

THE SURVEY ON SOUND SYNTHESIS PROCESSES IN STOCKHAUSEN STUDIE II

INDAGINE SUI PROCESSI DI SINTESI DEL SUONO IN STUDIE II DI STOCKHAUSEN

SALVATORE CARANNANTE

Abstract (IT): Il L'obiettivo del presente contributo è di studiare e di ricostruire (con mezzi digitali) il procedimento di sintesi del suono che Karlheinz Stockhausen ideò ed utilizzò per il suo Studie II (1954). Non viene proposta quindi un'analisi dettagliata della composizione, né una formalizzazione della sua struttura, ma un'indagine di "analisi mediante sintesi" che permetta di osservare da vicino scelte e procedimenti costruttivi del suono, e di verificare la composizione delle singole misture, cioè delle singole unità costruttive di quel celebre lavoro. Utilizzeremo come "testo" sonoro l'incisione pubblicata dallo stesso compositore nel 1992.

Abstract (EN): The aim of this paper is to digitally reconstruct the sound synthesis procedure that Karlheinz Stockhausen conceived and used for his Studie II (1954). Therefore, a detailed analysis of the composition is not proposed, nor a formalization of its structure, but an investigation of "analysis by synthesis" that allows to understand constructive procedures of sound, and to verify the composition of the individual mixtures, that is, of the individual construction units of that famous work. The recording published by the composer himself in 1992 is used as sound "text".

Keywords: Studio II, Karlheinz Stockhausen, WDR

INDAGINE

SUI PROCESSI DI SINTESI DEL SUONO

IN *STUDIE II* DI STOCKHAUSEN *

SALVATORE CARANNANTE

L'obiettivo è di studiare e di ricostruire (con mezzi digitali) il procedimento di sintesi del suono che Karlheinz Stockhausen ideò ed utilizzò per il suo *Studie II* (1954). Non viene proposta quindi un'analisi dettagliata della composizione, né una formalizzazione della sua struttura, ma un'indagine di "analisi mediante sintesi" che permetta di osservare da vicino scelte e procedimenti costruttivi del suono, e di verificare la composizione delle singole misture, cioè delle singole unità costruttive di quel celebre lavoro. Utilizzeremo come "testo" sonoro l'incisione pubblicata dallo stesso compositore nel 1992.

[divulgazione audiotestuale]

*Indagine sui processi
di sintesi del suono
in Studie II di
Stockhausen -
Salvatore Carannante*

1. Indicazioni Storiche

L'indagine ha preso avvio da un'affermazione di Stockhausen, in un'intervista rilasciata ormai trent'anni fa (Tannenbaum, 1985):

Ho subito, tempo fa, un colpo atroce ascoltando [la realizzazione di] *Studie II* fatta presso lo studio [...] dell'Università di Stoccolma, provvisto di un aggiornatissimo sintetizzatore. Un'esecuzione realizzata secondo le istruzioni pubblicate sulla mia partitura, ma senza il contributo della mia collaborazione. Ebbene, il risultato? Miserabile. A dir poco, una farsa, la caricatura dell'opera. Addio alla specifica qualità dei microtempi. Addio alle sfumature, ai moti dell'animo; tutte "assenze" ingiustificate, dato che la partitura era completa di ogni precisa indicazione ritmica e dinamica sulla durata, il volume, gli umori del timbro. E invece niente.

L'obiezione di Stockhausen riguarda in particolare «le curve dinamiche del suono (Hüllkurven)» che i colleghi svedesi «hanno affidato al computer» e che alla WDR di Colonia nel 1954 egli aveva regolato a mano. «Di qui la staticità» della realizzazione svedese.

Il riferimento è evidentemente ad una realizzazione effettuata all'Elektron Musik Studion (EMS) di Stoccolma, come confermato in un contributo recente (Groth, 2008). Prezioso risulta anche un testo del 1988 di Lars-Gunnar Bodin (che nel 1979 era il direttore del centro di Stoccolma), dove si legge tra l'altro:

Nel 1970 [nel nostro studio] è stato acquistato un computer. Ciò significa che col tempo l'EMS avrebbe potuto raggiungere un obiettivo importante, quello di ridurre sensibilmente il tempo di produzione di una composizione rispetto a quanto era possibile in altri studi elettronici. Come test di efficienza del sistema, fu effettuata una realizzazione di *Studie II* di Stockhausen, in soli tre giorni, un lavoro che aveva preso diversi mesi di produzione a Colonia. L'EMS aveva così fatto proprio uno dei primi sistemi ibridi [analogico e digitale], sicuramente uno dei più grandi del genere.

Indagine sui processi
di sintesi del suono
in *Studie II* di
Stockhausen -
Salvatore Carannante

2. Quesiti e osservazioni

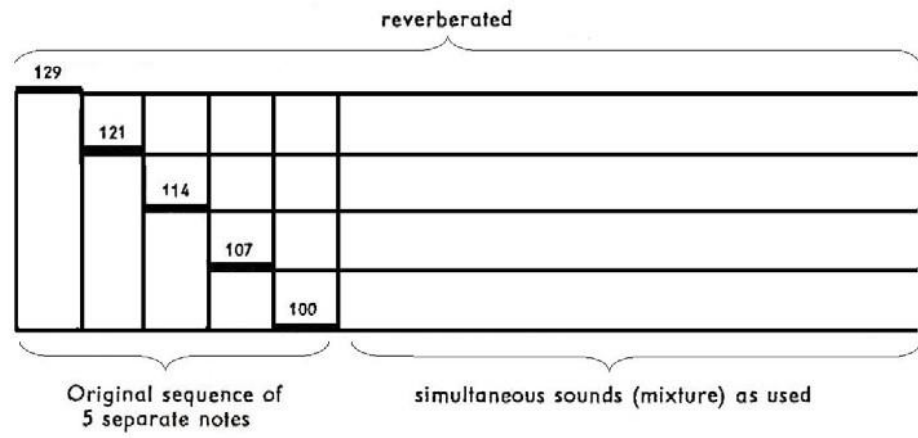
Come poteva essere il risultato della realizzazione svedese di *Studie II* tanto incoerente da irritare tanto Stockhausen? E in ogni caso, come sono annotate in partitura le curve dinamiche realizzate dal compositore? Che tipo di trattamento, in dettaglio, subiscono le singole “misure”? Fin dove è possibile ricostruire al computer *Studie II*?

2.1 La partitura

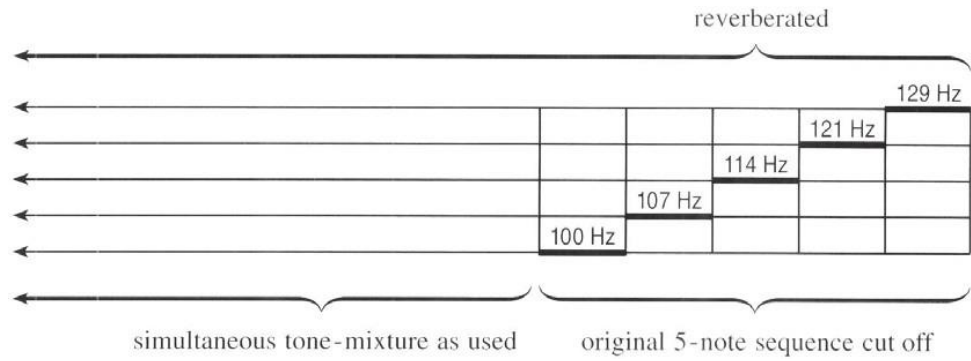
La partitura presenta un testo introduttivo in cui vengono spiegati i processi di sintesi del suono, dal criterio di scelta delle frequenze alla realizzazione pratica, su nastro magnetico, di ogni unità costruttiva, cioè di ciascuna “misura” sonora (*Tongemisch*). Segue la notazione grafica, con tutti i dati cui attenersi se si vuole ricostruire o “eseguire” il brano.

Questa partitura ha conosciuto due edizioni, che presentano tra loro alcune differenze: la prima risale al 1956 (Universal Edition), la seconda è una revisione del compositore stesso pubblicata nel 2000 (Stockhausen Verlag). Una differenza importante tra le due risiede nel fatto che la seconda reca una descrizione delle “curve di involuppo”, mancante nell’altra, quali realizzate da Stockhausen controllando l’ampiezza “a mano” (cioè anche “ad orecchio”). Un’altra differenza per noi rilevante riguarda lo schema del processo fondamentale da cui il compositore ottenne le unità sonore della costruzione compositiva, cioè quelle che chiama “misure” (fig.1): nella nuova edizione, lo schema appare rivisto e meglio chiarito (fig.2 e fig.3).

Indagine sui processi
di sintesi del suono
in *Studie II di*
Stockhausen -
Salvatore Carannante

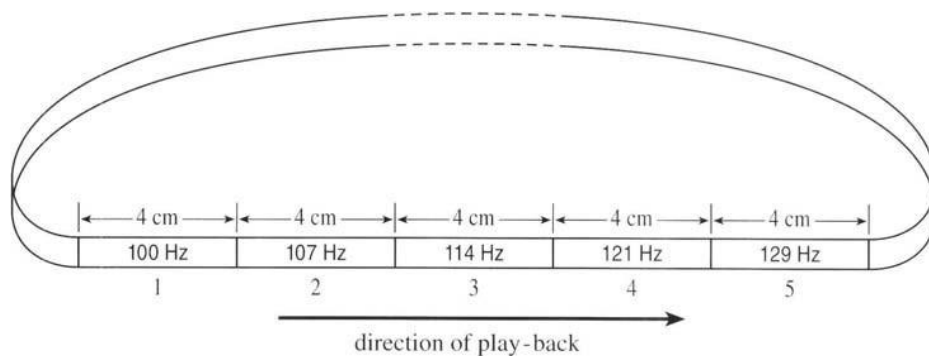


[Fig. 1]



[Fig. 2]

Indagine sui processi
di sintesi del suono
in *Studie II di*
Stockhausen -
Salvatore Carannante



[Fig. 3]

2.2. Dinamica delle misture

La prima osservazione da fare riguarda i cinque brevi frammenti di nastro magnetico alla base di ciascuna mistura: essi hanno tutti la stessa lunghezza, $l = 4$ cm, e contengono un segnale sinusoidale. Data la velocità di scorrimento del nastro $v = 76.2$ cm/sec, ogni frammento dura $l/v = 4/76.2 = 0.052$ ". I cinque frammenti sono disposti in sequenza, l'uno dietro l'altro. I cinque segnali hanno diversa frequenza, determinata da valori presi da una tabella che il compositore costruisce secondo regole esplicite, esposte nell'introduzione della partitura. I cinque segnali inoltre hanno la medesima ampiezza (massimo valore di ampiezza quale relativo al supporto magnetico). La transizione fra un frammento e l'altro non viene descritta dal compositore. È lecito ipotizzare che ciascun frammento avesse un brevissimo segmento di assolvenza all'inizio (fade-in) e di decadimento alla fine (fade-out) – se così non fosse, la transizione tra un frammento e il successivo avrebbe potuto essere molto rumorosa. Il che significava tagliare obliquamente il nastro magnetico. Supponiamo che questo taglio avesse, per esempio, una durata di 0.020",

*Indagine sui processi
di sintesi del suono
in Studie II di
Stockhausen -
Salvatore Carannante*

corrispondente a 1.5 cm di nastro; rimane tuttavia da stabilire se questa durata fosse interna o esterna ai 4 cm attribuiti ai singoli frammenti.

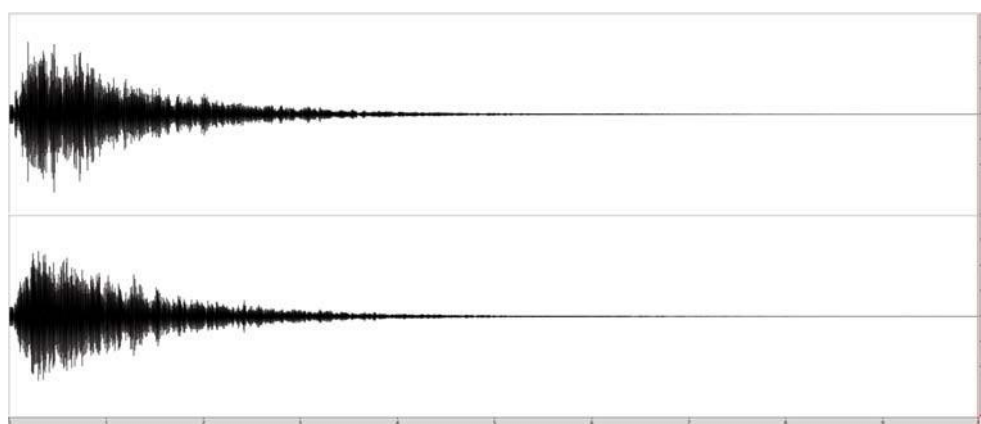
Stockhausen, dunque, per realizzare ognuna delle misture incollò in successione su nastro non magnetizzato i cinque frammenti di base, e riprodusse la sequenza risultante diffondendone il suono nella “camera di riverberazione” (*Hallraum*) disponibile allo studio di Colonia, una stanza dalle superfici molto riflettenti, caratterizzata da un tempo di riverbero di ben 10" e (a detta di Stockhausen) da una risposta in frequenza lineare. Il compositore registrò il risultato dell'operazione, tagliando via dal risultato il segmento corrispondente alla sequenza iniziale dei cinque frammenti iniziali, e tenendo solo la coda dovuta alla riverberazione. In sostanza, la camera di riverberazione, prolungando il suono dei cinque segnali sinusoidali, in sostanza fu usata come sommatore da cui ottenere la desiderata mistura sonora.

La partitura edizione 2000 chiarisce ciò che nella partitura 1956 non era evidente, cioè che la sequenza dei cinque frammenti è costruita in modo tale da far entrare nella camera d'eco per primo il segmento contenente la frequenza più elevata, poi quelli con frequenza inferiore, in ordine discendente. Quanto è importante tale dettaglio? Possiamo ipotizzare che le prime frequenze ad entrare in camera d'eco sono anche le prime a decadere. Ciò risulta da considerazioni di carattere meccanico-acustico, tanto più che dobbiamo considerare piuttosto improbabile che la risposta in frequenza della camera d'eco fosse lineare (cioè piatta nel dominio della frequenza), come invece riteneva il compositore. A queste condizioni, l'ordine sequenziale dei cinque frammenti iniziali risulta in effetti molto importante.

Si osserva in figura 4 il profilo dinamico di due suoni ottenuti da un test (effettuato con un procedimento di sintesi digitale): quella in alto è la forma d'onda ottenuta riverberando la sequenza di cinque frequenze (o frammenti di nastro)

*Indagine sui processi
di sintesi del suono
in Studie II di
Stockhausen -
Salvatore Carannante*

disposte dal grave all'acuto; la forma d'onda in basso è ottenuta procedendo in senso inverso. La durata complessiva è quella che Stockhausen afferma essere il tempo di riverberazione della sua camera di riverberazione (cioè il tempo impiegato dalle riverberazioni a decadere di -60 dB rispetto al segnale in ingresso). La forma d'onda in alto ha picco d'ampiezza maggiore (e, all'ascolto, un colore timbricamente differente) rispetto a quella in basso.



[Fig. 4]

Va poi considerato che, per far sì che ciascuna mistura diventasse un suono continuo di durata desiderata, il compositore utilizzò una porzione del suono in uscita dalla riverberazione, facendone un anello di nastro (un loop), ottenendo così un suono prolungato e ad ampiezza (quasi) costante. Ed è di questo suono, ottenuto con l'anello di nastro, che egli regolò (a mano) l'ampiezza, imponendo l'involuppo desiderato.

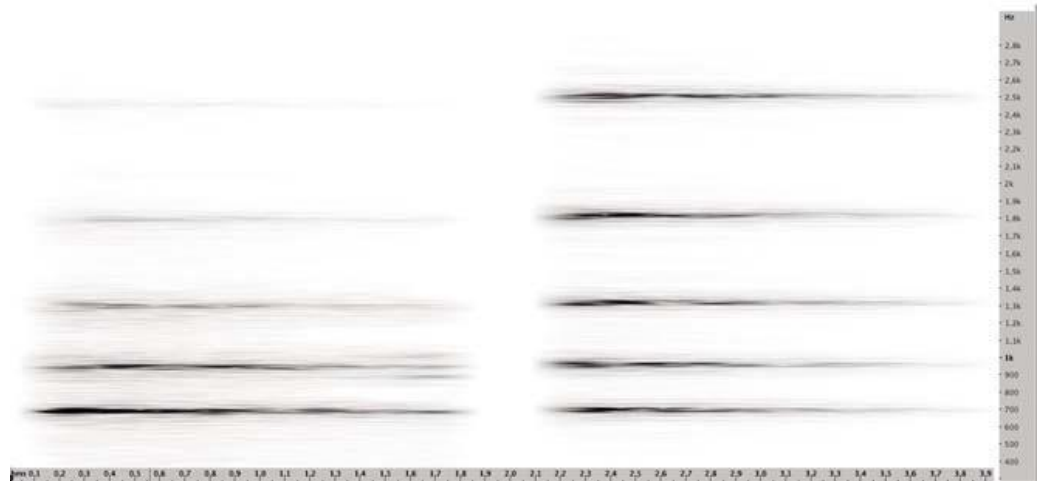
È quindi possibile risalire alla effettiva dinamica di ogni mistura, quale si ascolta o si osserva nella registrazione finale? Consideriamo che il compositore

*Indagine sui processi
di sintesi del suono
in Studie II di
Stockhausen -
Salvatore Carannante*

controllò a mano – cioè ad orecchio – le curve di involuppo, imponendole peraltro a suoni in cui l'effettiva ampiezza delle cinque parziali era stata certamente influenzata dalla non linearità della riverberazione. Possiamo dunque dire che è impossibile stabilire quali siano stati i reali andamenti dinamici, nonostante i dati della partitura.

2.3 Distribuzione spettrale delle misture

Un'altra considerazione per noi importante, come già implicito in quanto si accennava sopra, è la differente energia alle frequenze di ciascuna mistura. Stockhausen dichiara che l'ampiezza delle cinque componenti è la stessa. In base ad osservazioni basate sull'analisi digitale del suono e sul sonogramma risultante si può notare che le frequenze elevate hanno, in generale, minor energia rispetto a quelle più gravi. Ad esempio, si consideri la figura 5:



[Fig. 5]

*Indagine sui processi
di sintesi del suono
in Studie II di
Stockhausen -
Salvatore Carannante*

si tratta del primo suono del brano (corrispondente alla mistura 67 tra quelle elencate da Stockhausen); si può confrontare il sonogramma dell'originale (a sinistra) e quello del suono che dovrebbe risultare secondo i dati della partitura (a destra); si vede bene, nel secondo sonogramma, la maggior presenza di energia alle parziali superiori. Analoghi riscontri si ottengono analizzando altre misture (le differenze sono ovviamente più facilmente riscontrabili per misture a spettro più largo). Vi è anche un caso particolare in cui una delle cinque frequenze manca del tutto dalla effettiva realizzazione: è il caso della mistura 80, a pagina 26 della partitura (fig.6), dove manca la componente di 690 Hz (peraltro una delle più ricorrenti nel brano). Da cosa dipendono queste differenze? Il problema potrebbe essere relativo alla camera di riverberazione, come indicato sopra, cioè alla sua risposta in frequenza ma ci si dovrebbe chiedere anche quali mezzi Stockhausen abbia utilizzato per riprodurre e registrare il suono, dentro la camera stessa.

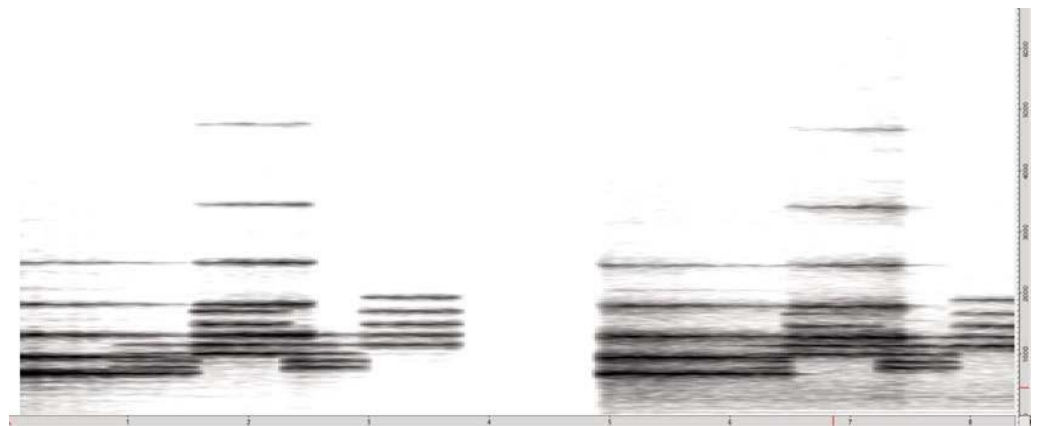


[Fig. 6]

*Indagine sui processi
di sintesi del suono
in Studie II di
Stockhausen -
Salvatore Carannante*

Secondo Gottfried Michael Koenig, la camera di riverberazione in uso allo studio di Colonia nel 1953-54 permetteva un tempo di riverberazione che poteva estendersi fino a 11 secondi (Morawska-Bungeler, 1988, p. 45). Un altro protagonista delle attività dello studio di Colonia, Robert Beyer, affermava: «mandavamo il suono nella stanza di riverberazione, dove veniva diffuso da altoparlanti [al plurale] e rinviato [nello studio] mediante microfono» (ibid.). Non sappiamo né di che tipo di altoparlanti né di che tipo di microfono si trattasse. L'elenco delle attrezzature presenti a Colonia riportato in (Morawska-Bungeler, 1988, p.111 e sgg.) non fa menzione degli altoparlanti e dei microfoni adoperati, né in relazione alla dotazione tecnica dello studio nel 1954, né in relazione alle attrezzature in dotazione successivamente (vengono indicati solo generatori di suono, filtri e processi di trasformazione, e registratori).

Rispondere ai quesiti che ci stiamo ponendo è davvero improbo in assenza di informazioni precise sulle tecnologie impiegate. L'unica strada, per conseguire esiti di ricerca attendibili, sebbene assai empirici, consiste nel fidarsi della registrazione di *Studie II* (o meglio della copia digitale pubblicata da Stockhausen) e nello provarne attentamente la risintesi.

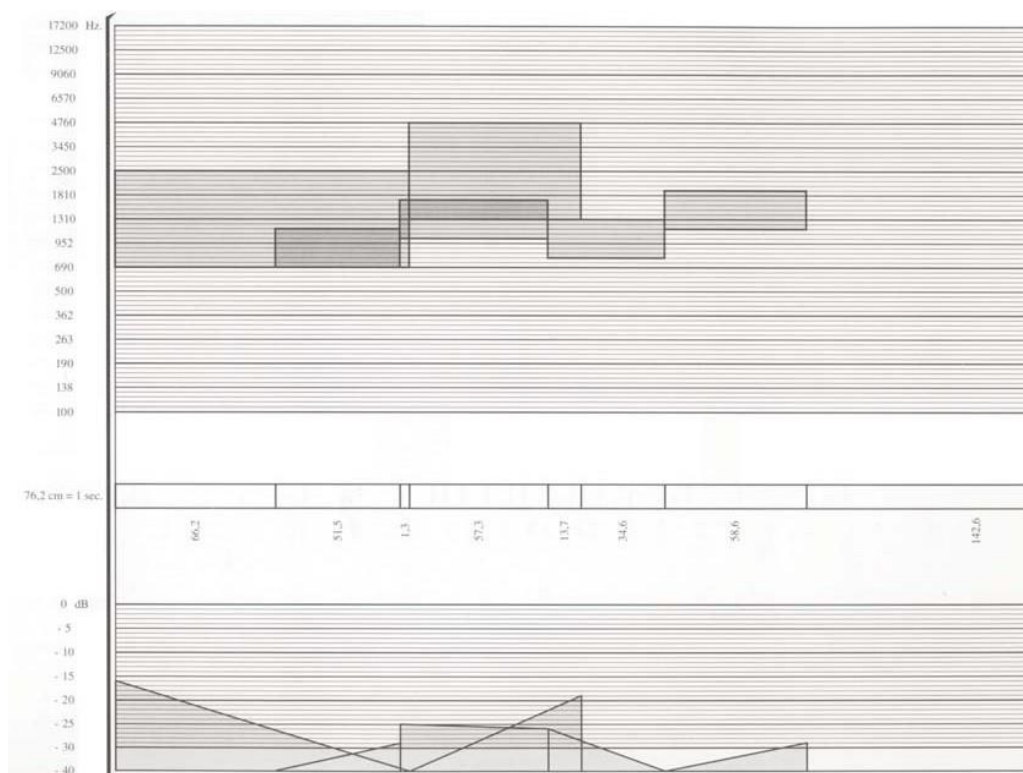


[Fig. 7]

[divulgazione audiotestuale]

*Indagine sui processi
di sintesi del suono
in Studie II di
Stockhausen -
Salvatore Carannante*

In figura 7 si osserva, a sinistra, il sonogramma della nostra risintesi (con procedimenti descritti più avanti) dei primi quattro secondi del brano, mentre a destra c'è il sonogramma del frammento corrispondente ricavato dalla registrazione del compositore. Le misture sono (in ordine di apparizione) quelle che Stockhausen indica, nella legenda della sua partitura, coi numeri 67, 136, 139, 109, 137 e 140. La figura 8 ne illustra la disposizione in partitura.



[Fig. 8]

I risultati ottenuti nella risintesi sono abbastanza assimilabili ai corrispondenti originali. Ciò accade perché si sono qui introdotti, nel processo di risintesi, accorgimenti atti ad avvicinarsi maggiormente l'esito al suono conseguito da Stockhausen nella pratica di studio, cioè senza attenersi ai soli dati di partitura.

*Indagine sui processi
di sintesi del suono
in Studie II di
Stockhausen -
Salvatore Carannante*

Decisivo, per aspetti che vedremo, è stata l'introduzione di filtri passa-basso (due filtri di tipo Butterworth in serie, con frequenza di taglio pari alla frequenza più grave della mistura).

2.4 Durata delle misture

Degli involuppi d'ampiezza applicati da Stockhausen alle sue misture, conosciamo solo il corrispondente grafico in partitura. Se volessimo attenerci ad esso, tutte le misture con attacco "istantaneo" naturalmente dovrebbero iniziare con una discontinuità nel segnale (un artificio dal suono impulsivo, un tok per intenderci). Nella registrazione in realtà nessun evento sonoro presenta artefatti del genere. Bisogna quindi ipotizzare che il compositore, come per i cinque brevissimi segmenti all'origine di ogni mistura, anche qui abbia imposto un breve taglio obliquo del nastro (iniziale e finale) di cui però non abbiamo notizia. È difficile essere certi di quanto si può osservare empiricamente in proposito, ma non si può non segnalare che, analizzando nella registrazione alcune misture isolate (cioè suoni non sovrapposti ad altri, preceduti da silenzio e seguiti da silenzio), si riscontrano sempre brevi segmenti di "assolvenza" (fade-in) e "dissolvenza" (fade-out), con durate variabili tra 0.007" e 0.016". Ciò si riscontra anche alla fine dei suoni aventi profilo dinamico complessivamente in crescendo (per esempio, la mistura 95, isolata alla fine di pagina 15 in partitura, cioè a 109.64" dall'inizio). In più, ad un'attenta osservazione, e con precise misurazioni alla mano, ci si rende conto che nessuno dei suoni nella registrazione di Stockhausen corrisponde precisamente alla durata prescritta in partitura (espressa in centimetri). Si può supporre che il compositore, a fine lavorazione, abbia reinserito in camera di riverberazione il brano interamente montato.

*Indagine sui processi
di sintesi del suono
in Studie II di
Stockhausen -
Salvatore Carannante*

Possono queste piccole code di suono, come d'altra parte le variazioni dovute al controllo manuale ("ad orecchio") delle curve di involuppo, rappresentare le «sfumature» o «i moti dell'animo» cui allude Stockhausen nell'intervista citata in apertura?

2.5 Durata del brano

Sommando tutte lunghezze (intervalli temporali) riportate in partitura, si ottiene la lunghezza totale del brano. Dividendo il tutto per la velocità del magnetofono si ottiene la durata:

$$\text{durata totale} = 13438.6 \text{ cm} / 76.2 \text{ cm/sec} = 176.359''$$

La durata della registrazione (cioè della copia digitale pubblicata nel 1992) è di 179.303" (2 min., 59 sec. 303 msec.). La differenza insomma è di quasi tre secondi (2.944"). Naturalmente si può spiegare la differenza, che non è trascurabile, in molti modi diversi: ipotizzando che gli operatori della Stockhausen Verlag abbiano fatto una copia digitale del nastro magnetico realizzato nel 1954 (Stockhausen dichiarava di aver acquisito i nastri dei propri lavori dalla WDR), si può ben pensare che nel passaggio dall'analogico al digitale vi siano state incongruenze di velocità tra mezzi di riproduzione analogici e mezzi di registrazione digitale: è altresì improbabile che nel trasferimento sia stato utilizzato il medesimo magnetofono usato dal compositore nel 1954, ed è improbabile che la taratura del magnetofono effettivamente usato in riproduzione nel riversamento in digitale fosse perfettamente identica alla taratura del magnetofono utilizzato nel 1954. Se poi la registrazione analogica trasferita dal compositore in digitale nel 2000 era a sua volta non l'originale ma una copia, la questione diventa ancor più complicata.

*Indagine sui processi
di sintesi del suono
in Studie II di
Stockhausen -
Salvatore Carannante*

In effetti, durante la nostra indagine si è notata una leggera diversità di “intonazione” tra le misture originali e quelle ottenute mediante risintesi, in particolare nel caso di misture a spettro molto largo (risulta problematico, per le limitazioni tipiche dell’analisi del suono con mezzi digitali, esaminare in dettaglio le misture a banda stretta). Da qui è nata l’idea di fare un esperimento, ricampionando l’intera registrazione e imponendogli la durata corrispondente a quella indicata in partitura (176.359"), con corrispondente verifica dell’intonazione.

Il risultato è certo più vicino a quello del compositore, pur conservandosi ovviamente tutte le differenze di distribuzione spettrale di cui si è detto.

3. Sintesi digitale

La nostra indagine non mirava a rifare *Studie II* interamente in digitale, come hanno provato a fare altri autori (Menezes, 1999; de Sousa Dias, 2007; Hadju, 2011). L’intenzione, come s’è visto, era piuttosto quella di seguire il processo costruttivo del suono passo dopo passo, avanzando ipoteticamente nell’ordine di successione seguito nella realizzazione da parte del compositore.

L’algoritmo codificato in linguaggio CSOUND, proposto qui sotto, formalizza il processo di sintesi delle misture (sommatoria mediante riverberazione, con particolare distribuzione nello spettro del suono risultante). Esso quindi non genera i suoni che si ascoltano nel lavoro (vale a dire, misture dotate di inviluppo di ampiezza e durata), per ottenere i quali bisognerà invece procedere coi successivi passi di elaborazione: prelevare dal suono sintetizzato un frammento di durata adeguata, tagliandolo in modo conveniente, ripeterlo ad anello, e imprimere infine la curva d’ampiezza al suono ottenuto (tutti passaggi che comportano un certo numero di variabili non specificate da Stockhausen). Questi passi ulteriori potrebbero in teoria essere compiuti mediante programmazione al computer, applicando con rigore le indicazioni della partitura. Tuttavia nel nostro lavoro si è

*Indagine sui processi
di sintesi del suono
in Studie II di
Stockhausen -
Salvatore Carannante*

preferito affrontarli con operazioni “manuali” di trattamento audio digitale, e ciò proprio per quanto osservato nelle pagine precedenti, per la pluralità di motivi da cui può originarsi la mancata corrispondenza tra notazione e realizzazione da parte del compositore.

Inoltre, come anticipato di passaggio, l’algoritmo proposto prevede il filtraggio passa-basso (per ottenere suoni di spettro esattamente corrispondente ai dati di partitura, basterà togliere le istruzioni dedicate al filtraggio – BUTTRLP e BALANCE – e modificare di conseguenza il codice). L’esito permette di confrontare in stereofonia la sequenza dei cinque frammenti (canale sinistro) e l’effettiva sommatoria che avviene mediante riverberazione (canale destro).

```
instr      1

; blank tape = 0.26

itape     = 0.052; on oscil time = 4cm(tape length) / 76.2cm(tape speed)
ifade     = 0.020; oblique cut of tape

k1        linseg  0, ifade/2, 1, itape-ifade, 1, ifade/2, 0, 4*itape, 0
k2        linseg  0, itape, 0, ifade/2, 1, itape-ifade, 1, ifade/2, 0, 3*itape, 0
k3        linseg  0, 2*itape, 0, ifade/2, 1, itape-ifade, 1, ifade/2, 0, 2*itape, 0
k4        linseg  0, 3*itape, 0, ifade/2, 1, itape-ifade, 1, ifade/2, 0, itape, 0
k5        linseg  0, 4*itape, 0, ifade/2, 1, itape-ifade, 1, ifade/2, 0

a1        oscili  k1, p4, 1
a2        oscili  k2, p5, 1
a3        oscili  k3, p6, 1
a4        oscili  k4, p7, 1
a5        oscili  k5, p8, 1
asum      =      (a1+a2+a3+a4+a5)*3780

arev      nreverb asum, 10, 0

afilt0    butterlp arev, 607
afilt1    butterlp afilt0, 607
amixtur   balance afilt1, arev

aout      =      asum+amixtur
          outs   asum, aout
          endin

f1 0 32768 10 1
i1 0 10 607 690 785 893 1010; mixtur 98
```


Indagine sui processi
di sintesi del suono
in *Studie II* di
Stockhausen -
Salvatore Carannante

4. Altri esempi

Dopo il tentativo condotto all'EMS di Stoccolma, più recentemente si sono avuti altri progetti di ricostruzione di *Studie II*. Abbiamo segnalato per esempio quello di Flo Menezes (1999) e quello di Antonio de Sousa Dias (2007), entrambi basati su CSOUND (de Sousa Dias propone anche una realizzazione con MaxMSP). Inoltre, si può segnalare anche la realizzazione con MaxMSP descritta in (Hajdu, 2011).

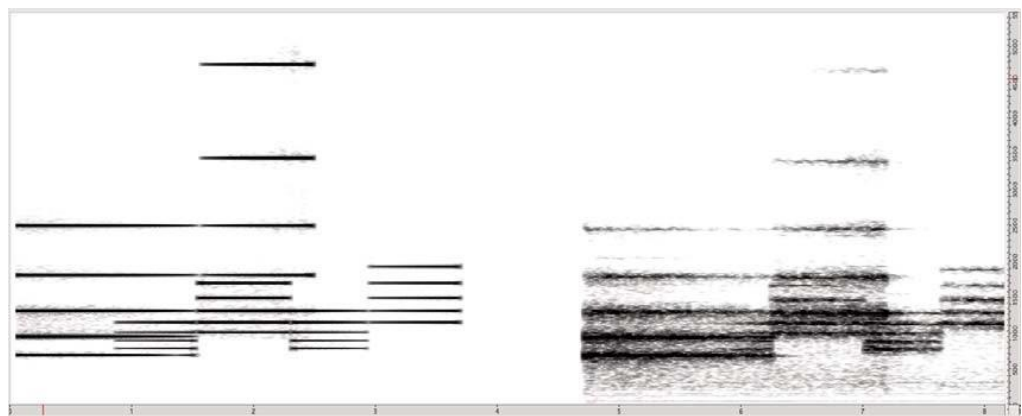
In questi tentativi (presumibilmente anche in quello di Stoccolma, ma non possiamo esserne certi), il processo di sintesi del suono che sta alla base di *Studie II* viene considerato omologo, o proprio identico, ad un processo di “sintesi additiva”: la sommatoria di 5 parziali sinusoidali ciascuna avente una certa frequenza (indicata dal compositore, a partire dalla scala di 81 valori che egli costruisce ed espone nell'introduzione della partitura, p. IV dell'edizione 1956) e di ampiezza uguale. L'assimilazione però appare arbitraria: la complessità del fenomeno di riverberazione (del tutto “naturale”, anche se avente luogo in una “camera di riverberazione” costruita allo scopo) non fu certo esente dal contribuire in modo decisivo alla qualità del suono, sia per via dell'inerente non linearità della risposta in frequenza (ne abbiamo riscontro nelle osservazioni fatte sopra), sia perché il materiale sottoposto a riverberazione fu costituito da suoni che, per quanto “sinusoidali”, erano brevissimi e non certo privi di modulazioni – quali in effetti vanno considerati i brevissimi segmenti di fade-in e fade-out. Tutti fenomeni che in ogni caso determinano uno spettro più ricco ed esteso rispetto alla semplice senoide. Va considerato, inoltre, che nel limitarci a tali osservazioni, stiamo lasciando da parte l'improbabile eventualità che il nastro riprodotto nella “camera di riverberazione” fosse del tutto privo di rumore di fondo, e che gli altoparlanti usati per quello stesso scopo fossero del tutto esenti da non linearità.

L'algoritmo esposto sopra segue invece, come dicevamo, il processo messo a punto da Stockhausen, e pur non potendo ricostruire con precisione le condizioni relative alla riverberazione, rappresenta potenzialmente una base preferibile per una

*Indagine sui processi
di sintesi del suono
in Studie II di
Stockhausen -
Salvatore Carannante*

risintesi di *Studie II*, una base informata alla prassi seguita dal compositore nel 1954, e non limitata alla formalizzazione (e semplificazione) che egli stesso ne dette nella partitura. Certi aspetti dell'algoritmo evidentemente meriterebbero un approfondimento, in particolare, appunto, a riguardo della riverberazione. Per brevità non possiamo occuparcene in questa sede.

In figura 9 è riportato il sonogramma della ricostruzione dei primi quattro secondi del brano realizzata da Menezes (a sinistra), a confronto con il segmento corrispondente preso dalla registrazione di Stockhausen (a destra). In figura 10, il confronto viene fatto tra la ricostruzione di quello stesso passaggio effettuata da de Sousa Dias (a sinistra). Nella figura successiva (fig.11), infine, il confronto viene ripetuto basandoci sul nostro algoritmo. È evidente dal sonogramma (ma anche all'ascolto) come in quest'ultimo caso il risultato sia più prossimo all'originale, con la sua distribuzione ineguale di energia ai vari registri di frequenza, per via non solo del filtraggio introdotto, ma anche della risposta in frequenza del processo di riverberazione messo in gioco.

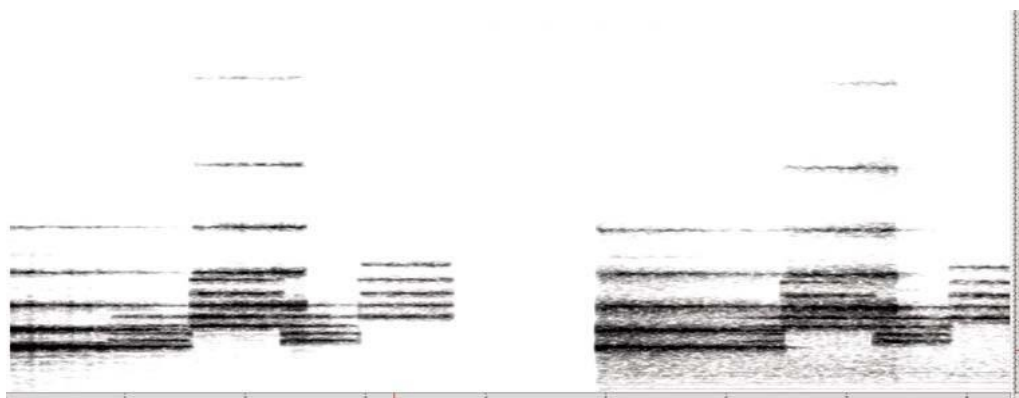


[Fig. 9]

*Indagine sui processi
di sintesi del suono
in Studie II di
Stockhausen -
Salvatore Carannante*



[Fig. 10]



[Fig. 11]

* Questo articolo è apparso inizialmente nella rivista *Le Arti del Suono*, n.6, 2012. Lo ripubblichiamo qui per gentile disponibilità della direzione e della redazione della rivista; si veda <http://leartidelsuono.altervista.org/>

*Indagine sui processi
di sintesi del suono
in Studie II di
Stockhausen -
Salvatore Carannante*

Bibliografia

BODIN, L.G. (1988) libretto del CD *Electro-Acoustic Music From Sweden* (volume 1 and 2, Phono Suecia PSCD 4);

de SOUSA DIAS, A. (2007) “Deux contributions à la pédagogie de la musique électroacoustique et de l’informatique musicale”, in *Actes des Journées d’Informatique Musicale*, Università di Lione;

GALANTE, F. E SANI, N. (2000) *Musica espansa*, Lucca: LIM;

GROTH, S.K. (2008) “The Stockholm Studio EMS during it’s Early Years”, relazione presentata alla conferenza annuale dell’*Electroacoustic Music Studies Network*, Parigi;

MORAWSKA-BUNGELER, M. SCHWINGENDE ELEKTRONEN (1988) *Eine Dokumentation uber das Studio für Elektronische Musik des WDR in Koln, 1951- 1986*, Tonger Verlag: Colonia;

TANNENBAUM, M. (1985) *Intervista sul genio musicale*, Laterza: Bari.

*Indagine sui processi
di sintesi del suono
in Studie II di
Stockhausen -
Salvatore Carannante*

Sitografia

de SOUSA DIAS, A. (2007), www.sousadias.com

HAJDU, G. (2011), <http://georghajdu.de/6-2/studie-ii/>

MENEZES, F. (1999), www.flomenezes.mus.br/flomenezes/index_flomenezes.htm