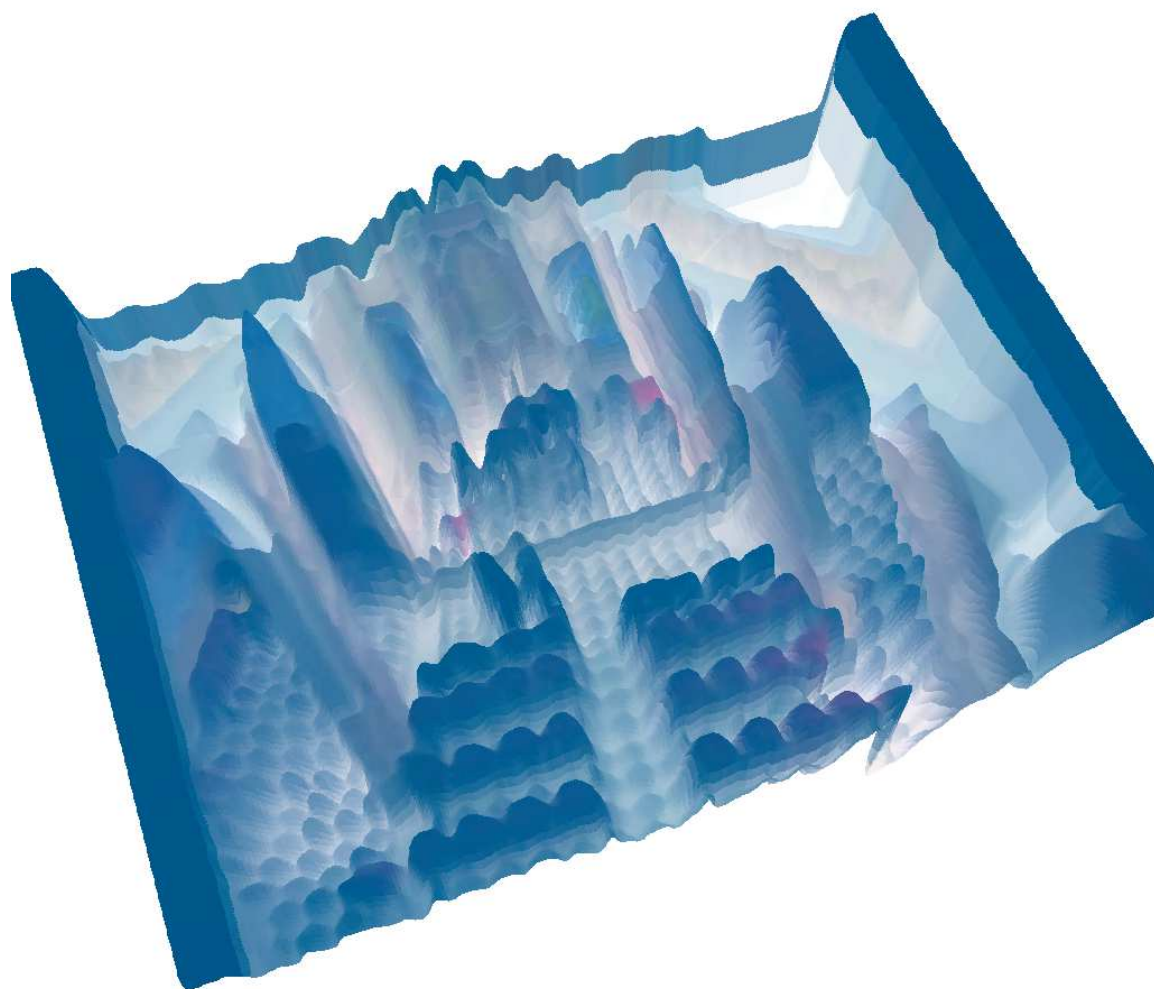


# L'Auditorium che canta 1.0

a cura di  
Fabio De Sanctis De Benedictis



Istituto Superiore di Studi Musicali  
"P. Mascagni"  
Alta Formazione Artistica e Musicale

# L'Auditorium che canta 1.0

Istituto Superiore di Studi Musicali  
"P. Mascagni" di Livorno

ISBN 978-88-941522-0-3

---

Copyright © 2015 Istituto Superiore di Studi “Pietro Mascagni” di Livorno.

Il presente lavoro è rilasciato ai termini della licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-NC-SA 3.0 IT).

Per realizzare questo libro è stata utilizzata una piattaforma Linux e i seguenti software liberi: LaTeX, Texmaker, LyX, LibreOffice, GIMP, PDFChain.

## Capitolo 8

Marco Giommoni

# *Spazio IV*, strutture sonore pseudostocastiche e significatività musicale

[marco.giommoni@gmail.com](mailto:marco.giommoni@gmail.com)

Un attento studio degli indirizzi della Nuova Musica mette in evidenza come la *computer music* abbia ereditato dal pensiero musicale dell'avanguardia l'idea di composizione quale modello esplicativo ed applicativo di specifiche teorie considerate come «ipotesi» sul materiale sonoro, pur preso atto che, al di là della teoria, bisogna sempre in via pregiudiziale dare per scontata la volontà da parte degli autori di vedervi una significazione musicale,<sup>1</sup> ovvero che si tratti comunque di “fare Musica”.

Se, come fanno rilevare Mario Baroni, Rossana Dalmonte e Carlo Jacoboni, la musica è un aggregato sonoro dotato di senso in quanto fondato sull'organizzazione di «agglomerati sonori che si offrono all'attenzione degli ascoltatori per essere interpretati, per sollecitare la loro emotività, per produrre apprezzamento»,<sup>2</sup> appare oltremodo necessario focalizzare con precisione la natura di questa produzione di senso, cioè comprendere con quale approccio si è voluto conseguire il significato musicale e quali possono essere i percorsi interpretativi per recepirne il messaggio.

Il problema coinvolge con particolare urgenza gli ambiti della Musica Elettronica, ossia della produzione musicale attraverso la manipolazione diretta del materiale sonoro, ove non si può dire esista ancora una vera e propria “grammatica”, cioè «un apparato morfologico-normativo funzionale alla costruzione di contesti musicali significativi in quanto fondato su regole e convenzioni ampiamente condivise dalla società ed in grado di assicurare la libertà creativa del compositore attraverso un libero gioco di aggregazioni strutturali frutto della combinazione di opzioni che la grammatica consente».<sup>3</sup>

Personalmente ritengo che per affrontare l'argomento della significazione nella Musica Elettronica (e in generale nella Nuova Musica) occorra allargare il campo e considerare l'esperien-

---

<sup>1</sup>Significazione intesa come rapporto fra l'oggetto sonoro e un referente esterno che ne legittimi la definizione di «Musica».

<sup>2</sup>Baroni, Mario – Dalmonte, Rossana – Jacoboni, Carlo, *Le regole della musica, indagine sui meccanismi della comunicazione*, Torino, EDT 1999, p. 5.

<sup>3</sup>*Ibid.*

za musicale nell'ambito della più vasta esperienza emotivo-affettiva che accomuna in sé ogni manifestazione estetica.

Partendo dalla ormai consolidata nozione di «schema»<sup>4</sup> inteso quale schema di condotta che orienta il nostro comportamento e le nostre risposte affettive, sono convinto, come a suo tempo ebbi a scrivere, che «l'artista concepisce le caratteristiche formali (strutturali) dell'opera d'arte sulla base di una proiezione delle proprietà formali (strutturali) di uno schema o di un complesso di schemi affettivi. In questi caratteri formali egli avverte che possono esplicitarsi le valenze simboliche del suo lavoro, valenze che, alla fine, ne determinano la significazione artistica».<sup>5</sup>

Prendiamo per un attimo in considerazione l'accezione del termine «struttura» quale a partire dagli anni Settanta si è configurato in ambito piagetiano<sup>6</sup> per cui, come sostiene Eco, si parla «di un termine che definisce nel contempo un insieme, le parti di questo insieme, i rapporti di queste parti tra loro; di "entità autonoma di dipendenze interne", di un tutto formato di elementi solidali, tale che ciascuno dipenda dagli altri e non possa essere quello che è se non in virtù della sua relazione con gli altri»,<sup>7</sup> nella consapevolezza però che questa definizione può considerarsi valida solo se riferita al mero ambito cognitivo, ossia che non si debba ritenere «un ordine oggettivo, qualcosa di positivamente riscontrabile nella realtà, ma piuttosto il modo in cui guardiamo, studiamo, osserviamo la realtà».<sup>8</sup>

Sulla scorta di questa articolata definizione può diventare interessante l'ipotesi se dalle «strutture» della realtà fisica (dalla meccanica, alla chimica, alla biologia, alla fisiologia, alla neuropsicologia, ecc.) intese come insieme delle relazioni funzionali che in natura determinano le forme e le trasformazioni temporali, possano essere «ricavati» oggetti sonori equivalenti sul piano formale la cui organizzazione sintattica e la cui evoluzione nel tempo si comportino come «strutture musicali», ossia possano qualificarsi come «fatti musicali» perché in grado di evocare per parallelismo «formale» uno o più schemi affettivi, convalidandone così la significazione.

La necessità di questo «approccio strutturale» alla Nuova Musica fu già sottolineata da Pierre Boulez, per il quale la «struttura, ci invita a una conclusione [...] che si può benissimo applicare alla musica: del mondo possiamo conoscerne la struttura, non l'essenza. Lo pensiamo in termini di relazioni, di funzioni, non di sostanze e di accidenti. Così dovremmo fare noi: non partiamo dalle "sostanze e dagli accidenti" della musica, ma pensiamola in termini di relazioni, di funzioni»,<sup>9</sup> un punto di vista ripreso più tardi e con maggior determinazione da Hugues Dufourt : «la scienza della musica è la scienza di una classe di strutture, non d'una classe di oggetti».<sup>10</sup>

Dal canto suo György Ligeti a proposito delle sue grandiose «micro-polifonie» (*Apparitions*, 1958-59, *Atmosphères*, 1961 e *Requiem*, 1963-65) così scrive:

I modelli d'interferenza e turbolenza – in senso meteorologico – con i quali ho lavorato alla fine degli anni cinquanta e agli inizi degli anni sessanta, al di là della loro realizzazione musicale mi portarono ad immaginare tutt'altre cose. Cominciai poco a poco ad inserire nelle superfici iridescenti alcuni disegni ritmici e melodici ad esse soggiacenti... questo mi condusse a impiegare nelle mie composizioni una poliritmia di estrema complessità. [...] Mentre componevo il mio brano per orchestra «Atmosphères» nel 1961, del quale il «contenuto» è costituito da cambiamenti di stato, correnti e turbolenze, non avevo la minima idea del fatto che esattamente nello

<sup>4</sup>Vedi Imberty, Michel, *Suoni, Emozioni, Significati*, Bologna, CLUEB 1986.

<sup>5</sup> Giommoni, Marco, *La motivazione del giudizio artistico: Estetica e filosofia dell'arte*, Padova, CLEUP 2010, p. 39.

<sup>6</sup>Cfr. Piaget, Jean, *Lo Strutturalismo*, Milano, Il Saggiatore 1968.

<sup>7</sup>Eco, Umberto, *La struttura assente*, IVa edizione, Milano, Bompiani 1998, p. 253.

<sup>8</sup>D'Agostini, Franca, *Breve storia della filosofia nel Novecento*, Torino, Einaudi 1999, p. 229.

<sup>9</sup>Boulez, Pierre, *Pensare la musica oggi*, Torino, Einaudi 1979, p. 27.

<sup>10</sup>Dufourt, Hugues, *Les principes de la musique*, in I.Deliège et M.Paddison, *Musique Contemporaine, Perspectives théoriques et philosophiques*, Hayen, Mardaga 2001, p. 63.

stesso momento, al Massachusset Institute of Technology, Edward Lorenz metteva in atto la simulazione metereologica mediante elaboratore che doveva condurre alla scoperta degli «strani attrattori» e così partiva la ricerca sulle turbolenze e sui sistemi dinamici che qualche anno più tardi avranno rivoluzionato le scienze naturali.<sup>11</sup>

Principi riaffermati l'anno successivo in un noto articolo nel quale definirà la stessa composizione (musicale) come il risultato di un'azione mirata «a trasformare stati trasformati».<sup>12</sup>

Accogliendo “doverosamente” l'invito di Ligeti<sup>13</sup> ho voluto elaborare il progetto di sei strutture musicali per elettronica e strumento solista ponendomi come ipotesi di valutare l'efficacia ai fini della significazione musicale di modelli algoritmici sonori, immaginari, nei quali le norme che ne determinano la forma sintattica siano desunte dalle leggi di particolari fenomeni della termodinamica, dell'ottica e della (neuro)fisiologia. Ho chiamato queste composizioni Spazi, con il duplice significato di indicare da un lato una strutturazione complessa che possiede un proprio “spazio” sonoro, dall'altro uno “spazio” mentale all'interno del quale comporre ed articolare sensazioni acusticamente evocate dal divenire nel tempo di una fisica e di una fisiologia immaginarie, con i loro processi e le loro funzioni.

*Spazio IV* per flauto e *computer music*, il primo in ordine di composizione, si articola in quattro sezioni principali di elettronica spazializzata a loro volta distinte in quindici sottosezioni, rispettivamente tre la prima sezione, cinque la seconda, quattro la terza e tre la quarta. Fra le diverse sezioni e all'interno delle stesse si inseriscono otto cadenze di flauto.

La genesi dell'intera struttura della composizione si basa su alcune equazioni della termodinamica che regolano i fenomeni legati alla teoria del «rumore», inteso quale stato di agitazione molecolare della materia: nello specifico il moto *browniano*, il rumore  $1/f$  e il moto caotico, i cui comportamenti, considerato il loro andamento, ne giustificano il termine collettivo di «sequenze pseudostocastiche».<sup>14</sup>

Il «moto browniano» prende nome dal botanico inglese Robert Brown che 1828 compì le prime osservazioni sul comportamento “disordinato” di particelle sospese in un solvente, arrivando alla conclusione (ovviamente errata) di aver scoperto la molecola base della materia vivente. La spiegazione del fenomeno fu fornita nel 1888 dal fisico francese Louis Gouy, il quale intuì che il moto delle particelle dipendeva dalla loro agitazione termica. La conferma di questa impostazione comparve in uno dei cinque lavori fondamentali con cui Albert Einstein nel 1905 rivoluzionò la fisica moderna.<sup>15</sup> Egli ipotizzò che il moto disordinato fosse imputabile alle collisioni casuali tra le molecole. Essendo il moto disordinato non era possibile prevederne l'esatta direzione, però era possibile prevedere lo spostamento quadratico medio compiuto dalle particelle rispetto a una posizione originale in un tempo  $t$ , e di tutto questo Einstein dette ampia dimostrazione matematica con dettagliata descrizione quantitativa del fenomeno.

La prima osservazione del rumore  $1/f$  risale al 1925 quando, studiando l'emissione termoionica dei tubi a vuoto, J.B. Johnson si accorse della presenza di fluttuazioni elettriche che oscillavano con una certa regolarità. La natura di questa regolarità fu poi indagata da Richard F. Voss e John Clarke che ne hanno studiato le proprietà in base alle caratteristiche spettrali del cosiddetto «rumore rosa», un fenomeno acustico molto diffuso in natura (ad es. il “suono” della pioggia o di un torrente). In sintesi essi si accorsero che il profilo della forma d'onda di un rumore  $1/f$  si

---

<sup>11</sup>Ligeti, György, *Pensées rhapsodiques sur la musique en général et sur mes propres compositions en particulier* (1992), in *Neuf Essais sur la musique*, trad. fr. Éditions Contrechamps, Genève, 2001.

<sup>12</sup>Ligeti, György, *States, Events, Transformations*, in *Perspectives of new music* 31-1, 1993, p. 170.

<sup>13</sup>Il quale per inciso fu mio maestro.

<sup>14</sup>*Pseudostocastiche* in quanto sebbene il loro moto sia disordinato, cioè non possiede ripetizioni regolari, tuttavia non è puramente casuale (stocastico), il che ne consente una classificazione.

<sup>15</sup>Einstein, Albert, *Ueber die von der molekularkinetischen theorie der waerme geforderte bewegung von in ruhenden ueessigkeiten suspendierten teilchen*. Leipzig, *Ann. Phys.* 1905, 17, 549.

mantiene costante con un fattore di scala che si raddoppia di ottava in ottava (220-110 = 110 Hz; 440-220 = 220 Hz; 880-440 = 440 Hz; ecc.). Inoltre essi intuirono che se questo comportamento viene applicato ad una successione di intervalli che caratterizzano il profilo di una melodia ciò la rende “più musicale” agli orecchi degli ascoltatori.<sup>16</sup> Il motivo di questa «musicalità intrinseca» è legato a peculiari proprietà matematiche delle sequenze stesse. Queste infatti «si correlano logaritmicamente con il proprio passato. In questo modo, l’attività media degli ultimi dieci eventi ha altrettanta influenza sui valori correnti che quella degli ultimi cento eventi o degli ultimi mille (usando i logaritmi in base dieci). Così i processi  $1/f$  possiedono una memoria relativamente a lungo termine.<sup>17</sup>

Pur se l’esistenza di «sistemi non lineari» era stata già ipotizzata da Henri Poincaré alla fine del XIX secolo (il problema dei tre corpi), il primo approccio sistematico alle dinamiche delle turbolenze data il 1963 ad opera del meteorologo Edward Lorenz.<sup>18</sup> Lorenz osservò che le turbolenze non obbediscono alle leggi della meccanica classica, ma i loro comportamenti rientrano nell’ambito di sistemi definibili come «non lineari»:

i sistemi non lineari, in generale, non possono essere risolti e non possono essere sommati. [...] Nella fluidodinamica, tutto si riduce ad un’equazione canonica, l’equazione di Navier-Stokes. Questo è un miracolo di brevità, riferendosi alla velocità, pressione, densità di un fluido, ma si dà il caso che sia un’equazione non lineare. Così la natura di quei rapporti diventa spesso impossibile da precisare. Analizzare il comportamento di un’equazione non lineare come quella di Navier-Stokes è come camminare in un labirinto le cui pareti si riorganizzano ad ogni passo.<sup>19</sup>

Affrontare i «sistemi [dinamici] non lineari», com’è facilmente intuibile è un argomento di enorme complessità, ragion per cui, visto il contesto, qui mi sono voluto limitare ad applicarne uno dei più semplici, la «mappa di Henon», inclusa da Rick Bidlack<sup>20</sup> fra le cosiddette «mappe iterative dissipative».<sup>21</sup>

Chiariti dunque per somma sintesi i presupposti scientifici della mia indagine ed evitando d’altra parte l’onerosa descrizione dell’apparato matematico ad essi soggiacente, ritengo adesso sia sufficiente descrivere le funzioni che mi hanno consentito lo sviluppo della struttura di *Spazio IV* ricavandole direttamente dalla libreria di ACToolbox,<sup>22</sup> un *environment* per la composizione algoritmica derivato dal LISP piuttosto diffuso ed efficiente.

Per quanto concerne la generazione di una serie di valori numerici la cui distribuzione rispecchi il profilo di un «rumore», cioè di uno stato di agitazione molecolare, ho individuato in ACToolbox la funzione<sup>23</sup> `noise-value`, così descritta:

```
(noise-value totale minimo massimo R)
```

ove «totale» indica quanti valori intendiamo ottenere compresi in una gamma che si estenda da «minimo» a «massimo» con una distribuzione di tipo «R». «R» varia in una gamma che va da

<sup>16</sup>Cfr. Voss, Richard F. – Clarke, John, *1/f Noise in Music: Music from 1/f Noise*, in *Journal of Acoustic Society of America*, 63 (january 1978), pp. 258-263.

<sup>17</sup>Roads, Curtis, *Computer Music Tutorial*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 1996, p. 336.

<sup>18</sup>Lorenz, Edward N., *Deterministic Nonperiod Flow*, in *Journal of The Atmospheric Sciences*, 20, 1963, p.130.

<sup>19</sup>Gleick, James, *Chaos, la nascita di una nuova scienza*, Milano, Sansoni – RCS 1989 (rist. 1997), p. 28.

<sup>20</sup>Bidlack, Rick, *Chaotic Systems as Simple (but Complex) Compositional Algorithms*, in *Computer Music Journal*, vol.16, n.3 (Fall 1992), p. 33.

<sup>21</sup>La mappa di Henon può essere espressa semplicemente con un sistema di due equazioni alle differenze finite.

<sup>22</sup>ACToolbox è gratuitamente e liberamente acquisibile al sito <http://www.koncon.nl/ACToolbox/>

<sup>23</sup>In realtà `noise-value` è un algoritmo generatore di una lista di valori in base ad una certa funzione, ma in ambito LISP i termini algoritmo e funzione vengono generalmente utilizzati indifferentemente.

0 a -4 ove -2 seleziona il moto browniano e -1 il rumore  $1/f$ . Si sono dunque ottenute sequenze numeriche con profili del tipo riportato in Figura 8.1.

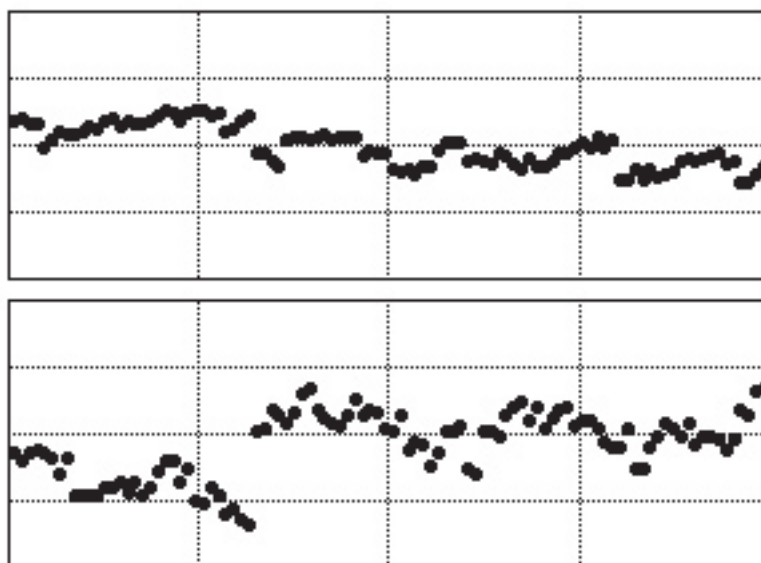


Figura 8.1: Profili delle sequenze numeriche.

Le sequenze rispecchiano fedelmente una distribuzione (pseudo)casuale di valori quale si può riscontrare nei moti *browniani* o nel rumore di Voss, ma ciò non è ancora sufficiente a conferire “musicalità” a questi profili, in nessuno degli aspetti considerabili: altezze, durate, intensità, variazioni timbriche, ecc.

Circa tre anni or sono, nella preparazione di un intervento al *Colloque Claude Debussy*<sup>24</sup> organizzato dal CDMC, analizzando il III movimento de *La mer* di Debussy, mentre valutavo battuta per battuta la media e lo scarto quadratico medio delle altezze e delle intensità, ho potuto constatare che la variazione dei profili seguiva un andamento che era grossomodo riproducibile con l'interazione fra due funzioni sinusoidali, quale ad esempio quello riportato in Figura 8.2.

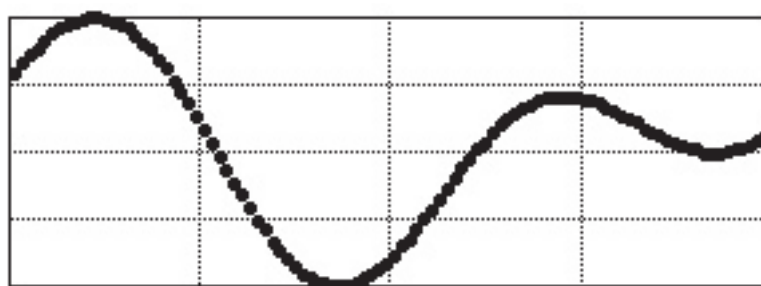


Figura 8.2: Profili sinusoidali.

<sup>24</sup>Cfr. Giommoni, Marco, *Les formes structurales de La Mer*, in *Acta du colloque «la Trace et l' écart, Nouvelles approches, nouveaux touchers La réception de Debussy dans la création et l'interprétation contemporaine»*, Paris, CDMC 2012.



In ambiente ACToolbox questo profilo si può ottenere con la funzione `combine`, che qui “combina” appunto due funzioni del seno, ciascuna rispettivamente con un proprio minimo, massimo e fase:

```
(combine (sine totale minimo_1 massimo_1 fase_1)
         (sine totale minimo_2 massimo_2 fase_2))
```

Tornando a Spazio IV ho dunque ipotizzato di poter “modulare” le sequenze pseudostocastiche sopra ottenute (browniane e vossiane) con questi andamenti sinusoidali, reiterando la medesima funzione `combine`:

```
(combine (noise-value totale minimo massimo R)
         (combine (sine totale minimo_1 massimo_1 fase_1)
                  (sine totale minimo_2 massimo_2 fase_2)))
```

ottenendo così delle sequenze il cui profilo generale si riconduce ad andamenti sinusoidali riconoscibili in molta musica (vedi Figura 8.3).<sup>25</sup>

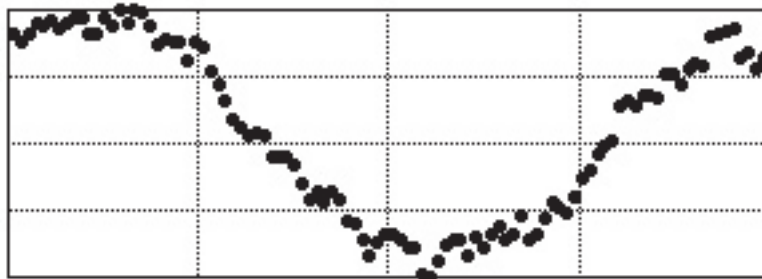


Figura 8.3: Profili combinati.

Ho così ricavato un discreto numero di “sequenze pseudostocastiche modulate” trasformabili in altrettanti `table-object`, gli equivalenti delle matrici nel noto ambiente di lavoro Max/MSP.<sup>26</sup> Grosso modo ho poi conseguito gli stessi risultati con la mappa iterativa-dissipativa di Henon.

Parallelamente ho analizzato tutte queste sequenze ricavandone la ricorrenza dei singoli valori, riportando dunque il tutto su degli istogrammi che in seguito ho utilizzato per la determinazione degli intervalli, delle durate e delle dinamiche delle otto cadenze del flauto. Da queste osservazioni ho infatti ricavato sette differenti moduli ritmico-melodici liberamente raggruppati e ripresi. Salvo alcune indicazioni generiche, nelle cadenze del flauto l’articolazione, l’espressione e l’agogica sono invece a libera discrezione dell’interprete.

Di converso per quanto concerne l’Elettronica in ambiente Max/MSP, i diversi `table-object` hanno condizionato i seguenti parametri:

<sup>25</sup>In seguito ho potuto constatare che l’andamento sinusoidale riscontrato ne *La Mer* è presente anche in altre composizioni di Debussy e non solo.

<sup>26</sup>Nei primi anni novanta, da un’idea di Claude Risset (vedi il sopra citato testo di Roads) Miller Puckette e David Zicarelli hanno sviluppato un software interattivo, Max, oggi standard di riferimento nella produzione di strutture musicali interattive. Per un approfondimento si veda Winkler, Todd, *Interactive Music Techniques and Ideas Using MAX*, Cambridge Massachussets, MIT Press 1995 e Rowe, Robert, *Interactive Music Systems and Composing*, Cambridge Massachussets, MIT Press 1994.

- Il piano delle altezze, valutato in frequenze discrete comprese tra i 55 Hz (La 1) e i 1760 Hz (La 6).
- Il piano delle durate, suddiviso in segmenti unitari che variano da 20 a 200 millisecondi, che nel complesso ne stabilisce le «variazioni di densità», ossia le variazioni della velocità d'esecuzione valutata in numero di eventi al secondo.<sup>27</sup>
- Il piano della dinamica, suddiviso in otto segmenti discreti (*ppp*, *pp*, *p*, *mp*, *mf*, *f*, *ff*, *fff*) riferiti ad una scala arbitraria espressa in dB.
- Il piano della timbrica, concepito invece secondo una logica più prettamente matriciale. Su uno degli assi si è tenuto conto dell'articolazione ("staccato") in termini di percentuale di suono effettivo da produrre, con valori che vanno da 0% (pausa) a 100% (suono legato), sull'altro asse si è invece presa in considerazione la componente spettrale, concepita come filtraggio<sup>28</sup> "dinamico" (ossia evolvente nel tempo) di 64 timbri campionati.

Si sono così ottenute 64 tracce indipendenti per ciascuna sottosezione considerata, in seguito raggruppate a due a due mediante premixaggio in 8 coppie di canali stereofonici, per un totale quindi di 16 canali spazializzati.

L'alternanza elettronica-flauto nel suo insieme mi ha fatto immaginare lo schema generale di ogni sezione come libera e fantastica astrazione della forma «concerto barocco», ove molto cautamente e in termini assolutamente astratti, l'elettronica spazializzata prende il luogo dell'esposizione orchestrale e le cadenze del flauto quello del "ponte modulante", affidato agli assoli. Questa contrapposizione dialettica sotto un profilo eminentemente estetico vuole opporre una prospettiva di "soggettività personale", evocata dalle cadenze del flauto, ad una concezione "globale ed oggettiva" della materia musicale, a sua volta evocata dalla "nube sonora" dell'elettronica.

Per concludere, se i risultati ottenuti sul piano strettamente artistico non mi sembrano insoddisfacenti, personalmente ritengo che l'applicazione alla materia musicale delle leggi che regolano i processi delle scienze naturali al fine di creare strutture musicalmente significative indirizzate «a trasformare stati trasformati» sia ancora una ricerca del tutto *in fieri*, ove le ipotesi e gli interrogativi che la complessità della materia solleva superano senza dubbio i risultati conseguiti. D'altra parte è però innegabile che lavori quali *Spazio IV* possono comunque indicare che questa è una strada certamente percorribile per la Musica Elettronica e per la Musica d'oggi nel suo complesso.

## 8.1 Bibliografia

Baroni, Mario, Dalmonte, Rossana, Jacoboni, Carlo, *Le regole della musica*, Torino, EDT 1999.

Berg, Paul, *Abstracting the Future: The Search for Musical Constructs*, in *Computer Music Journal* 20-3 (Fall 1996).

Berg, Paul, *AC Tollbox tutorial*, <http://www.koncon.nl/ACToolbox/>.

<sup>27</sup>Cfr. Imberty, Michel, *Suoni, Emozioni, Significati*, cit., pp. 130-131 e Giommoni, Marco, *Gli algoritmi della Musica, Composizione e pensiero musicale nell'era informatica*, Padova, CLEUP 2011, cap. XI pp. 3-7.

<sup>28</sup>Dicesi filtro digitale ogni processo computazionale o algoritmo attraverso il quale un segnale digitale ovvero una sequenza di numeri binari detta segnale digitale d'ingresso (*input digital signal*) è trasformata in un'altra sequenza di numeri detta segnale digitale d'uscita (*output digital signal*). Qualsiasi trattamento di un suono digitale dopo la sua conversione digitale e prima della sua riconversione analogica si definisce di conseguenza «filtraggio». Cfr. Moore, Richard F., *Elements of Computer Music*, Englewood Cliffs, New Jersey, PTR Prentice Hall 1990.

- Bidlack Rick, *Chaotic Systems as Simple (but Complex) Compositional Algorithms*, in *Computer Music Journal* 16-3 (Fall 1992).
- Boulez, Pierre, *Pensare la musica oggi*, Torino, Einaudi 1979.
- D'Agostini, Franca, *Breve storia della filosofia nel Novecento*, Torino, Einaudi 1999.
- Dufourt, Hughues, *Les principes de la musique*, in Deliege, Irène – Paddison, Max, *Musique Contemporaine, Perspectives théoriques et philosophiques*, Sprimont, Mardaga 2001.
- Eco, Umberto, *La struttura assente*, IVa edizione, Milano, Bompiani 1998.
- Einstein, Albert, 1905: *Ueber die von der molekularkinetischen theorie der waerme geforderte bewegung von in ruhenden uessigkeiten suspendierten teilchen*. (Leipzig), *Ann. Phys.* 17.
- Giommoni, Marco, *La motivazione del giudizio artistico: Estetica e filosofia dell'arte*, Padova, CLEUP 2010.
- Giommoni, Marco, *Gli algoritmi della Musica, Composizione e pensiero musicale nell'era informatica*, Padova, CLEUP 2011.
- Giommoni, Marco, *Les formes structurales de La Mer*, in *Acta du colloque «la Trace et l' écart, Nouvelles approches, nouveaux touchers La réception de Debussy dans la création et l'interprétation contemporaine»*, Paris, CDMC 2012.
- Glück, James, *Caos, la nascita di una nuova scienza*, Milano, Sansoni – RCS 1989 (rist. 1997).
- Imberty, Michel, *Suoni, Emozioni, Significati*, Bologna, CLUEB 1986.
- Ligeti, György, *Pensées rhapsodiques sur la musique en général et sur mes propres compositions en particulier* (1992), in *Neuf Essais sur la musique*, Genève, Éditions Contrechamps 2001.
- Ligeti, György, *States, Events, Transformations*, in *Perspectives of new music* 31-1, 1993.
- Lorenz, Edward N., *Deterministic Nonperiod Flow*, in *Journal of The Atmospheric Sciences*, 20, 1963.
- Moore, Richard F., *Elements of Computer Music*, Englewood Cliffs, New Jersey, PTR Prentice Hall 1990.
- Piaget Jean, *Lo Strutturalismo*, trad.it. Milano, Il Saggiatore 1968.
- Roads Curtis, *The computer music tutorial*, Cambridge, Massachusets, MIT Press 1996.
- Rowe, Robert, *Interactive Music Systems and Composing*, Cambridge Massachusets, MIT Press 1994.
- Voss, Richard F. – Clarke, John, *1/f Noise in Music: Music from 1/f Noise*, in *Journal of Acoustic Society of America*, 63 (january 1978).
- Winkler Todd, *Interactive music techniques and ideas using MAX*, MIT Press, Cambridge Massachusets, 1995.