

Capitolo 1

Musica Informatica e Teoria Musicale

Alvise Vidolin

Copyright ©1999 by Alvise Vidolin. All rights reserved.

1.1 Dalla musica elettronica alla musica informatica

1.1.1 Introduzione

Sotto il termine musica elettronica vengono spesso raggruppate esperienze musicali molto diverse fra loro: diverse come linguaggio musicale, metodologia compositiva, concezione estetica, organico di apparecchiature e strumenti impiegati, tecnica esecutiva, scelta di pubblico e funzione sociale della musica, scelta del luogo e dello spazio di ascolto, ecc. Tali esperienze, comunque, trovano un denominatore comune nell'utilizzazione dei mezzi elettroacustici e nell'accettazione del pensiero tecnologico-scientifico come supporto concettuale alla realizzazione dell'opera per diventare talvolta fonte di stimoli prettamente musicali. La musica elettronica, comunque, non nasce tanto per la spinta egemonica della cultura scientifica rispetto a quella umanistica, quanto per un processo di convergenza che è maturato nel corso della prima metà del novecento e che ha cominciato a dare i primi frutti nel secondo dopoguerra. Già alla fine del secolo scorso troviamo in maniera sempre più frequente accavallarsi visioni profetiche, dimostrazioni scientifiche, sperimentazioni musicali, innovazioni tecnologiche, esposizioni di esigenze, azzeramenti e formulazioni di nuove teorie che si possono considerare le premesse all'esperienza elettronica.

1.1.2 Musica concreta e musica elettronica

È dagli anni '50, comunque, che si comincia a parlare di musica concreta, musica elettronica, tape music. I luoghi di nascita sono Parigi, Colonia, alcuni centri dell'America, seguiti da numerosi altri Studi che, spesso all'interno di emittenti radiofoniche, continuano tale esperienza apportando, com'è il caso dello Studio di Fonologia della Rai di Milano, un contributo originale e determinante. A Parigi, rifacendosi alle proposte di Russolo e di Varese, si elabora elettronicamente qualsiasi materiale sonoro preesistente, sia rumore che musica tradizionale, per costruire, con una tecnica che sa molto del collage, opere musicali definite concrete che segnano un primo momento di rottura con il processo evolutivo della musica occidentale, basata essenzialmente sul controllo dei parametri altezza e durata.

A Colonia viene rivolta l'attenzione esclusivamente ai mezzi elettronici, con un rigore che deriva da un lato da Schoenberg e Webern e dall'altro dalla prassi della ricerca scientifica. Più che arrivare alla musica attraverso una "selezione" (dal rumore), si è preferito determinarla per mezzo della "costruzione", partendo dall'onda sinusoidale ed agendo con una mentalità totalmente strutturalista. Queste impostazioni opposte, e in un certo senso complementari di Colonia e Parigi, sono presenti negli studi che sorgono negli anni successivi in Europa e nel mondo, trovando spesso anche un giusto equilibrio e un naturale sviluppo. In questi anni il compositore lavora artigianalmente operando soprattutto con i magnetofoni, mediante tagli di nastro, sovrapposizioni di eventi sonori con successivi missaggi, variazioni di velocità dello scorrimento del nastro, ecc. Gli elettronici puri ottengono il materiale sonoro da pochi generatori di forme d'onda o dal rumore bianco. I concretisti lo ottengono soprattutto mediante registrazione con microfono. In generale manca un sistema di notazione musicale in quanto non è necessario eseguire più volte l'opera, fissata una volta per tutte su nastro magnetico. Ciò che Edgar Varese auspicava nel 1922, "Il compositore ed il tecnico dovranno lavorare insieme", finalmente si realizza. Inizia una ricerca interdisciplinare sia nel campo degli strumenti elettronici che nel campo della percezione e dell'acustica. Gli anni '50 sono dominati da un clima di entusiasmo avveniristico: il superamento dello strumento meccanico e dei suoi condizionamenti storici; l'apertura di infiniti campi di indagine non più limitati dalle dodici note del sistema temperato; il contatto diretto del compositore con il materiale sonoro; l'eliminazione - almeno teorica - dell'esecutore e della trasmissione del pensiero musicale attraverso un metalinguaggio quale la partitura; la fiducia nella tecnologia, nella matematica, nella logica e nella scienza in genere.

Superato l'entusiasmo iniziale, molti compositori si rendono conto che le infinite possibilità teoriche offerte dai mezzi elettronici sono notevolmente ridotte in fase di realizzazione pratica e che certe costruzioni formali non sono assolutamente percepite da orecchi viziati da secoli di musica acustica. Le apparecchiature usate sono poco docili alla volontà del musicista in quanto costruite per altre applicazioni, e la mole di lavoro richiesta per la realizzazione dell'opera molto spesso non viene ripagata dal risultato finale. Va aggiunto che il compositore si muove su un terreno a lui sconosciuto, come d'altra parte il pubblico non trova la chiave di lettura delle opere proposte, limitandosi spesso all'ascolto degli aspetti più eclatanti e marginali.

1.1.3 Dagli automatismi al sintetizzatore

Assistiamo così negli anni '60 ad un lento ma graduale processo di integrazione fra musica elettronica e musica strumentale ed allo sviluppo della cosiddetta musica mista caratterizzata da composizioni per strumenti e nastro magnetico, oppure con elaborazioni dal vivo dei suoni acustici per mezzo di apparecchiature elettroniche. Anche composizioni per un organico tradizionale risultano influenzate dalle esperienze elettroniche e dall'approfondimento teorico sui processi musicali che ne è seguito. Coloro che rifiutano questo ritorno al "meccanico" si dedicano ad uno studio sistematico delle possibilità offerte dai mezzi elettronici, inventando nuove tecniche compositive e perfezionando quelle già in uso. Una innovazione tecnologica di enorme importanza si affianca alle possibilità operative già esistenti: il voltage control che apre la strada ai processi automatici di generazione dei suoni. Nascono i primi sintetizzatori che tendono a raggruppare le principali apparecchiature di uno Studio in un unico strumento. Se da un lato il sintetizzatore si è rivelato essere riduttivo rispetto agli insiemi di apparecchiature specializzate, dall'altro, per le sue caratteristiche di trasportabilità ed i costi relativamente contenuti, ha permesso sia il sorgere di laboratori privati sia l'esecuzione dal vivo e quindi un'interazione più diretta con il pubblico. Grazie a tali peculiarità, il sintetizzatore viene utilizzato anche dal mondo della musica jazz e pop condizionandone pesantemente l'evoluzione, tanto che la

produzione industriale dei successivi modelli viene sempre piú orientata verso la simulazione degli strumenti tradizionali acustici ovvero integrando nell'organo elettronico i piú eclatanti effetti speciali.

1.1.4 La musica elettroacustica

Negli anni '60 le vecchie diatribe fra musicisti "concreti" e puristi "elettronici" sono già abbondantemente superate ed il termine piú appropriato per identificare la musica prodotta utilizzando sia materiali acustici che sintetici sembra essere quello di musica elettroacustica. Quando viene prodotta in studio, ossia in tempo differito, si sopperisce alla mancanza del rapporto esecutore-pubblico inventando altre forme di spettacolo o di applicazione. Pur rimanendo sempre valida l'ideologia che poneva il mezzo radiofonico come veicolo privilegiato per la diffusione di massa della musica creata in laboratorio, aumentano i rapporti con le forme artistiche della visione, quali film e video; con il teatro ed il balletto; si compongono musiche per la sonorizzazione di specifici spazi architettonici, si inventano forme di spettacolo concettuale con i suoni e viene recuperato il vecchio legame fra musica e poesia anche se trasformato completamente sotto l'aspetto fonologico.

1.1.5 L'elaboratore elettronico

Sotto il profilo storico l'elaboratore viene utilizzato in musica ancora negli anni '50 in un campo che é molto piú vicino all'intelligenza artificiale che alla liuteria elettronica. Le prime ricerche, infatti, non mirano alla produzione dei suoni bensí alla generazione automatica di partiture eseguibili dagli strumenti tradizionali. Infatti il computer, grazie alle sue capacità logiche di elaborazione dell'informazione, può immagazzinare regole musicali e "comporre" in maniera automatica seguendo, in genere, metodi aleatori. Nasce cosí la musica stocastica e si sviluppano le ricerche nella direzione della composizione automatica. Parallelamente si studia come rappresentare il suono in forma numerica ed avvalersi dell'elaboratore nella generazione sintetica di fenomeni acustici. Verso la fine degli anni '60 il computer diventa uno strumento musicale molto versatile in grado di produrre qualsiasi sonorità che potesse venire descritta in termini formali. Cambia completamente il modo di pensare e di realizzare la musica e si inizia un serio lavoro di ricerca su basi scientifiche coinvolgendo parecchie discipline quali la fisica acustica, la psicoacustica, la matematica, la scienza dell'informazione, l'elettronica digitale, ecc. Se per i pionieri della musica elettronica le sedi di sperimentazione erano gli studi radiofonici, i ricercatori di computer music lavorano nei centri di calcolo e nei laboratori di ricerca universitari. All'approccio artigianale delle prime esecuzioni con i mezzi analogici si contrappone ora la rigorosa metodologia imposta dall'elaboratore, per cui i compositori ricominciano a scrivere la musica attraverso una partitura, anche se completamente diversa da quella tradizionale.

1.1.6 Il live electronics

La musica generata mediante computer con le tecnologie degli anni '70 doveva essere necessariamente registrata su nastro magnetico per l'ascolto in pubblico, in quanto gli elaboratori utilizzati erano di grosse dimensioni e intrasportabili. Questo entrava in conflitto con le esigenze dello spettacolo musicale e riportava la computer music nella stessa dimensione esecutiva della musica elettronica degli anni '50. Di conseguenza, se le potenzialità foniche dei mezzi digitali erano enormemente superiori a quelle della precedente generazione analogica, per molti compositori l'ascolto di lavori per nastro solo non era assolutamente soddisfacente mentre l'esecuzione di musiche miste, per strumenti e nastro, restava vincolata dalla tirannia temporale del supporto magnetico. Il live-electronics, invece, consente all'esecutore tradizionale di interagire con il mezzo elettronico durante l'esecuzione stessa per cui il

suono acustico e la sua immediata trasformazione elettroacustica diventano la base della composizione musicale. L'esecutore, o il cantante, si trova a suonare uno strumento completamente nuovo, composto dalla parte tradizionale e dalla estensione elettronica la quale può variare notevolmente, anche nel corso dell'esecuzione, in dipendenza dal processo di elaborazione effettuato. Viene richiesta quindi una nuova sensibilità musicale tipicamente basata sull'ascolto e sulla capacità di trasformare la prassi esecutiva in relazione al contesto elettronico. I sistemi tecnologici utilizzati nel live-electronics sono chiamati sistemi ibridi in quanto utilizzano apparecchiature elettroniche analogiche controllate mediante processori numerici. Generalmente la parte analogica effettua le operazioni di trasformazione, miscelazione, amplificazione e diffusione dei segnali acustici mentre la parte digitale svolge le azioni di collegamento fra le varie apparecchiature e le variazioni automatiche di taluni parametri di controllo dei dispositivi di trattamento del suono. Nelle esecuzioni dal vivo è di fondamentale importanza la regia del suono che sovrintende l'esecuzione e tutti i processi di elaborazione e spazializzazione dei suoni.

1.1.7 Musica informatica in tempo reale

Grazie al progresso della tecnologia digitale, verso la fine degli anni '70 molte funzioni che potevano essere realizzate con i sistemi ibridi visti in precedenza possono ora essere effettuate per via numerica utilizzando particolari computer appositamente progettati per la composizione e l'esecuzione della musica in tempo reale. Si può così ottenere in tempo reale ciò che con gli elaboratori in tempo differito richiedeva un tempo d'attesa più o meno lungo, e, per di più, si può intervenire direttamente sul suono nel momento stesso in cui viene generato ovvero sulla trasformazione di eventi acustici esterni. In altre parole si può pensare la musica senza l'intermediazione del nastro magnetico e/o le limitazioni del mezzo analogico, sfruttando, parallelamente, le possibilità del live-electronics, della generazione numerica del suono e della intelligenza artificiale in un ambiente compositivo/esecutivo integrato. Ovviamente questo è il campo di ricerca dei nostri giorni e molti compositori si stanno muovendo in questa direzione. Forse è troppo presto per dire se questa è la strada del futuro, sicuramente è quella dell'oggi.

1.1.8 BIBLIOGRAFIA

Testi in italiano

AA.VV., *La Musica Elettronica*, a cura di Henri Pousseur, Milano, Feltrinelli, 1976.

AA.VV., *Musica e Elaboratore*, a cura di Alvisé Vidolin, Venezia, 1980, ed. La Biennale di Venezia; distribuzione Vallecchi, Firenze.

Branchi Walter, *Tecnologia della Musica Elettronica*, Cosenza, Lerici, 1977.

Gentilucci Armando, *Introduzione alla Musica Elettronica*, Feltrinelli, Milano, 1976.

Haus Goffredo, *Elementi di Informatica Musicale*, Milano, Editoriale Jackson, 1984.

Prieberg Fred, *Musica ex Machina*, Einaudi, Torino, 1963.

Raccolte in italiano

Atti del II Colloquio di Informatica Musicale, Milano, 1977. Richiedere a: Goffredo Haus, Istituto di Cibernetica, via Viotti 5, 20133 Milano.

Atti del III Colloquio di Informatica Musicale, Padova, 1979. Richiedere a: Giovanni De Poli, C.S.C. Università di Padova, via San Francesco 11, 35100 Padova.

Atti del IV Colloquio di Informatica Musicale, Pisa, 1981. Richiedere a: Libreria del CNUCE via S. Maria 36, 56100 Pisa.

Atti del V Colloquio di Informatica Musicale, Ancona, 1983. Richiedere a: Luciana Martino, Università di Ancona, Facoltà di Ingegneria, via della Montagnola, 60100 Ancona.

Atti del Convegno "Musical Grammars and Computer Analysis, a cura di M. Baroni e L. Callegari, Firenze, Olschki, 1984. Richiedere a: Edizioni Olschki, viuzza del Pozzetto, 50100, Firenze.

Automazione e Strumentazione, rivista mensile dell' ANIPLA, n.2, 1980; numero interamente dedicato all'informatica musicale. Segreteria: viale Premuda 2, 20129 Milano.

Bibliografia nazionale di Informatica Musicale, a cura di Herold Roberto, Notiziario Musicale n.4 del CIDIM, 1984. Richiedere a: CIDIM, Via Vittoria Colonna, 18, Roma.

LIMB (Quaderni 1,2,3,4,5), bollettino del Laboratorio per l'Informatica Musicale della Biennale di Venezia, anni 1981,82,83,84,85. Richiedere a: LIMB, c/o ASAC, Cá Corner della Regina, S. Croce 2214, 30125 Venezia.

Informatica: Musica/Industria, Quaderni di M/R 1, Milano, UNICOPLI, 1983. Richiedere a: Edizioni UNICOPLI, via Bonghi 4, 20141 Milano.

Numero e Suono, catalogo della International Computer Music Conference, Venezia, ed. La Biennale di Venezia, 1982. Distribuito da: ERI - Edizioni RAI, via del Babuino 51, 00187 Roma.

Studi Musicali, pubblicazioni della Divisione Musicologica del CNUCE, via S. Maria 36, 56100 Pisa.

Testi in lingua straniera

Appleton Jhon, Perera Ronald, The Development and Practice of Electronic Music, Prentice Hall, Englewood Cliff, N.J., 1975.

Bateman Wayne, Introduction to Computer Music, New York, John Wiley & Sons, 1980.

Chamberlain Hal, Musical Applications of Microprocessors, Rochelle Park, New Jersey, Hayden Book Company Inc., 1981.

Chion Michael, Reibel Guy, Les Musiques Electroacoustiques, Edisud, Paris, 1976.

Eimert Herbert, Humpert Hans Ulrich, Das Lexicon der elektronischen Musik, Gustav Bosse Verlag, Resensburg, 1973.

Howe Hubert jr., Electronic Music Synthesis: concepts, facilities, and techniques, Dent & sons, London, 1975.

Mathews Max V., The Technology of Computer Music, Cambridge, Mass., MIT Press, 1969.

Schaeffer Pierre, Traité des Objets Musicaux, Le Seuil, Paris, 1966.

Schwartz Elliott, Electronic Music: a listener's guide, Praeger, New York, 1973.

Riviste specializzate

Computer Music Journal, MIT Press, Cambridge, Mass., USA.

Interface: Journal of New Music Research, Swets Pub., Amsterdam.

Cahiers de recherche/musique, INA-GRM, 116 Avenue du President Kennedy, 75016 Paris.

Rapports IRCAM, IRCAM, 31 rue Saint Merri, 75004 Paris.

La Musica Elettronica, EDICAR, via Ortica 27, 20134 Milano.

Quaderni di Informatica Musicale, Studio Edgar Varese, via Caboto 31, 65100 Pescara.

1.2 Musica Informatica

1.2.1 Introduzione

Con lo sviluppo delle tecnologie multimediali la musica è diventata una delle fonti d'informazione trattate dall'informatica, al pari dei numeri, dei testi, della grafica e della visione. Ciò ha favorito lo sviluppo di importanti applicazioni in campo musicale e ha portato i sistemi informatici a diventare

uno "strumento" musicale di riferimento, come lo fu il pianoforte nel XIX secolo. Il termine strumento non ha qui l'accezione musicale corrente, in quanto il complesso delle funzioni svolte dai sistemi informatici è molto più ampio di quello di uno strumento tradizionale. L'elaboratore non genera solo suoni, ma elabora tutta l'informazione musicale, dal microlivello (il suono) al macrolivello (la forma). Ciò ha comportato una sostanziale trasformazione dei metodi del far m. con il coinvolgimento di tutti i settori: della creazione alla produzione musicale, favorendo la nascita di nuove figure professionali. Un sistema informatico completo di opportuni programmi e periferiche svolge molte funzioni musicali. è strumento musicale polifonico e politimbrico; simula i suoni degli strumenti acustici oppure diventa il mezzo per comporre nuove sonorità elettroniche; svolge le funzioni di uno studio di registrazione audio per editing, elaborazione, montaggio di suoni e di brani musicali, stampa di CD audio; viene utilizzato nell'editoria musicale, nella ricerca musicologica, nell'archiviazione e nell'esecuzione automatica di partiture. Il compositore, oltre a ciò, dispone di una grande varietà di strumenti di aiuto alla composizione che lo assistono nelle varie fasi del processo creativo e realizzativo dell'opera. Inoltre, con l'evoluzione dei sistemi informatici multimediali, molte di queste funzioni possono essere messe in stretta relazione con il mondo della grafica, del video, dello spettacolo, della realtà virtuale e delle telecomunicazioni per ottenere prodotti artistici e culturali multimediali. Infine, alcuni derivati dei progetti di ricerca o dei programmi professionali trovano un ampio consenso nel vasto mondo dei musicisti dilettanti e dell'intrattenimento informatico, alimentato dall'industria dei personal computer e dal successo di Internet. La musica informatica nasce nella seconda metà degli anni '50 seguendo all'inizio due differenti linee di ricerca: una orientata al trattamento simbolico dell'informazione musicale, studia la codifica dei testi musicali, la generazione automatica di partiture per la composizione, le tecniche informatiche di analisi musicologica; l'altra (computer music), più attenta all'aspetto acustico e percettivo della m., affronta la codifica numerica dei suoni, la progettazione dei convertitori per dotare l'elaboratore di un'interfaccia audio con l'esterno, e, quindi, le tecniche di analisi, sintesi ed elaborazione dei suoni. Fino alla fine degli anni '70 le principali ricerche si svolgono in centri di ricerca scientifica utilizzando elaboratori collettivi (mainframe) e programmi che imponevano lunghi tempi di attesa fra la formalizzazione dell'idea musicale e il suo ascolto. Nei concerti si presentavano musiche registrate su nastro che talvolta accompagnavano solisti o piccoli ensemble di esecutori tradizionali o cantanti. La mancanza di un rapporto diretto e immediato con il suono ha in parte ostacolato la produzione musicale mentre al contrario ha favorito lo sviluppo di solide basi teoriche e di alcuni programmi per la sintesi dei suoni ancora oggi utilizzati in campo scientifico e musicale. Con l'avvento degli elaboratori a monoutenza (minicomputer) i tempi di attesa diminuiscono e grazie ad essi si sviluppano i primi prototipi di sintesi e trattamento dei suoni in tempo reale utilizzando periferiche particolari. Grazie a questi nuovi sistemi in tempo reale la m. può rientrare nella tradizione dell'esecuzione dal vivo anche se al mezzo informatico viene assegnato un ruolo più ampio e soprattutto diverso da quello del singolo strumento. Si sviluppano i concerti di live electronics in cui i sistemi in tempo reale generano eventi sonori complessi o trasformano dal vivo i suoni di voci o strumenti tradizionali. Negli anni '80 due innovazioni contribuiscono alla diffusione dell'i. nel mondo musicale, specialmente nelle sue applicazioni più semplici: l'avvento dell'elaboratore personale (personal computer) e la definizione del codice di comunicazione MIDI. Quest'ultimo segna l'ingresso dell'industria degli strumenti musicali elettronici nel mondo della m.i.: nell'arco di pochi anni i sintetizzatori analogici della m. elettronica diventano obsoleti, nascono i campionatori, i sintetizzatori digitali e un'ampia gamma di dispositivi accessori di ausilio al musicista (sequencer, multiprocessori di effetti). Grazie al MIDI tali strumenti possono essere collegati fra loro creando una rete di apparecchiature digitali in cui l'elaboratore personale è spesso il cuore del sistema. I risultati della ricerca scientifica degli anni '70 vengono rapidamente trasferiti dall'industria su strumenti a basso costo ed offerti a un'ampia utenza musicale. Nel corso degli anni '90 aumenta il predominio della tecnologia digitale nella m.,

sia a livello professionale che amatoriale. L'elaboratore personale sempre più potente, amichevole ed economico viene dotato di periferiche e programmi specifici e diventa il nuovo "strumento musicale" in grado di assistere il musicista nello svolgimento delle più svariate attività: dalla ricerca astratta alla produzione commerciale. Il termine m.i. che fino alla fine degli anni '70 identificava un settore della m. contemporanea con precisi ambiti linguistici ed estetici, a partire dagli anni '80 perde progressivamente questa identità per assumere un significato di pura connotazione tecnica, data la diffusione del mezzo informatico in tutti i generi musicali.

1.2.2 Rappresentazione dell'informazione musicale

L'informazione tratta la musica con due principali forme di rappresentazione: audio, che codifica il suono in sequenze discrete di numeri; simbolica, che codifica l'informazione percettiva, esecutiva e astratta prendendo come riferimento il sistema tradizionale di notazione musicale. La codifica del suono si realizza convertendo il segnale analogico in segnale digitale, ovvero campionando la forma d'onda del suono. Tale operazione si basa su due fattori caratteristici: la frequenza di campionamento e il numero di bit con cui si rappresentano i campioni. Il primo fattore incide sulla frequenza massima rappresentabile dal segnale digitale, mentre il secondo fissa il rapporto segnale disturbo e quindi il tasso di rumore aggiunto nella fase di conversione. I valori di riferimento sono quelli del CD audio (44100 c/s, 16 bit), anche se si usano valori ridotti per la codifica della voce e per i segnali di allarme, o valori superiori per l'audio professionale di qualità. Entrambi i fattori incidono sulla quantità di informazione necessaria a rappresentare il flusso sonoro della m. Per ridurre il volume dei dati musicali si sono sviluppate efficaci forme di compressione che si basano sulle caratteristiche della percezione uditiva umana. La codifica simbolica trova nel codice MIDI il sistema più diffuso per rappresentare i gesti elementari dell'esecuzione musicale. Per la codifica del sistema tradizionale di notazione musicale esistono vari linguaggi simbolici o sistemi grafici di scrittura che si differenziano in base al tipo di applicazione: editoria musicale, analisi musicologica, aiuto alla composizione.

1.2.3 Sintesi dei suoni

La sintesi dei suoni consiste nel generare mediante un procedimento di calcolo un segnale acustico e trova due campi di applicazione musicale: la simulazione dei suoni prodotti dagli strumenti musicali tradizionali e la generazione di suoni soggetta alle scelte estetiche del musicista in quanto atto compositivo. Anche se gli obiettivi sono diversi, in entrambi i campi si utilizzano le stesse tecniche di sintesi poiché queste si fondano su basi teoriche generali. I modelli di sintesi del suono si distinguono in modelli di sorgente e in modelli di segnale. I primi simulano con il mezzo informatico il modello fisico della sorgente sonora mentre i secondi la forma d'onda che raggiunge l'ascoltatore. I modelli di segnale hanno avuto la maggiore diffusione per la loro semplicità ed efficienza computazionale. Vediamo i principali. Il modello di segnale più semplice è il campionamento, che a rigore non è un metodo di sintesi bensì una tecnica di riproduzione. Tale tecnica sta alla base degli strumenti digitali chiamati campionatori e nella simulazione di strumenti tradizionali di tipo percussivo offre buoni risultati. I suoni di uno strumento vengono campionati nei vari registri e con le principali tecniche esecutive (dinamica e gesto) in modo da creare un repertorio di campioni il più completo possibile per un dato strumento. Durante l'esecuzione viene riprodotto il suono campionato più vicino alla nota suonata, effettuando eventuali trasformazioni, quali trasposizione di altezza, variazioni di durata (looping), involuppo di ampiezza, filtraggio statico o dinamico, interpolazione fra più campioni. Alla semplicità computazionale della sintesi per campionamento corrisponde una elevata richiesta di memoria che aumenta in funzione della qualità richiesta. La sintesi additiva si basa sul teorema di

Fourier per generare suoni complessi mediante somma di suoni sinusoidali la cui ampiezza e frequenza sono variabili nel tempo. È un modello molto generale che fornisce i migliori risultati nella sintesi di suoni pseudoarmonici con basso tasso di rumore. Alla generalità si contrappone un elevato numero di parametri di controllo e una complessità computazionale che aumenta con la densità spettrale del suono. La sintesi additiva, per gli evidenti legami con l'armonia musicale, ha trovato molti esempi di applicazione nella composizione astratta di suoni. La sintesi granulare, al pari di quella additiva, utilizza più suoni elementari per costruirne uno complesso. Questo è dato da una successione di suoni di breve durata (qualche centesimo di secondo) chiamati grani. Tale tecnica ricorda il processo cinematografico in cui il movimento è dato da una rapida successione di immagini statiche. I grani possono essere porzioni di suoni acustici campionati oppure suoni astratti generati per via algoritmica. Inoltre si distingue la sintesi granulare sincrona con il periodo del suono, da quella asincrona utilizzata per generare tessiture sonore. La sintesi sottrattiva è prevalentemente una tecnica di trasformazione di un suono dato, il quale ha generalmente uno spettro molto ricco e può essere campionato o generato tramite semplice algoritmo. Nella formulazione più generale si utilizza un banco di filtri per evidenziare o sopprimere precise zone nello spazio della frequenza del suono dato. I filtri possono essere statici o dinamici. Nel primo caso si mantengono le caratteristiche temporali del suono dato, mentre nel secondo si ottiene una combinazione delle due. La sintesi per modulazione di frequenza (FM) rientra nelle tecniche non lineari di trasformazione. Nella formulazione più semplice un oscillatore sinusoidale detto portante con frequenza p viene modulato in frequenza da un oscillatore sinusoidale, detto modulante, di ampiezza d e frequenza m . Lo spettro risultante è composto da frequenze $p+k \cdot m$, con k intero che varia da $-I$ a $+I$, essendo $I=d/m$ l'indice di modulazione. Quest'ultimo determina il numero di componenti parziali che costituiscono lo spettro risultante; mentre il rapporto p/m determina il tipo di spettro: per rapporti interi e semplici si ottengono spettri armonici. Quindi con due soli oscillatori è possibile generare suoni complessi che possono variare nel tempo il numero di componenti spettrali semplicemente variando il valore di I . Grazie alla semplicità di calcolo e alla efficienza sonora, la sintesi FM ha avuto moltissime applicazioni musicali ed è stata scelta nei primi sintetizzatori digitali commerciali. La sintesi per distorsione (waveshaping) è anch'essa una tecnica di trasformazione non lineare in cui un suono semplice (spesso una senoide) viene arricchito di armonici tramite una funzione distorcente generalmente definita come somma di polinomi di Chebishev. Anche in questo caso, controllando l'indice di distorsione è possibile ottenere spettri variabili nel tempo. Per ottenere spettri inarmonici spesso si moltiplica il suono distorto per una senoide (modulazione ad anello - ring modulation) ottenendo una traslazione dello spettro attorno alla frequenza portante di modulazione. Vediamo ora i modelli di sorgente che rientrano nella sintesi comunemente chiamata per modelli fisici. La maggior parte di essi si basa sull'interazione fra eccitatore (la causa della vibrazione, con comportamento non lineare) e risonatore (il corpo dello strumento, con comportamento lineare). L'interazione può essere feedforward quando l'eccitatore non riceve informazioni dal risonatore oppure feedback quando i due interagiscono. Tali modelli si classificano in relazione al modo in cui la realtà fisica viene rappresentata, simulata, o discretizzata. Esistono inoltre dei modelli di sorgente chiamati pseudo-fisici i quali traggono solo ispirazione da fenomeni fisici del mondo reale per simulare processi generativi arbitrari. Vediamo i principali modelli di sorgente. I modelli meccanici dividono il sistema fisico in piccoli pezzi (normalmente elementi massa-molla) per ottenere le equazioni differenziali che ne descrivono struttura e interazione. Tali equazioni si risolvono con tecniche numeriche che impongono successive approssimazioni e sono fonte di alti costi computazionali. Una particolare interpretazione della scomposizione del sistema fisico in singoli elementi viene data nella sintesi modale in cui i modi di vibrazione vengono realizzati mediante la somma di oscillatori smorzati. Tale tecnica si basa sulla scomposizione modale studiata dalla teoria dei sistemi. I modelli a guide d'onda (waveguide) sono modelli computazionali che simulano, mediante linee di ritardo, il comportamento

di un'onda che si propaga all'interno di un mezzo (ad esempio un tubo o una corda). Le discontinuità del mezzo vengono simulate con giunzioni di dispersione mentre altre strutture fisiche possono essere simulate mediante filtri. Data la loro efficienza computazionale questi modelli hanno trovato validi esempi di applicazioni musicali. I modelli della sorgente si sono rivelati particolarmente efficaci nella resa dei gesti musicali tipici delle frasi ricche di spunti agogici. Si differenziano da quelli del segnale perché si avvalgono di parametri di controllo che corrispondono alle azioni che il musicista compie sullo strumento fisico anziché a parametri astratti quali frequenza di un oscillatore o larghezza di banda di un filtro. Ciò inevitabilmente porta a due conseguenze: il modello deve disporre di controlli gestuali potenti e il musicista deve imparare a suonare la sorgente virtuale con le tecniche tradizionali di apprendimento musicale.

1.2.4 Elaborazione dei suoni

La elaborazione numerica dei suoni (Digital Signal Processing) si ottiene mediante un procedimento di calcolo che trasforma il segnale. Vediamo le principali tecniche utilizzate in relazione agli effetti che si ottengono nei parametri musicali di tempo, altezza, dinamica, timbro e spazio. La traslazione di un suono nel tempo si ottiene mediante una linea di ritardo che produce un'eco semplice. L'eco può essere iterato se il ritardo è chiuso in un anello di retroazione. Inserendo in tale anello altri elementi di trasformazione si possono ottenere ripetizioni ogni volta diverse. Se i tempi di ritardo sono dell'ordine di qualche decina di secondo tale schema di ripetizione simula la struttura musicale a canone con variazione. La durata del suono può essere variata in diversi modi e con tecniche analoghe alla variazione di altezza. Rallentando e accelerando un suono, tramite una variazione della frequenza di campionamento, si ottiene rispettivamente un'altezza più grave e una più acuta. Le tecniche di analisi/sintesi quali Phase vocoder (PV), Wavelet e Linear prediction coding (LPC) consentono di modificare la durata in maniera indipendente dall'altezza e viceversa. Il processo di elaborazione è diviso in due fasi: la prima di analisi, dalla quale si estraggono i dati per la fase successiva, la seconda di sintesi. Il PV analizza il suono mediante una successione (con sovrapposizione) di trasformate di Fourier a tempo breve (STFT). Gli spettri risultanti sono utilizzati come dati per sintetizzare il suono in sintesi additiva. Elaborando tali dati si possono ottenere compressioni o stiramenti temporali fino al congelamento di un suono, come pure trasposizioni d'altezza. Combinando opportunamente i dati di analisi di due suoni diversi è possibile creare la cosiddetta sintesi incrociata, ovvero sintetizzare un suono ibrido dei due suoni originali. La tecnica di trasformazione Wavelet è concettualmente simile al PV, ma cambia il metodo di analisi. Diversa è la tecnica LPC, nata per la codifica del parlato nelle comunicazioni a banda limitata. La sintesi LPC non genera perciò una fedele riproduzione dell'originale, ma offre diverse possibilità nella elaborazione dei suoni. In essa il suono viene considerato come il prodotto di una funzione di eccitazione (corda vocale) il cui segnale viene sottoposto alle trasformazioni di una cavità risonante (tratto vocale) normalmente realizzata con un filtro a soli poli variabile nel tempo che simula i formanti della voce. Il processo di analisi determina l'andamento nel tempo dei parametri del filtro ed estrae alcune caratteristiche generali per l'eccitazione: individua se il suono è rumoroso (consonanti) oppure ad altezza determinata (vocali), nel qual caso fornisce la frequenza della fondamentale. Nella fase di sintesi è facile alterare l'altezza del segnale di eccitazione come pure accelerare o rallentare la scansione temporale dei parametri del filtro. Anche con LPC è possibile creare suoni ibridi scegliendo in modo arbitrario il suono di eccitazione che viene plasmato dal filtro variabile seguendo i parametri estratti dall'analisi di un altro suono. Le variazioni di altezza e di durata se effettuate su ampi valori di scala provocano rilevanti trasformazioni anche sul piano timbrico. La dinamica del suono si modifica non solo variando l'ampiezza del segnale ma anche trasformandone alcuni tratti timbrici (spettro, tramite filtraggio; transitorio di attacco, mediante

iniluppo di ampiezza) in modo da rendere il suono più morbido per dinamiche piano e viceversa più aggressivo per dinamiche forti. Le tecniche più comuni per l'elaborazione del timbro, oltre a quanto si è già detto, sono: il filtraggio (filtri passa-basso, passa-alto, passa-banda, taglia-banda; banchi di filtri equalizzatori; filtri a pettine ricorsivi che provocano vari effetti variando il tempo di ritardo: effetto coro, flanger, phasing); la modulazione (ad anello, che sposta l'energia del suono attorno alla frequenza della portante sinusoidale soppressa; a banda singola, che trasla il segnale in frequenza rendendo inarmonico un suono armonico); la granulazione (che estrae piccoli grani di suono moltiplicando il segnale per brevi inviluppi d'ampiezza) e la convoluzione che effettua il prodotto spettrale di due suoni. Quest'ultima si è dimostrata efficace nella simulazione di spazi sonori: se si ascolta il prodotto di convoluzione fra un suono registrato in una sala anecoica e la risposta all'impulso di una sala, si ha la sensazione che il suono sia stato registrato in quella sala. Questo è un metodo efficace per realizzare riverberatori che simulino precisi spazi reali. Altre tecniche di riverberazione meno onerose sul piano computazionale prevedono l'utilizzazione di gruppi di filtri a pettine, passa-tutto e la simulazione mediante linee di ritardo delle riflessioni prodotte dalle pareti di una sala. Particolarmente efficaci sono le tecniche di simulazione delle sorgenti sonore in movimento mediante le quali si possono collocare e far muovere i suoni nello spazio seguendo percorsi e variazioni di velocità. Nella spazializzazione dei suoni si distinguono le tecniche di simulazione per l'ascolto binaurale (in cuffia o con due altoparlanti) dai sistemi multicanale che avvolgono l'ascoltatore con una rete di altoparlanti. Anche nel caso dello spazio, si distinguono i modelli che simulano la collocazione dei suoni in spazi reali e che rientrano nelle tecniche definite di auralizzazione, dai sistemi che utilizzano la tecnologia i. per inventare spazi sintetici frutto di scelte artistiche.

1.2.5 Sistemi MIDI

Il MIDI (Musical Instrument Digital Interface) è un protocollo di comunicazione seriale a 8 bit e velocità di trasmissione di 31250 bit/s, ideato per codificare i gesti esecutivi che il musicista compie quando suona una tastiera elettronica sensibile al tocco e trasmetterli in tempo reale ad altri dispositivi. Sulla stessa linea di comunicazione possono transitare sedici canali di dati; da un punto di vista musicale significa poter suonare contemporaneamente sedici strumenti polifonici. I principali comandi sono: di nota, in cui viene indicato il tasto e la relativa velocità di pressione; i controlli continui, per la variazione continua di parametri; il cambio di programma, generalmente usato per la selezione del timbro; i controlli in tempo reale, per la sincronizzazione di più dispositivi; i controlli esclusivi di sistema, la cui sintassi e funzione è definita dal costruttore dello strumento. Un elementare sistema MIDI è costituito da una tastiera elettronica muta (master keyboard) collegata ad uno o più sintetizzatori di suoni (expander) e ad un elaboratore personale nel quale generalmente opera un programma chiamato sequencer. I gesti esecutivi del musicista pilotano la generazione sonora dell'expander e possono essere registrati nell'elaboratore e, in momenti diversi, essere corretti, modificati e integrati da successive esecuzioni sincronizzate fra loro. Il sequencer svolge una funzione analoga al registratore audio multitraccia con la differenza che quest'ultimo registra i suoni mentre il primo registra sequenze di comandi chiamate MIDIfiles. Esistono in Internet ampie banche dati di sequenze MIDI che contengono i principali titoli del repertorio classico e leggero. La maggior parte dei sequencer consente di registrare la m. anche in tempo differito con diverse interfacce utente: una delle quali utilizza il tradizionale sistema di notazione su pentagramma. Questo consente di passare in modo automatico dalla partitura visualizzata sullo schermo alla sua esecuzione sonora. è possibile anche il contrario, ovvero visualizzare (e stampare) la m. che viene suonata dal vivo e trascritta in tempo reale. Va rilevato che non esiste una corrispondenza biunivoca fra il linguaggio di notazione musicale e il codice MIDI. Pertanto tali trascrizioni non sono una fedele riproduzione dell'originale soprattutto per

quanto riguarda l'aspetto temporale. La necessità di quantizzare la scansione del tempo porta a grossolane semplificazioni oppure a eccessive suddivisioni se l'interprete modula il tempo a fini espressivi. Infatti, ad esempio, se l'esecuzione non fornisce un riferimento temporale esplicito, cambi di tempo quali accelerandi o rallentandi vengono inevitabilmente riportati in partitura non come variazioni di metronomo, ma come alterazione delle figure ritmiche originali, rendendo complessa la notazione di parti musicali anche molto semplici. Nonostante il MIDI sia molto lento, abbia una codifica dei dati spesso insufficiente, e in molti casi si sia rivelato inadeguato alla trasmissione del massiccio flusso dei dati di una esecuzione musicale, è il protocollo di comunicazione universalmente adottato dall'industria degli strumenti musicali informatici. Grazie alla sua semplicità e alla vasta diffusione, il MIDI viene utilizzato per il controllo di processi anche molto diversi da quelli per cui era stato ideato tanto che viene adottato anche per applicazioni non prettamente musicali del mondo dello spettacolo.

1.2.6 Sistemi per l'esecuzione

Come è noto, l'esecutore tradizionale suona strumenti codificati e stabili da secoli, impara per imitazione dal maestro e sviluppa una abilità gestuale che sfrutta lo strumento come fosse una estensione del proprio corpo. Nel mondo della musica informatica, invece, i dispositivi si evolvono seguendo il passo della tecnologia che è in costante accelerazione. Inoltre pochi apparecchi sono autonomi, come invece lo sono gli strumenti musicali acustici. Ognuno di essi fa parte di un insieme di apparecchiature digitali che opportunamente collegate fra loro e programmate, costituiscono l'entità che può essere assimilata al vecchio concetto di strumento e che nel mondo tecnologico viene chiamata sistema. Generalmente il sistema prende come ingresso i segnali audio da elaborare, è dotato di dispositivi di controllo che consentono di variare i parametri di trattamento o di generazione del suono, di visualizzare vari aspetti del segnale audio e dei parametri di controllo e infine fornisce in uscita i segnali elaborati. Con l'aumento della potenza di calcolo dei processori e la miniaturizzazione dell'hardware, molti elementi del sistema sono stati integrati come componenti software o come schede aggiuntive di un solo elaboratore ottenendo così soluzioni alquanto compatte. Per l'esecuzione di un brano il musicista informatico progetta l'ambiente esecutivo che gli consente di trasformare un sistema tecnologico in strumento musicale, rendendo i controlli del sistema funzionali all'esecuzione, con unità di misura sonologico-percettive o musicali e un campo di variabilità predefinito che segue una legge determinata. Molto spesso i controlli sono multifunzionali per ottenere da un singolo gesto una variazione contemporanea e coerente di più parametri del sistema. Questo consente una riduzione dei controlli dell'esecutore, favorisce un accesso immediato alle principali funzioni esecutive e un rapido apprendimento dell'ambiente esecutivo. Per taluni parametri, inoltre, è più efficace l'uso di dispositivi di controllo gestuale con reazione, che estraggono più informazioni da un singolo gesto e che addirittura impongono una fatica fisica all'interprete quando cerca di raggiungere le zone estreme di esecuzione. Infine, la tecnologia degli ambienti multimodali interattivi (AMI) consente di rilevare e analizzare il movimento, la voce, i suoni prodotti da uno o più esecutori per controllare in tempo reale vari dispositivi, quali strumenti per la sintesi dei suoni, algoritmi di composizione automatica, effetti visuali, ecc. Gli AMI sono dei "trasduttori cognitivi" che osservano, reagiscono ed espandono la realtà e pertanto sono efficaci nella costruzione di strumenti musicali virtuali (iper-strumenti).

1.2.7 Ricerche di musicologia

L'informatica ha dato un notevole impulso ad alcuni filoni di ricerca in campo musicologico per la possibilità di verificare mediante la realizzazione di un modello informatico teorie musicali impossibili da validare con i metodi tradizionali. Il principale metodo analitico è chiamato di analisi mediante

sintesi e viene applicato per lo studio delle regole compositive nei diversi periodi storici. Lo stesso metodo si utilizza anche nello studio dell'interpretazione musicale per validare modelli che descrivono teoricamente prassi esecutive dei diversi stili. L'informatica, inoltre, contribuisce in maniera determinante al restauro di materiali audio deteriorati dal tempo e dalla cattiva conservazione. Le principali funzioni svolte dai programmi di restauro audio sono la riduzione del rumore di fondo e l'eliminazione dei disturbi di tipo impulsivo.

1.2.8 Programmi di aiuto alla composizione

I programmi di aiuto alla composizione (CAC, Computer Aided Composition) trasformano l'elaboratore in una sorta di assistente musicale che aiuta il compositore nelle varie fasi di creazione dell'opera. Essendo il processo creativo estremamente libero, tali programmi sono difficilmente di uso generale e pertanto soddisfano solo alcune fra le varie tendenze estetiche o prassi compositive: in alcuni casi, infatti, si è rivelato più efficace ricorrere ad un linguaggio di programmazione di uso generale. Pertanto ci troviamo davanti a un panorama molto vasto e articolato che deve soddisfare le esigenze del compositore tradizionale che scrive per strumenti acustici come pure del musicista informatico che compone m. elettroacustica, ma anche di compositori professionisti che operano con linguaggi e generi musicali molto lontani fra loro, senza contare il più vasto panorama dei musicisti dilettanti che utilizzano l'elaboratore come strumento di intrattenimento musicale personale. Va rilevato che la m. nel corso della sua storia si è spesso prestata alla sperimentazione di teorie astratte nate in campi disciplinari diversi. L'informatica ha particolarmente rafforzato il legame fra m. e scienza per cui sono nati programmi CAC che consentono di tradurre in fatti musicali processi generativi deterministici o stocastici. In particolare troviamo applicazioni derivate da sistemi personali di regole, teorie del caos, grammatiche formali, intelligenza artificiale, automi cellulari, sistemi esperti, reti neurali, ecc. I processi generativi messi in atto possono essere applicati a singoli aspetti della composizione come a parti più ampie per giungere nei casi estremi alla composizione automatica dell'intera opera. La maggior parte dei programmi CAC operano a livello simbolico e consentono l'ascolto dei risultati via MIDI utilizzando campionatori e sintetizzatori. I programmi orientati alla composizione tradizionale trasformano innanzitutto l'elaboratore in un editor di testi musicali mediante il quale viene scritta, corretta, eseguita e stampata la partitura. Oltre alle solite funzioni di editing si possono applicare operatori o processi di trasformazione al testo musicale come pure generare algoritmicamente parti o elementi della partitura. Anche se la m. verrà suonata in concerto da musicisti tradizionali è utile per il compositore poter sperimentare e verificare diverse soluzioni compositive disponendo dei risultati parziali sia in forma di notazione grafica che acustica. Il compositore di m. elettroacustica, invece, ha esigenze diverse in quanto egli lavora direttamente sul suono e utilizza strumenti che gli consentono di registrare, editare, generare, trasformare e montare i suoni. Il montaggio avviene con l'aiuto di una partitura grafica che fa corrispondere alla disposizione dei simboli grafici in uno spazio bidimensionale la collocazione dei corrispondenti segmenti sonori nel tempo. Per quanto riguarda la sintesi e la elaborazione dei suoni esistono programmi di aiuto alla composizione che integrano la maggior parte delle tecniche esposte in precedenza. Alcuni programmi consentono di trattare contemporaneamente l'informazione simbolica e quella acustica offrendo un ambiente integrato di aiuto alla composizione musicale. Infine esistono dei programmi di composizione algoritmica che sono orientati alla composizione in tempo reale. Il musicista anziché suonare delle note controlla dal vivo i parametri che gestiscono uno o più processi di generazione automatica di eventi musicali. Tali processi possono trattare sia l'informazione musicale simbolica che quella acustica e quindi essere utilizzati autonomamente oppure per trasformare dal vivo i suoni prodotti da altri musicisti.

1.2.9 BIBLIOGRAFIA

- M. Mathews, *The Technology of Computer Music*, MIT Press, Cambridge, 1969
- A.V. Oppenheim, R. Schaffer, *Digital Signal Processing*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1975
- M. Baroni, L. Callegari, *Musical Grammars and Computer Analysis*, L. Olschki, Firenze, 1984
- C. Dodge, T. A. Jerse, *Computer Music. Synthesis, Composition, and Performance*, Schirmer Books, New York, 1985
- J. R. Pierce, *La scienza del suono*, Zanichelli, Bologna, 1987
- C. Ames, *Automated composition in retrospect: 1956-1986*, in *Leonardo* 20(2):169-186, 1987
- J. B. Barrière, *Le timbre, métaphore pour la composition*, Bourgois-Ircam, Parigi, 1991
- I. Xenakis, *Formalized Music*, Pendragon Press, Stuyvesant, 1992
- C. Roads, *The Computer Music Tutorial*, Cambridge, 1996
- J. Chadabe, *Electric Sound. The Past and Promise of Electronic Music*, New Jersey, 1997
- C. Roads, S. T. Pope, A. Piccialli, G. De Poli, *Musical Signal Processing*, Swets & Zeitlinger B.V., Lisse, 1997.

1.3 La notazione musicale

1.3.1 La notazione classica

Vedi allegato.

1.3.2 La notazione nella musica elettronica

La maggior parte delle composizioni di musica elettronica è priva di partitura in quanto il compositore produce personalmente la musica nella forma acustica definitiva, memorizzata su un supporto di registrazione, che per tradizione è il nastro magnetico. Il nastro quindi contiene l'idea compositiva, l'interpretazione e l'esecuzione musicale dell'opera. Questa regola trova molte eccezioni, e di conseguenza esistono diversi esempi di n., con tecniche di scrittura e funzioni differenti. Si possono individuare quattro tipologie di partitura.

Partitura esecutiva - È utilizzata per l'esecuzione dal vivo di parti elettroniche e strumentali. Il riferimento temporale può essere assoluto se l'elettronica (generalmente registrata) guida l'esecuzione, oppure metrico se le parti registrate sono brevi e/o l'elettronica è realizzata in tempo reale (live electronics). La n. delle parti elettroniche, anche se si integra con la n. tradizionale delle parti strumentali, è funzionale alle azioni che l'esecutore deve compiere e non tanto al risultato che si deve ottenere. Ad esempio si veda *Ommaggio a György Kurtag (1983/86)* di L. Nono.

Partitura operativa - È finalizzata alla realizzazione sonora dell'opera (o di sue parti) memorizzata su nastro. Il compositore definisce tecniche e processi esecutivi. Per la natura stessa della musica elettronica, tali partiture ricorrono a forme di rappresentazione nate in ambienti scientifici che introducono in maniera implicita il concetto di modello. La partitura è composta dalla definizione di un modello e dei dati, ovvero dalla definizione dei processi di sintesi e/o di elaborazione dei suoni e dai valori che i parametri di controllo del modello assumono nel tempo. Il modello può essere definito in vari modi: testo, diagramma di flusso a blocchi funzionali, formula matematica, linguaggio formale. I dati sono spesso definiti mediante funzioni nel tempo continue o discrete, rappresentabili con un grafico, una sequenza ordinata di valori, la traccia dell'azione gestuale su un dispositivo di controllo, un procedimento algoritmico. Nella maggior parte dei casi i dati si riferiscono a parametri fisici (tensione elettrica, frequenza di filtraggio, ecc.) e pertanto la partitura appare più vicina alle antiche

intavolature per strumenti, che fissavano azioni esecutive, piuttosto che alle partiture tradizionali in cui sono codificati i risultati percettivi dell'esecuzione (altezza, dinamica, ecc). Ad esempio si veda *Studie II* (1953) di K. Stockhausen in cui il modello è definito nel testo introduttivo mentre i dati sono stabiliti in una partitura grafica.

Partitura descrittiva - La realizzazione sonora dell'opera viene indicata dal compositore notando il risultato percettivo desiderato. Poiché la musica elettronica, rispetto a quella tradizionale, utilizza un vocabolario sonoro molto più ampio (che comprende fra l'altro suoni inarmonici e rumori che si evolvono in uno spazio temporale continuo e offre al compositore la possibilità di creare i propri "strumenti" virtuali e quindi le proprie sonorità) non esiste un linguaggio di n. che, analogamente a quello tradizionale, metta in corrispondenza univoca il suono percepito con il segno o il simbolo. Tali partiture pertanto sono poco precise e lasciano molto spazio al libero arbitrio del realizzatore. In molti casi la partitura, se accompagna la realizzazione musicale del compositore, può considerarsi alla stregua di una partitura d'ascolto o di appunti sonori utili per mettere in luce l'idea musicale e gli elementi strutturali dell'opera. Ad esempio si veda *Traiettorie* (1982-84) di M. Stroppa.

Partitura d'ascolto - Non è finalizzata all'esecuzione dell'opera bensì serve da supporto visivo e analitico all'ascoltatore. Normalmente è realizzata a posteriori da un musicologo basandosi sull'ascolto del nastro. Un primo significativo esempio è la partitura di *Artikulation* (1958) di G. Ligeti realizzata da R. Wehinger. Queste quattro tipologie spesso si integrano e convivono in un'unica partitura. È significativo il caso di *Kontakte* (1959/60) di K. Stockhausen che esiste in due versioni: una elettronica con la relativa partitura operativa e l'altra per pianoforte, percussioni e suoni elettronici con la partitura esecutiva. Quest'ultima può essere utilizzata come partitura d'ascolto della versione elettronica e in taluni punti è anche partitura descrittiva. Nella musica informatica spesso la partitura è l'unico mezzo per ottenere dall'elaboratore il risultato sonoro. È questo il caso dei programmi *MUSIC N* la cui partitura è un buon esempio di partitura operativa, oppure dei programmi più recenti di aiuto alla composizione basati su sistemi grafici.

1.3.3 BIBLIOGRAFIA

Le partiture delle opere elettroniche di K. Stockhausen: Universal, Vienna, 1953-69 e Stockhausen Verlag dal 1970

- F. Evangelisti, *Incontri di fasce sonore*, Universal, 1957
- G.M. Koenig, *Essay*, Universal, 1957
- J. Cage, *Imaginary Landscape N.5*, Henmar, New York, 1961
- R. Kayn, *Cybernetics II*, Suvini Zerboni, Milano, 1968
- R. Wehinger, Ligeti, *Artikulation*, Schott, Mainz, 1970
- M. Stroppa, *Traiettorie deviate*, Ricordi, Milano, 1982
- P. Boulez, *Dialogue de l'ombre double*, Universal, 1985;
- S. Sciarrino, *Perseo e Andromeda*, Ricordi, 1990
- L. Nono, *Omaggio a György Kurtag*, Ricordi, 1983-96.