sinusoide
f1 0 8192 10 1
```

```
; involuppi d'ampiezza e di indice di modulazione
; involucro esponenziale
f2 0 8192 7 1 2000 .25 6192 0
; involucro esponenziale in 3 segmenti
f3 0 8192 7 1 1170 .5 1404 .25 5618 0
; 2involuppo esponenziale in 3 segmenti
f4 0 8192 7 1 1170 .4 1404 .2 5618 0
```

```

; inviluppo exp modificato
f5 0 8192 7 .9 952 .5 1334 1 2286 .3 3620 0

; inviluppi dell'indice di modulazione ===

; atk e dcy lento
f6 0 8192 7 0 2458 1 4096 0

; dcy rapido
f7 0 8192 7 1 550 0
; p2 = start evento
; p3 = durata
; p4 = ampiezza in dBfs
; p5 = portante
; p6 = modulante
; p7 = indice di modulazione massimo
; p8 = indice di modulazione minimo
; p9 = funzione dell'inviluppo d'ampiezza
; p10 = funzione d'inviluppo dell'indice di
modulazione
; p11 = quantità riverbero

; RIVERBERO
i2 0 60

; p2 p3 p4 p5 p6 p7 p8 p9 p10 p11
; inizio dur amp c m indxm indxm ampenv indx env
revsend

i1 0.584 .015 -28 5950 1 0 0 3 2 .12
i1 0.610 . -29
i1 0.662 . -30
i1 0.689 . -28 6300
i1 0.716 . -30 5950
i1 0.743 . -31 5610
i1 0.770 . -30 6300
i1 0.799 . . 5950
i1 0.828 . -28
i1 0.856 .02 .
i1 0.917 . .
i1 0.947 . -30
i1 1.008 . .
i1 1.040 . -27 5620
i1 1.072 . -29
i1 1.105 .
i1 1.173 . . 5950
i1 1.242 .025 -30
i1 1.277 . . 6300
i1 1.313 . -32 5620
i1 1.349 . . 6300
i1 1.386 . . 5950
i1 1.462 . . 5620
i1 1.540 . . 5950
i1 1.580 . . 5620
i1 1.660 .03

i1 1.703 . . 5950
i1 1.788 . -28 6300
i1 1.831 . -30 5950
i1 1.875 . -28 5600
i1 1.920 . -30 5300
i1 2.012 . -31
i1 2.059 . . 5950
i1 2.107 .035 . 5300
i1 2.155 . . 5000
i1 2.204 . . 5950
i1 2.254 . . 5300
i1 2.304 . . 5000
i1 2.355
i1 2.514 . . 5610
i1 2.568 . . 5300
i1 2.623 . . 5000
i1 2.736 . -30 6300
i1 2.794 .04 . 5300
i1 2.853 . . 4990
i1 2.972 . -29 5600
i1 3.033 . . 5620
i1 3.095 . . 4720
i1 3.158 . . 5610
i1 3.287 . . 5000
i1 3.353 . . 6300
i1 3.420 .045 . 5950
i1 3.488 . . 5000
i1 3.557 . .
i1 3.699 .05 . 5950
i1 3.843 .045 -30 6300
i1 3.918 . -31 5610
i1 3.994 . . 4450
i1 4.071 . . 5950
i1 4.149 .05 . 4450
i1 4.228 . . 5620
i1 4.389 . -32 5000
i1 4.556 . . 4720
i1 4.641
i1 4.726 . . 5300
i1 4.814 .055 . 5000
i1 4.993 . . 4720
i1 5.178 . . 6300
i1 5.272 . -31 4200
i1 5.368 . . 5000
i1 5.464 . -30 4460

; p2 p3 p4 p5 p6 p7 p8 p9 p10 p11
; inizio dur amp c m indxm indxm ampenv indxenv
revsend

```

i1 5.663 . -28 6700 . . . . .05	i1 10.858 . -23 7520
i1 5.763 .06 . 5000	i1 10.958 . . 7100
i1 5.863 . . 4750	i1 11.058 . . 5630
i1 5.963 . . 5630	i1 11.157 . -25 3350
i1 6.063 . -29	i1 11.257 . < 2810
i1 6.163 . . 4470	i1 11.457 . < 4215
i1 6.263 . . 4210	i1 11.555 . < 2980
i1 6.462 .065 -32	i1 11.657 . < 2650
i1 6.563 . . 5030	i1 11.757 . -27 2980
i1 6.762 . -30 7100	i1 11.857 . . 4465
i1 6.862 . . 4750	i1 11.957 . . 3540
i1 6.962 . . 4230	i1 12.057 . . 4720
i1 7.062 .07 . 5020	i1 12.156 . . 3970
i1 7.162 . . 4230	i1 12.256 . . 5955
i1 7.362 . . 5980	i1 12.356 . -25 7080
i1 7.462 . -32 6700	i1 12.456 . . 7500
i1 7.861 . -31 4220	i1 12.556 . . 7075
i1 7.961 . -28 7100	i1 12.653 . . 6300
i1 8.061 .075 . 4730	i1 12.756 . . 3970
i1 8.261 . . 3550	i1 12.856 . . 5300
i1 8.361 . -26 6720	i1 12.956 . . 4450
i1 8.460 . -27 5030	i1 13.055 . -26 1980
i1 8.560 . < 6720	i1 13.155 . < 3740
i1 8.660 . < 3160	i1 13.255 . < 3150
i1 8.760 . < 3770	i1 13.355 . < 4450
i1 8.860 .08 < 6320	i1 13.455 . -23 3530
i1 8.960 . < 3350	i1 13.539 .05 -27 2800
i1 9.060 . < 5330	i1 13.589 .07 -25 7740
i1 9.157 . -32 6340	; p2 p3 p4 p5 p6 p7 p8 p9 p10 p11
i1 9.260 . <	; inizio dur amp c m indx1 indx0 ampenv indxenv
i1 9.360 . < 5020	revsend
i1 9.459 . < 2820	i1 13.654 .09 -24 5020 0.993 .1 . . . .1
; p2 p3 p4 p5 p6 p7 p8 p9 p10 p11	i1 13.738 . -26 2030 0.986 <
; inizio dur amp c m indx1 indx0 ampenv indxenv	i1 13.850 . -24 4088 0.978 <
revsend	i1 13.998 .13 . 4545 0.968 <
i1 9.559 . -29 4480 . . . . .03	i1 14.195 . . 3300 0.944 .4
i1 9.659 .085 . 4230	i1 14.462 .18 . 4920 0.940 1
i1 9.757 . . 5990	i1 14.538 .08 -26 3340 0.975 .3 . . . .05
i1 9.859 . . 6720	i1 14.588 .07 -28 2315 0.985 .1
i1 9.959 . . 6340	i1 14.649 .08 -26 1906 0.990 .1
i1 10.059 . . 5330	i1 14.722 .09 -24 6615 0.990 .1
i1 10.159 . . 3170	i1 14.813 .15 -24 5080 0.988 .1 . . . .1
i1 10.259 . . 7120	i1 14.830 .23 -22 1963 0.918 2
i1 10.358 . . 5330	i1 14.925 .12 -24 2587 1.047 .3
i1 10.458 . . 2510	i1 15.063 .2 -24 3478 0.976 .4
i1 10.558 . -26 3760	i1 15.235 .15 . 2606 0.969 .5
i1 10.656 . . 2980	i1 15.351 .45 -19 1953 0.889 2
i1 10.758 . . 2515	i1 15.449 .35 -26 1910 0.955

i1 15.718 .4 -25 1646 0.948 1.6  
i1 16.061 .35 -24 1540 0.935 1.5  
i1 16.121 .6 -18 1225 0.849 4  
i1 16.504 . -21 3139 0.916 \*/  
  
; CAMPANE  
; p2 p3 p4 p5 p6 p7 p8 p9 p10 p11  
; inizio dur amp c m indx1 indx0 ampenv indxenv  
revsend  
  
i1 17.088 .7 -22 1278 0.896 2.5 0 4 4 0;.05  
;e  
i1 17.338 1.5 -18 592 0.793 6 . . . .1  
i1 17.880 1.3 -17 1718 0.867 4 . 2 2 .05  
i1 19 1.7 -18 866 0.830 4 0 4 4 .1  
i1 19.505 3 -16 162 0.291 8 . . .  
i1 20.691 3 -19 504.8 0.779 6 . 4 4  
i1 23.558 4 -20 64 0.291 8 . 3 3  
i1 24.521 7 -17 247 0.708  
i1 29.733 9 -18 165 0.708  
  
;TAM TAM  
; inizio dur amp c m indx1 indx0 ampenv indxenv  
revsend  
i1 39.723 21 -16 87.4 0.708 5.9 0 2 6 .5

#### ;PERCUSSIONI

i1 47.714 .04 -24 8390 1 0 0 5 7 .1 ; 1  
i1 47.764 . . 8830 . . . . . < ; 2  
i1 47.815 . -27 9820 . . . . . < ; 3  
i1 47.866 . -23 7710 . . . . . < ; 4  
i1 47.92 . . 6400 . . . . . < ; 5  
i1 47.975 . . 5960 . . . . . < ; 6  
i1 48.031 . . 6215 . . . . . < ; 7  
i1 48.089 . . 6854 . . . . . < ; 8  
i1 48.148 . . 6345 . . . . . < ; 9  
i1 48.208 . . 4393 1.436 .1 . . . < ; 10  
i1 48.27 . . 5410 1.202 < . . . < ; 11  
i1 48.333 . . 5280 1.257 . . . . < ; 12  
i1 48.398 . . 4852 1.516 . . . . < ; 13  
i1 48.465 . . 3146 1.258 . . . . < ; 14  
i1 48.533 . . 2718 1.812 . . . . < ; 15  
i1 48.603 . . 2951 1.341 . . . . < ; 16  
i1 48.674 .05 -21 2262 1.885 . . . .05 ; 17  
i1 48.746 .06 . 3080 2.053 . . . . < ; 18  
i1 48.821 .06 -20 1978 2.473 . . . . < ; 19  
i1 48.898 .06 . 2532 2.202 . . . . < ; 20

i1 48.978 .06 . 2288 2.288 . . . . < ; 21  
i1 49.058 .06 . 1946 2.432 . . . . < ; 22  
i1 49.141 .06 . 1310 1.747 . . . . < ; 23  
i1 49.225 .06 . 1568 2.240 . . . . < ; 24  
i1 49.311 .06 -19 1487 2.288 . . . . < ; 25  
i1 49.401 .07 . 1116 3.302 . . . . < ; 26  
i1 49.491 .07 . 938 3.201 . . . . < ; 27  
i1 49.585 .07 . 990 3.094 . . . . < ; 28  
i1 49.68 .07 . 782 3.019 . . . . < ; 29  
i1 49.778 .07 -18 822 2.905 . . . . < ; 30  
i1 49.878 .07 . 725 2.810 . . . . < ; 31  
i1 49.981 .07 . 537 2.620 . . . . < ; 32  
i1 50.087 .08 -17 560 2.074 . . . . < ; 33  
i1 50.195 .08 . 420 2.049 . . . . < ; 34  
i1 50.306 .07 . 405 2.025 . . . . < ; 35  
i1 50.420 .07 -16 267 1.780 . . . . < ; 36  
i1 50.536 .07 -18 334 1.758 . . . . < ; 37  
i1 50.655 .08 -16 230 1.643 . . . . < ; 38  
i1 50.778 .09 -12 165 1.473 . . . . < ; 39  
i1 50.904 .10 -11 205 1.464 . . . . < ; 40  
i1 51.033 .10 . 190 1.462 . . . . < ; 41  
i1 51.165 .11 -10 155 1.372 . . . . < ; 42  
i1 51.301 .12 -9 94 1.382 . . . . < ; 43  
i1 51.44 .12 -8 86 1.387 . . . . < ; 44  
i1 51.58 .12 -3 90 1.406 18 . . . .01 ; 45

## BIBLIOGRAFIA

1. C. Road, *John Chowning on composition*, da *Composers and the computer* A-R Editions, Los Altos, California (1985)
2. L. Jure, *Escuchando Turenas de John Chowning*, da *Música al Sur*, I/2004 (link)
3. *FM* su Wikipedia (link)



**Pasquale Citera**  
su SoundCloud  
su LinkedIn