

Conservatorio di musica di Como
Corso di laurea in Musica elettronica

Tesi di laurea

Tecniche di composizione per violino e live electronics

Relatore: Prof. Andrea Vigani

Candidato: Sofia Costantini

A. A. 2014/2015 - Sessione di Marzo

Indice

1	Introduzione.....	4
2	Dalla musica concreta al live electronics.....	5
2.1	Le esperienze di Parigi, Colonia e Milano.....	5
2.2	Il problema dell'interattività.....	7
2.3	Gli anni '70: La ricerca tecnologico-musicale americana.....	8
2.4	Gli anni '80: la computer music, il MIDI e il tempo reale.....	9
	Score Following.....	9
	Csound.....	11
	Max.....	11
	Gli anni '90.....	12
3	Il live electronics.....	13
3.1	Definizione e ruoli.....	13
3.2	Analisi e Processi.....	15
3.3	Processi.....	15
3.4	Analisi.....	15
4	I dispositivi di controllo e il gesto.....	20
4.1	Albori.....	20
4.2	Strumenti aumentati e strumenti fittizi.....	21
4.3	Dispositivi d'ingresso (o controller).....	22
4.4	MAPPING.....	23
4.5	MIDI.....	24
	Cos'è.....	24
	Storia.....	24
	Hardware.....	25
	Protocollo.....	26
5	Analisi di brani per live electronics e violino.....	27
5.1	Violin phase di Steve Reich.....	27
5.2	Boulez – Anthèmes e Anthèmes 2.....	31
5.3	Luigi Nono - La lontananza nostalgica utopica futura (1988).....	35
6	La mia composizione.....	39
7	Conclusioni.....	39
8	Appendice A.....	40
9	Bibliografia.....	44

1 Introduzione

Il lavoro qui presentato tratta di un tipo di musica elettronica eseguito dal vivo, detta live electronics. Cosa si intende con questo termine? Nel corso dei decenni ha assunto diversi significati: strumenti musicali accompagnati da suoni registrati su nastro, suoni generati da sintetizzatori controllati in tempo reale, strumenti musicali tradizionali immersi in una complessa interazione con suoni generati elettronicamente. Ciò che accomuna la definizione di live electronics nei diversi periodi è l'estemporaneità del gesto umano nella produzione e manipolazione di suoni in tempo reale, in un ramo musicale che è tutt'ora considerato come inespressivo.

Una presentazione storica permette di comprendere quali avvicendamenti abbiano portato alla nascita di questa pratica musicale che va dalla musica per nastro e agli albori della sintesi, per passare alla sentita necessità umana di riportare un gesto espressivo nella musica attraverso l'introduzione di strumenti musicali in un ambito in cui non potevano esistere delle vere e proprie esecuzioni dal vivo. Da qui, i tentativi di fondere armoniosamente elettronica e strumento e gli sviluppi tecnologici convergono in una direzione che permette oggi di assistere a *performance* con vaste possibilità d'interazione.

Successivamente alla parte storica, si dà una definizione al *live electronics* e si parla delle sue caratteristiche principali di scena; vi sono almeno due figure: l'esecutore e il regista del suono, o interprete, che gestisce l'ambiente esecutivo. Ampio spazio viene dato ai processamenti del suono durante l'esecuzione dal vivo. In ultimo, una parte dedicata ai dispositivi di controllo, usati dal regista del suono, e al protocollo MIDI nato negli anni '80, attraverso cui, ancora attualmente, è possibile gestire gli eventi in tempo reale.

La seconda parte consiste nell'analisi di alcuni brani rinomati, scritti per violino e live electronics, da cui ho estrapolato materiali ed idee per dare una dimostrazione pratica di ciò che è possibile ottenere attraverso il *live electronics* per strumento. Ciò che ne deriva è una composizione originale per violino ed elettronica.

2 Dalla musica concreta al live electronics

2.1 Le esperienze di Parigi, Colonia e Milano

Nel 1948, Pierre Schaeffer, fondatore dello Studio d'Essai, conia il termine *musique concrète* che designa una nuova corrente musicale basata sulla manipolazione di suoni registrati su nastro magnetico, «presi in prestito da qualsiasi materiale sonoro, sia rumore, sia musica tradizionale.

Questi elementi sono poi composti in modo sperimentale mediante una costruzione diretta che tende a realizzare una volontà di composizione senza l'aiuto, divenuto impossibile, di una notazione musicale tradizionale»¹.

Il termine concreto identifica un “ascolto ridotto”, rivolto alle qualità e alle forme proprie del suono, creando un nuovo approccio che soppianta il processo di creazione proprio della musica tradizionale “fare/ascoltare” col processo inverso “ascoltare/fare”, procedendo per tentativi, con tecniche quali il taglio, l'inversione, la ripetizione, il cambio di velocità di frammenti di nastro. Sparisce per la prima volta il concetto di musicista esecutore, la scrittura musicale non ha ragione d'essere e la struttura dei brani diviene libera in un percorso di nuove scoperte. E' il suono o, meglio, l'“oggetto sonoro” a divenire l'elemento centrale, ad essere analizzato e classificato in ogni suo aspetto percettivo.

Ciò nasce in un contesto storico-culturale in cui le avanguardie musicali avevano creato metodi di composizione estremamente strutturali che ponevano l'ascolto totalmente in secondo piano,

¹ Schaeffer, *Trattato degli oggetti musicali*, 1966

privilegiando aspetti teorici e scrittura musicale.

Schaeffer chiama “astratta” la musica tradizionale che non coglie la materialità del suono, che pone la pratica dell'ascolto in secondo piano e spinge il compositore ad una ricerca vincolata alla rigidità e alle possibilità limitate della scrittura musicale, degli strumenti e degli esecutori.

E' con una prospettiva diversa che, nel 1951, nasce l'esperienza musicale dello *Studio für elektronische Musik* di Colonia fondato da Herbert Eimert. Iniziano da subito stretti rapporti di collaborazione con la scuola di Darmstadt, che si configurano inizialmente come un semplice trasferimento sul terreno elettronico dei principi postweberniani della serialità allargata.

Mentre a Darmstadt la ricerca si svolgeva sul terreno strumentale, a Colonia si sperimentavano i primi suoni di sintesi, prodotti essenzialmente da generatori di onde e di rumore bianco. A differenza della sperimentazione di Parigi che partiva dai suoni registrati e li classificava secondo parametri percettivi, la nascente musica elettronica, con la generazione di suoni tramite apparecchiature elettroniche, necessita un approccio più scientifico. I primi lavori (*Studie II* di K.Stockhausen, *etüden über tongemische* di H.Eimert, *Semiogrammes* di H.Pousseur, *Klangfiguren I, II* di G.M.Koenig, ecc.) sono concepiti come studi: i suoni sono piuttosto asettici all'ascolto e sono ordinati secondo la serializzazione di parametri; la struttura stessa è il risultato di calcoli matematici.

Il primo brano realizzato con intenti artistici è *Gesang der Jünglinge* di K.Stockhausen che mescola suoni sintetici a frammenti di canto registrati dal vivo. La composizione ha una sua tensione evolutiva e non è più costituita da singole entità statiche ordinate nel tempo. La contaminazione di suoni naturali è qui l'elemento che rompe l'aridità dei primi suoni puramente elettronici ed apre la strada alla musica elettroacustica, termine con cui si intende la musica creata tramite mezzi elettronici e suoni registrati. La separazione in generi e scuole, non solo tra musica elettronica e concreta ma, successivamente, anche tra musica elettronica e musica per strumenti tradizionali, è

destinata a divenire più fittizia che reale.

Lo Studio di fonologia della RAI di Milano, fondato nel 1955, dà terreno fertile a ogni nuova possibilità, non essendo esso influenzato da alcuna scuola di pensiero. Qui, infatti, vengono mescolate liberamente le sperimentazioni di Parigi e Colonia con risultati molto più “disinvolti”.

Poco più tardi, nel 1957, con *Musica su due dimensioni* (per flauto e nastro magnetico) di B.Maderna, si assiste a un inedito connubio tra musica elettronica e musica strumentale. Più tardi, a Colonia, vi saranno due casi analoghi di maggior successo: *Transición II* di M.Kagel e *Kontakte* di K.Stockhausen, entrambi per pianoforte, percussioni e nastro magnetico. Questi brani segnano una svolta nell'evoluzione della musica elettronica perché per la prima volta si assiste a una collaborazione con strumenti tradizionali, il che è un primo embrionale passo verso la nascita del *live electronics*. Inoltre, nell'incontro tra i suoni precostituiti del nastro e la dimensione viva dell'esecuzione, viene smentita l'idea, allora radicata, secondo la quale la musica elettronica era destinata a soppiantare ogni altro mezzo di produzione sonora.

2.2 Il problema dell'interattività

Le composizioni create in studio prima di queste prime esperienze *live* mancano di una caratteristica fondamentale: negli umani, il senso più importante per recepire la realtà esterna è la vista, mentre l'udito è solo un accompagnamento ad essa. Ciò che non si vede direttamente è comunque ricollegato ad una causa fisica tramite l'uso della memoria audio-visiva. Mentre gli strumenti acustici rispondono perfettamente a questi requisiti tramite il meccanismo azione/suono, la musica elettroacustica porta per la prima volta a un'esperienza di ascolto totalmente avulso da una causa materiale. Non solo non vi è un esecutore in scena che produce il suono, ma questo, spesso, non è riconducibile alla realtà fisica conosciuta. L'assenza del meccanismo causa/effetto crea delle difficoltà notevoli all'ascolto. Ecco perché si sente l'esigenza di reintrodurre la figura dell'esecutore.

I primi tentativi di avvicinare i due elementi (esecutore e nastro) fanno sorgere il dilemma della coordinazione tra la musica dal vivo e gli elementi preregistrati; un problema che i vari compositori affrontano con diverse metodologie:

Il materiale elettroacustico registrato su nastro è controllato in tempo reale da un esecutore al nastro. *Imaginary Landscape No. 1* (1939) di John Cage, *Marginal Intersections* (1951) di Morton Feldman.

Il materiale elettroacustico registrato è alternato con la performance strumentale. (*Deserts* (1949-1954) di Edgard Varèse; *Concerted Piece for Tape Recorder and Orchestra* (1960) di Otto Luening e Vladimir Ussachevsky.

Non è richiesta una coordinazione precisa tra gli elementi. *Musica su due dimensioni* (1952; rev. 1958) di Bruno Maderna.

Gli esecutori devono seguire il materiale preregistrato e coordinarsi con esso. *Kontakte* (1960) di Karlheinz Stockhausen.

2.3 Gli anni '70: La ricerca tecnologico-musicale americana

Con il coinvolgimento di John Cage negli avvenimenti tecnologico-musicali europei, nasce negli USA l'interesse per la musica elettroacustica dal vivo.

Negli anni Sessanta, l'invenzione del circuito integrato, dà inizio alle possibilità di processamento digitale dell'audio. Grandi centri di ricerca come Bell Telephone Laboratories, Massachusetts Institute of Technology (MIT), le università di Princeton e Stanford sono i pionieri della creazione di software pensati per fini musicali. Nasce il termine *computer music* quando, nel 1957, Max Mathews crea il primo brano per computer, della durata di 17 secondi, programmato in MUSIC I su un IBM 704.

Con l'invenzione del *synthesizer* di Robert Moog verso la fine degli anni Sessanta, si aprono nuove strade per la musica elettronica: i suoni possono ora essere prodotti in tempo reale e con

apparecchiature di dimensioni decisamente ridotte. Diversi gruppi di musica pop e rock, come i Beatles, cominciano a utilizzare strumenti elettronici nella propria musica. Più tardi sorgono gruppi come i Kraft Werk che mescolano l'esperienza elettroacustica al concetto di *live electronics*, creando nuove sonorità pop elettroniche. Negli USA, che sono ora il fulcro delle novità tecnologiche, si assiste a una ricerca d'avanguardia musicale svolta in modo completamente diverso rispetto a quella europea: non presso studi radiofonici, come accade in Europa, ma in campus universitari che non sottostavano a regole di natura commerciale; infatti le sperimentazioni qui svolte erano considerate a tutti gli effetti come attività di ricerca teorica, completamente libera da ogni preconcetto e proiettata verso nuovi sviluppi tecnologici. Diverse case di produzione di sintetizzatori finanziano programmi di ricerca universitari come il Centre for computer research in music and acoustics (CCRMA) di Stanford, intuendo le possibilità di lucro che ne potevano derivare.

2.4 Gli anni '80: la computer music, il MIDI e il tempo reale

Negli anni Ottanta, grazie all'utilizzo della *pulse code modulation* (PCM), le registrazioni analogiche possono essere convertite in digitale e riprodotte tramite computer. Questo crea una rivoluzione nell'industria musicale e segna la tappa di inizio del *live electronics* come lo concepiamo oggi. Con l'avvento delle tecnologie digitali, nasce il MIDI (musical interface for digital instruments): un protocollo universale per la comunicazione e la sincronizzazione dei sintetizzatori.

Score Following

Nel frattempo, all'IRCAM (Institute de recherche et coordination acoustique/musique) di Parigi si

pone il problema di come poter sincronizzare il flauto di Lawrence Beauregard con il processore 4X dedicato all'elaborazione del suono e realizzato da G. di Giugno. Mentre nella musica strumentale d'insieme vale il concetto di ascolto reciproco, con l'introduzione del nastro, l'esecutore si limitava a un ascolto attento del tempo di velocità per poter sincronizzare la propria esecuzione, con la consapevolezza di non poter far affidamento su alcun aiuto da parte dell'impianto tecnologico. Per risolvere la questione, l'IRCAM commissiona a Barry Vercoe il compito di risolvere questo problema. Nasce così Synthetic Performer, il primo programma di *score following*, che consiste nella sincronizzazione in tempo reale tra il musicista e la partitura tramite la decodifica di parametri del suono e parametri espressivi del musicista. Synthetic Performer è realizzato in linguaggio C e, oltre che col 4X, viene utilizzato in fase sperimentale col sintetizzatore digitale Yamaha DX7.

«Dal modello dell'esecuzione strumentale furono individuati tre moduli operativi da sviluppare in ambito informatico: Ascolto, Esecuzione e Apprendimento. Durante l'esecuzione il computer doveva essere in grado di catturare ed analizzare informazioni in fase di svolgimento, in particolare individuare la velocità d'esecuzione, la dinamica e la posizione rispetto alla partitura (Ascolto), sincronizzare la propria esecuzione con quella dell'esecutore (Esecuzione), registrare errori di esecuzione o difficoltà di esecuzione e memorizzarne i dati, per una futura applicazione (Apprendimento). Il computer fu programmato per gestire tutte queste situazioni ma la terza, relativa all'apprendimento, non fu mai abilitata durante i vari esperimenti, in quanto comportava alcune complicazioni. L'apparato tecnologico, invece, prevedeva alcuni sensori ottici applicati ai tasti del flauto, inoltre dei microfoni, collegati a filtri digitali, che catturavano l'esecuzione al flauto. Tutto questo permetteva di ricavare le informazioni rispetto alla velocità di esecuzione e le frequenze emesse. Attraverso queste informazioni, e con l'utilizzo di una partitura precedentemente memorizzata, il computer era in grado di poter eseguire parti che fossero coerenti con quella

dell'esecutore, sul piano armonico e su quello temporale»².

Un sistema di accompagnamento deve suonare assieme al musicista, seguendone la performance.

L'obiettivo è che la parte fissata di un brano segua il musicista in scena, non che debba avvenire il contrario, cosicché il musicista abbia più libertà d'esecuzione.

Il problema di far seguire la performance a un computer è stato risolto in diversi modi: c'è chi, come B.Vercoe, ha basato la ricerca sull'aspetto temporale, mentre altri hanno cercato di seguire l'altezza dei suoni (R.Dannenbergh) o la dinamica e altri ancora hanno semplicemente fatto uso di dei *cue*.

Csound

Nel 1985 B.Vercoe, tornato in America, crea Csound, una versione di MUSIC che può essere compilata da qualunque computer che supporti il linguaggio di programmazione C. Tra gli aspetti innovativi c'è la distinzione tra segnali audio e segnali di controllo, i quali usano una frequenza di campionamento dedicata, determinando così un minor carico sulla CPU. Inoltre, è possibile creare delle interfacce grafiche, viene adottato un nuovo formato unico .csd, al posto dei due .orc e .sco.

Nel 1990 viene implementata una versione in tempo reale e nel 1991 sono aggiunti algoritmi di analisi come il *phase vocoder* e la FOF (Fonction d'onde formantique). Nel 1992 viene implementata la conversione MIDI per unità di controllo esterne. Nel 1994 algoritmi di analisi come LPC (linear predictive coding) e PVOC (phase vocoder) sono integrati nel modulo principale, permettendo che Csound esegua tutti i processi da un singolo eseguibile. Nel 1995 sono creati oggetti come "linseg" e "butterworth filters", viene sviluppata la sintesi granulare e migliora l'algoritmo su base spettrale per rilevare l'altezza del suono.

² <http://www.musicainformatica.it/argomenti/synthetic-performer.php>

Max

Nello stesso periodo della nascita di Csound, Miller Puckette scrive Max, un ambiente di sviluppo grafico per la progettazione di software dedicati ad applicazioni musicali e multimediali in tempo reale. Esso viene usato per la prima volta per l'esecuzione di un brano di *live electronics* per pianoforte: *Pluton* (Philippe Manoury, 1988) che è tra i primi brani che utilizzano il processamento del suono in tempo reale.³

Max deve il suo nome a Max Mathews, il padre di MUSIC. Nel 1989 l'IRCAM sviluppa una versione concorrente chiamata Max/FTS (*faster than sound*), precursore di MSP e potenziato da una scheda audio con funzioni DSP, e ne vende la licenza a David Zicarelli, il fondatore di Cycling 74. Nel 1990 esce la prima versione commerciale. Grazie all'avvento di una nuova generazione di microprocessori, Miller Puckette concepisce un software free chiamato Pure Data che permette l'elaborazione del suono in tempo reale. Come conseguenza di ciò, Zicarelli, usando l'infrastruttura di Pure Data, introduce in Max il processamento del segnale, che diventa così Max/MSP (presumibilmente: Max Signal Processing).

Gli anni '90

E' con gli anni Novanta che, finalmente, la *computer music* diviene ciò che conosciamo oggi: grazie alla facilità d'accesso all'uso dei computer e alla nascita dei laptop, essa si diffonde radicalmente. I software sono sviluppati da grosse aziende del settore, il che garantisce un continuo aggiornamento e la possibilità di accedere a numerose funzioni. Sintesi e processamenti che richiedono l'utilizzo di grandi quantità di memoria possono ora essere eseguiti completamente in tempo reale, si apre la possibilità della spazializzazione multicanale digitale, realizzata da Berry Vercoe, presso la canadese Simon Fraser University (SFU), in collaborazione con l'IRCAM, sotto la direzione di

³*Pluton* è un brano di circa 50 minuti sviluppato in un ambiente esecutivo che comprende un'interfaccia MIDI, la quale sincronizza gli eventi del computer col pianoforte, tramite lo *score following*. L'interpretazione del pianista controlla le azioni del computer: sintesi, processamento del segnale e spazializzazione.

David Wessel, del Centre for new music and audio technology (CNMAT). La Steinberg, nota casa produttrice di software, inventa la Virtual studio technology che emula i dispositivi elettronici usati per la manipolazione (VST) e la sintesi del suono (VSTi).

3 Il live electronics

3.1 Definizione e ruoli

«Il live-electronics 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». (A.Vidolin, 1999)

Il *live electronics* è un metodo di generazione e modifica di suoni in tempo reale attraverso l'uso di apparecchiature, software e programmi dedicati che nel loro insieme formano un sistema detto "ambiente esecutivo", gestito dal regista del suono, o interprete al *live electronics*, che, spesso, è anche l'ideatore del sistema stesso. Buona parte del suo lavoro si svolge nella fase di preparazione dell'opera, mentre durante l'esecuzione dal vivo egli controlla il corretto funzionamento delle macchine, gestisce l'interazione con gli esecutori, regola i livelli e realizza la spazializzazione multicanale.

Un brano di *live electronics* impiega spesso diverse apparecchiature che divengono interdipendenti all'interno di un ambiente esecutivo specifico. Questo perché un ambiente esecutivo specifico è intrinsecamente legato alla musica che deve produrre e all'interprete che lo ha progettato.

Nel corso dell'esecuzione di un brano, o tra un brano e l'altro, l'ambiente esecutivo si trasforma o cambia radicalmente. Per evitare che questi cambiamenti siano udibili, ad esempio con degli impulsi improvvisi, è importante che il regista del suono organizzi in modo adeguato la gestione degli eventi.

Chi assiste all'esecuzione di un brano *live electronics*, può pensare che il regista del suono svolga un ruolo marginale e che il suo compito sia tutto sommato semplice o quasi inutile. Ciò accade per diverse ragioni:

L'assenza di una sistema di notazione chiaro, universalmente comprensibile e le indicazioni su partitura che sono più legate all'azione tecnica da realizzarsi che al risultato musicale rendono incomprensibile l'azione a prescindere dall'esecuzione.

Spesso il palco è occupato dagli esecutori allo strumento e non dal regista stesso, che non è visibile al pubblico.

Il controllo manuale attraverso potenziometri, pulsanti e altri tipi di *controller* non evidenzia la correlazione azione/risposta e, spesso, ad un'azione non corrisponde una risposta immediata del sistema (*delay, sampling*). Nella maggior parte dei casi, poi, il sistema è organizzato con controlli globali che attivano una serie di azioni che possono avvenire in momenti temporali diversi.

Purtroppo, essendo la tecnologia in continuo sviluppo, un ambiente esecutivo specifico, nel giro di una decina d'anni, diviene obsoleto e le apparecchiature e i software che lo compongono devono essere sostituiti. Ci si trova spesso di fronte alla necessità di riprogrammare il software con nuovi

linguaggi, dando così origine a esiti diversi da quelli originali. Questo vincolo dovuto all'evoluzione tecnologica porta però anche a migliorie nei casi in cui si abbia modo di perfezionare soluzioni tecniche o di rendere più efficaci alcuni processi.

3.2 Analisi e Processi

3.3 Processi

Possono essere attuati diversi processi in tempo reale e differito sul segnale audio in ingresso e li si può classificare secondo i parametri di tempo, altezza, dinamica, timbro e spazio.

Nell'**Appendice A** vi è una tabella, redatta da A.Vidolin, in cui sono riportate «le principali tecniche di elaborazione dei suoni, organizzate secondo i parametri musicali di tempo, altezza, dinamica, timbro e spazio»⁴

Qui di seguito, alcuni dei processi più usati:

TEMPO

Delay

E' lo strumento più importante perché con esso è possibile dar vita alle tecniche di sintesi e alle elaborazioni del suono più disparate. Crea una copia ritardata del segnale in ingresso e dà risultati diversi a seconda del tempo di ritardo e della sua variabilità. Con esso possono essere creati filtri e effetti come l'eco, il *flanger*, il *phaser* e il *chorus*.

Time-stretching

E' la variazione della velocità di lettura di un file audio. Non può essere eseguito in tempo reale.

⁴ A.Vidolin, *Interpretazione musicale e signal processing*

Tempo di lettura e variazione dell'altezza sono proporzionali: quando il tempo di lettura è maggiore del normale, l'altezza sonora diminuisce, viceversa, quando il tempo è inferiore, l'altezza aumenta. Col *Phase Vocoder* è possibile modificare la lunghezza dei file audio lasciando invariata l'altezza.

Sintesi granulare

La sintesi granulare crea dei suoni a partire da dei grani. I grani sono delle unità minuscole (da 1 a 50ms) ricavate dallo spezzettamento di file audio più grandi. Ogni grano ha una velocità di lettura, una fase e un volume variabili. Cambiando questi parametri, i risultati cambiano drasticamente.

Dalla sintesi granulare non si ricava mai un unico suono, ma una nuvola di suoni.

ALTEZZA

Pitch detection

Capta la frequenza fondamentale di un'onda periodica o quasi periodica. Funziona con algoritmi che possono essere implementati sia nel dominio temporale, sia in quello frequenziale. Nel paragrafo successivo (3.4) se ne parla più ampiamente.

Modulazione di frequenza

Nella classica sintesi FM un oscillatore controlla il valore di frequenza di un altro oscillatore. Nel caso della modulazione di suoni captati da un microfono, la situazione cambia. L'audio in input può fungere sia da portante, sia da modulante. Il caso più semplice è quello in cui l'input modula un oscillatore. Più complicato è se si desidera che venga modulato: in questo caso è necessario far passare il suono in ingresso per un buffer~ e modificarne la velocità di lettura con l'oscillatore modulante. Questo crea un leggero ritardo, ma è il metodo adeguato per aggiungere il vibrato a un suono.

Trasposizione

E' la variazione dell'altezza del suono senza che vari la durata. Per fare ciò è necessario decorrelare tempo e frequenza effettuando un'analisi (*phase vocoder, heterodyne, lpc*) e, successivamente, risintetizzare il suono dopo che è traslato nel campo delle frequenze.

DINAMICA

Riscaldamento

Riscaldare i livelli dinamici consiste in una semplice variazione del volume che può passare da livelli inudibili a distorsioni. E' utile per creare effetti di allontanamento e avvicinamento.

Filtraggio

Attenua o aumenta l'ampiezza di un suono in un determinato range di frequenze. L'azione del filtro varia a seconda della sua forma d'inviluppo e dal valore di pendenza.

Modulazione di ampiezza

Utile per creare l'effetto di tremolo sui suoni in ingresso. Una variante è la modulazione ad anello in cui il segnale portante sparisce e rimangono solo le bande laterali. Si implementa moltiplicando due segnali, uno dei quali è un LFO. Nel caso dell'AM, il segnale di controllo è unipolare.

Sostituzione d'inviluppo

Si capta l'inviluppo di un suono con un *envelope follower* (vedi capitolo successivo) e lo si sottrae al suono stesso, poi gli si applica un altro inviluppo che può essere disegnato dall'utente in una tabella oppure estratto da un altro suono.

Processori di dinamica

Sono una serie di strumenti che permettono di variare il *range* dinamico in rapporto a delle soglie prefissate. Sono quindi utili ad aumentare (*expander*) o diminuire (*compressore, limiter*) la gamma dinamica. Il gate funziona come un *expander* al contrario, cioè diminuisce il livello dei suoni che si trovano sotto una determinata soglia.

TIMBRO

Il timbro è una qualità del suono che permette all'orecchio umano di distinguere le sorgenti sonore. Più che un parametro del suono è il risultato percettivo dato dalla combinazione di più parametri e non è quantificabile. I processi che ne variano la qualità sono innumerevoli.

Modulazioni

Qualunque tipo di modulazione con delle frequenze modulanti nella banda audio udibile stravolge lo spettro inserendo delle bande laterali a frequenze udibili.

Processi temporali

La variazione di velocità di lettura di un suono crea uno spostamento dello spettro e cambia il timbro.

Effetti come flanger e phaser cambiano il timbro: Il *flanger* è un segnale più la sua copia ritardata modulata da un LFO e dà luogo a filtraggi a pettine sulle frequenze che si trovano in opposizione di fase. Trasforma il timbro originario spostando continuamente parte dello spettro in frequenza. Il *phaser* è risultato della somma di un segnale con la sua copia fatta passare per dei filtri allpass in serie che spostano la fase del segnale. Il risultato è simile a quello del *flanger*.

Processi di ampiezza

Filtraggi molto marcati possono modificare il timbro.

Ibridazione

Processi di risintesi come il *morphing* e la *cross-synthesis* entrambi ottenibili tramite l'operazione di convoluzione. Il *morphing* convolve il punto di incontro tra due suoni, passando gradualmente dall'uno all'altro, la *cross-synthesis* convolve e mescola le caratteristiche spettrali di due segnali. Nel caso di due suoni strumentali, sembrerà che uno strumento stia suonando l'altro.

SPAZIO

Spazializzazione

Per imitare la localizzazione delle fonti che l'orecchio umano attua in uno spazio sonoro reale. Può essere da 2 a più canali e crea uno spazio sonoro artificiale all'interno del quale le fonti si muovono. E' resa attraverso delle variazioni ponderali del volume su tutti i canali interessati. E' aiutata dalla presenza di filtri e riverberi che aumentano la profondità dello spazio e permettono la percezione di ambienti diversi.

Riverbero

E' la caratteristica acustica di un ambiente chiuso. E' udibile quando all'interno di un ambiente vi sono delle sorgenti sonore abbastanza forti da causare delle riflessioni sulle pareti e altri ostacoli, causando una risposta da parte dell'ambiente stesso che si somma al segnale originario. Può essere ottenuto digitalmente attraverso filtri comb e allpass oppure tramite l'operazione di convoluzione che applica la risposta d'impulso reale di un ambiente a un suono.

Effetto Doppler

E' una variazione dell'altezza percepita di una sorgente sonora in movimento, dovuta alla variazione della velocità radiale. Se la sorgente si avvicina, le onde vibrano più velocemente, “ammucchiandosi” l'una sull'altra e l'ascoltatore percepisce un segnale più acuto. Al contrario, se la sorgente si allontana, le lunghezze d'onda aumentano e si ha la sensazione di un suono sempre più grave. Lo si può simulare digitalmente, tracciando diversi punti in cui è calcolato il *pitch* percepito: $\text{pitch sorgente} \times [\text{velocità suono} / (\text{velocità suono} - \text{velocità sorgente})]$.

3.4 Analisi

Per poter attuare alcuni importanti processi sul segnale audio in ingresso è innanzitutto necessario captare e analizzare il segnale stesso attraverso un microfono e degli algoritmi di analisi.

L'analisi è una fase importantissima, in quanto permette al computer, o ad altri dispositivi, di riconoscere le caratteristiche del suono in ingresso. Grazie a questo passaggio è possibile effettuare diverse operazioni, tra cui:

- usare i dati dell'analisi mappandoli in tempo reale su altri parametri
- analizzare, modificare e risintetizzare il suono
- rispondere in tempo reale in un dialogo con l'esecutore
- realizzare installazioni interattive che analizzano i suoni dell'ambiente
- trascrivere il suono in notazione musicale

Si hanno quindi a disposizione strumenti che permettono di leggere la struttura sonora e di separare diversi componenti come l'involuppo di ampiezza, l'altezza, il ritmo e lo spettro.

Riconoscimento dell'ampiezza

L'ampiezza istantanea di un suono, nel campo elettrico, è rappresentata da un valore in Volt che

viene codificato in un valore che cade all'interno del range dinamico del dispositivo in uso. Ottenere il valore istantaneo dell'ampiezza è quindi abbastanza semplice, mentre è necessario effettuare qualche operazione in più per estrarre l'inviluppo. L'*envelope follower* estrae l'inviluppo di un suono, misurando l'ampiezza dei picchi positivi della forma d'onda. Produce un segnale di controllo che può essere riscalato e mappato per essere usato su dei parametri scelti, oppure può essere applicato come inviluppo ad un altro suono. Per svolgere questa operazione è necessario privare il suono che si vuole modificare del suo inviluppo, con una semplice operazione di divisione tra segnale e inviluppo stesso che appiattisce la dinamica, e poi moltiplicarlo per l'inviluppo che gli si vuole applicare.

La misura dell'inviluppo può essere effettuata con diversi metodi, quali:

- La *rectification* di Dodge e Jerse, in cui il segnale è reso unipolare e viene passato attraverso un filtro passabasso sub-audio per arrotondarne le asperità.
- Calcolo della media dei valori assoluti di ampiezza dei campioni. Maggiore è il numero di campioni analizzati, minore sarà l'accuratezza del profilo d'inviluppo.

Riconoscimento dell'altezza

Per trovare l'altezza sonora di un suono è necessario l'uso di un software o un dispositivo hardware che sia in grado di determinare il periodo della frequenza fondamentale del suono in ingresso.

Ovviamente, non è possibile, e non avrebbe neanche senso, effettuare questa operazione su masse sonore complesse o impulsi. Gli strumenti musicali, invece, sono perfetti per questo tipo di analisi perché emettono dei suoni armonici stazionari. In realtà sono pieni di microvariazioni, ma il compito di un software o hardware per il riconoscimento dell'altezza è proprio quello di ignorare queste microvariazioni e localizzare un'altezza centrale.

Alcuni algoritmi per tracciare l'altezza tentano di emulare il modello dell'orecchio umano, ma la

maggior parte si basa su tecniche scelte per la loro efficienza computazionale.

Il primo problema che si incontra nel rilevare l'altezza di un suono è dato dal momento dell'attacco, in cui la forma d'onda è caotica e instabile, rumorosa e piena di parziali inarmoniche. Più lungo è il periodo di attacco, più errori si riscontreranno nella codifica dell'altezza.

Tutti gli algoritmi per rilevare l'altezza presentano problemi con le frequenze molto basse perché per determinare l'altezza bisogna campionare almeno tre cicli stabili di una forma d'onda. Ad esempio, per un suono a 55Hz, tre cicli occupano la durata di 54ms; se a questi si aggiungono la durata dell'attacco e il tempo computazionale dell'algoritmo stesso, risulta evidente che si avrà un ritardo udibile. Il problema opposto si ha con le alte frequenze, in cui il periodo dell'onda è rappresentato da un numero troppo piccolo di campioni. Per questo motivo è necessario adattare la risoluzione dell'analisi a seconda del range di altezze da captare.

Gli algoritmi per captare l'altezza si possono essere classificati in 5 categorie:

1. Dominio temporale: cercano la periodicità del segnale nello *zero-crossing* o nei picchi. Sono poco dispendiosi e facili da implementare, ma imprecisi perché leggono tutte le frequenze che passano per i punti nulli o massimi. Come soluzione, Kuhn perfeziona il metodo che utilizza lo *zero-crossing* passando il segnale in un banco di filtri. Viene processato solo il segnale che conserva un'ampiezza significativa dopo il passaggio nei filtri.
2. Autocorrelazione: comparano un segnale con la sua copia ritardata prima di 1 campione, poi di 2 e così via. Sono efficienti alle frequenze medio-basse, per questo hanno avuto molto successo nel campo del riconoscimento del parlato.
3. Filtro adattivo: Dipendenti dal tipo di segnale in ingresso. Una strategia è di passare il segnale in un filtro passabanda molto stretto. Il segnale originale e quello filtrato sono mandati a un *difference detector circuit*. L'output del circuito è rimandato come segnale di controllo alla frequenza centrale del filtro passabanda. Questo controllo forza il filtro a

convergere alla frequenza del segnale d'ingresso. Il test di convergenza misura la differenza tra l'output e l'input del filtro. Quando la differenza è vicina a zero, il sistema arriva al valore di altezza.

4. Dominio frequenziale: Attraverso la *short-time Fourier transform* (STFT) dividono lo spettro in bande distanziate uniformemente e analizzano segmenti temporali così suddivisi alla ricerca della frequenza stabile più bassa con energia sufficiente. Essendo la percezione aurale umana logaritmica, con questo metodo le frequenze più basse sono captate in modo meno preciso, quindi è necessario usare un numero maggiore di bande di frequenza, a discapito della risoluzione temporale.

La *tracking phase vocoder analysis* (TPV), a partire dalla STFT, genera una serie di tracce che portano le informazioni delle parziali preminenti. Le tracce possono cambiare le informazioni di frequenza nel tempo, interpolando più bande fisse di analisi.

Riconoscimento del ritmo

Il riconoscimento del ritmo è fondamentale in una performance live in cui il computer deve seguire il tempo dello strumentista, così come è utile a tracciare il metro musicale usato.

Il riconoscimento del ritmo trasforma una sequenza di campioni in una lista di eventi quantizzati a cui sono assegnati valori di durata. Questi eventi sono poi raggruppati in unità musicali più grandi come i pattern ritmici, gruppi irregolari, misure e frasi. Uno stesso ritmo, però, può essere scritto in modi diversi e l'esecuzione di uno strumentista non potrà mai essere perfetta dal punto di vista temporale, per questo gli algoritmi per il riconoscimento del ritmo devono ignorare le variazioni temporali insignificanti. Per rilevare il ritmo è necessario attuare una strategia che combini il rilevamento dell'involuppo di ampiezza (soglie di attacco e decadimento) con quello della frequenza.

Analisi spettrale

La trasformata di Fourier è un calcolo matematico che esamina un segnale periodico e ne ricava lo spettro scomponendolo in una somma teoricamente infinita di componenti sinusoidali, ognuna delle quali ha una sua ampiezza e fase. Essa parte dal presupposto astratto che un segnale sia perfettamente periodico e di durata infinita. La *short-time Fourier transform* (STFT) è l'adattamento della trasformata di Fourier ai suoni reali campionati che sono soggetti a variazioni nel tempo e non sono mai perfettamente periodici. La STFT impone una sequenza di finestre temporali di più di 100 *frames* per secondo all'interno delle quali avviene l'analisi. Una finestra è un tipo di involuppo specifico disegnato per l'analisi spettrale. La finestatura permette di risparmiare memoria RAM e di ottenere risultati più velocemente con calcoli meno onerosi. Le finestre possono essere sovrapposte per coprire i punti di inizio e fine involuppo per evitare che parte del segnale rimanga escluso dell'analisi. Aumentare il fattore di sovrapposizione protegge dall'*aliasing* che può presentarsi in trasformazioni come il *time-stretching* e la *cross-synthesis*. Un fattore di sovrapposizione di 8 o più è consigliato quando l'obiettivo della STFT è la trasformazione del segnale d'ingresso.

Dopo aver “finestrato” il segnale, la STFT applica la *fast Fourier transform* (FFT) a ogni finestra. La FFT gestisce i segnali campionati. Il suo output è uno spettro discretizzato in frequenza che è la misura dell'energia spettrale in determinate bande di frequenza.

Ogni blocco di dati generato dalla FFT è chiamato *frame*. Ogni *frame* contiene due informazioni: l'ampiezza di ogni componente e la fase iniziale di ognuna di esse. La STFT crea quindi un set discretizzato di frequenze a intervalli uguali. Lo spazio tra queste frequenze dipende dalla lunghezza della finestra di analisi che corrisponde al periodo fondamentale (frequenza di campionamento / lunghezza della finestra in campioni = dimensione delle bande in Hz). Ciò significa che la lunghezza della finestra dovrà essere pari alla frequenza fondamentale del suono da

analizzare, cosicché il resto dello spettro sia suddiviso nelle sue armoniche. Nel caso in cui vi siano due o più componenti nella stessa banda, si hanno dei battimenti, cioè delle cancellazioni e dei rafforzamenti periodici di fase.

La STFT può risintetizzare ogni forma d'onda “finestrata” applicando la *inverse discrete Fourier transform* (IDFT) a ogni *frame*. A partire dai valori di ampiezza e fase delle diverse bande di frequenza, genera un segnale attraverso gli stessi involucri delle finestre di analisi.

Qui di seguito le principali tecniche di analisi e sintesi:

Analisi con filtro a eterodina

E' un tipo di analisi adatta ai soli suoni armonici. L'utente deve dichiarare la frequenza fondamentale e il filtro ricerca un certo numero di armoniche a partire da essa, moltiplicando l'input per un'onda sinusoidale e un'onda cosinusoidale. Per ogni parziale vengono registrati i valori d'ampiezza e frequenza che descrivono l'andamento temporale dello spettro. Scostamenti dalla frequenza di una certa parziale contenuti nell'ambito di $4 \div 5$ % sono ottimamente rilevati.

Si può comprendere come questo sistema, a differenza di altre analisi, sia ottimale per indagare fenomeni come la disarmonicità, l'interfluttuazione, ossia tutte le microvariazioni che interessano ciascuna componente dello spettro armonico. E' un tipo di analisi molto limitato perché non riesce a leggere tempi di attacco inferiori a 50ms e cambiamenti di altezza maggiori del 2%.

Phase Vocoder (PV)

Il phase vocoder è una delle analisi più utilizzate perché è particolarmente efficiente, anche se ha un notevole peso computazionale e ha inoltre lo svantaggio che ogni segnale sonoro in ingresso richiede un'analisi studiata caso per caso e non può dunque essere utilizzata in tempo reale. Grazie

ad essa è possibile variare la durata di un suono senza alterarne le componenti frequenziali.

Funziona attraverso la STFT ed è basata sulla sintesi additiva. Gli involucri di ampiezza e frequenza ricavati dalla STFT sono mandati a un banco di oscillatori per effettuare una *sinusoidal additive resynthesis* (SAR).

La qualità di un'analisi *phase vocoder* (PV) dipende da come sono impostati i suoi parametri:

- Frame size è il numero di campioni in ingresso che deve essere analizzato in una finestra. Un frame size grande permette un maggior numero di bande, ma diminuisce la risoluzione temporale.
- Window type è l'involuppo della finestra. Hamming, Hanning, Gaussian, Blackman-Harris, Kaiser.
- FFT size è il numero di campioni analizzati dall'algorithm FFT e la scelta della sua dimensione dipende dalle trasformazioni che si vogliono applicare al suono. Nel caso della cross-synthesis, ad esempio, deve essere la potenza di due che è almeno il doppio del frame size.
- Hop size, o overlap factor, è il fattore di sovrapposizione delle finestre.

Wavelet (WT)

La trasformata *wavelet* è efficace sia con segnali stazionari, sia con segnali non stazionari, cioè variabili nel tempo. Ha la particolarità di adattare la risoluzione dell'analisi a seconda delle esigenze: ad alte frequenze ha una maggiore risoluzione temporale e a basse frequenze una maggiore risoluzione frequenziale. Il nome wavelet (ondina) è dovuto proprio a questa variabilità: l'analisi divide lo spettro in una griglia tempo-frequenza in cui ogni cella è una finestra. In ogni finestra l'involuppo (generalmente gaussiano) varia il suo periodo in rapporto alla banda di frequenza, formando delle “ondine”. Dato che la durata di ogni “ondina” corrisponde alla frequenza

centrale di un filtro, più lunga è la wavelet, più grave è la frequenza centrale. Quindi, nell'analisi, il segnale in ingresso è moltiplicato per una griglia di *ondine* che finestra il segnale in ingresso e, come nella STFT, ricava uno spettro di ampiezza e uno di fase per ogni frame analizzato.

4 I dispositivi di controllo e il gesto

4.1 Albori

Decadi di performance con strumenti analogici precedettero gli esperimenti della computer music. Le performance digitali di oggi si rifanno ad anni di sperimentazioni. Strumenti come il Theremin (1928), le Ondes Martenot (1928), il Trautonium (1949) furono pionieristici rispetto alle nuove tecniche di performance e ai nuovi suoni elettronici, decenni prima che venissero digitalmente implementati.

I sistemi digitali di interazione in tempo reale furono immaginati sin dagli albori della computer music. Tra gli anni '50 e '60 si compilavano le schede perforate presso una consolle dedicata e poi, in un secondo momento, le si inviavano a un tecnico che le inseriva in una macchina per leggere le schede, collegata a un computer. Nei giorni successivi, veniva spedito il risultato computazionale e una bobina di nastro magnetico digitale che, per essere udibile, necessitava di essere convertita presso un altro computer apposito. Negli anni '70, con la creazione dei terminali e i minicomputer per la sintesi digitale, i musicisti potevano inviare direttamente i dati all'elaboratore, ma ancora non era possibile ritrovare la naturalezza del gesto musicale. E' a metà degli anni '70 che finalmente questo sogno è reso possibile, grazie ai sistema ibridi: computer in comunicazione con sintetizzatori analogici, come Hybrid IV, sviluppato alla University of California, San Diego che permetteva di fornire segnali di controllo da tastiera durante la performance. Alla fine degli anni '70 nacquero i

sintetizzatori ibridi che incorporavano un microcomputer e una tastiera da organo. Fu creato GROOVE ai Bell Lab che permetteva di usare controlli come potenziometri o joystick, oltre al terminale del computer. Era addirittura possibile disegnare curve di involuppo dei vari parametri di sintesi su un display grafico.

4.2 Strumenti aumentati e strumenti fittizi

Da questa esperienza nascono i primi controller, non solo in forma di potenziometri, pulsanti, ecc, ma anche di strumenti musicali che, come tali, rispondono al gesto umano e ridonano alla musica l'estemporaneità, la naturalezza e l'espressività del gesto musicale.

Le prime composizioni per live electronics sono nate per strumenti aumentati, forniti di sensori. I dispositivi d'ingresso transducono il movimento umano in energia elettrica che viene poi trasformata in segnale digitale per l'elaborazione. Da questi sono nati poi strumenti prettamente elettronici, assieme a dispositivi di controllo che nulla hanno a che fare con gli strumenti musicali tradizionali, ma che codificano ugualmente un gesto espressivo, come sensori per i segnali bioelettrici, guanti forniti di sensori, theremin, ribbon controller, polhemus tracker, ultrasonic ranger, mappatura delle riprese con le telecamere, ecc.

Il vantaggio di suonare la versione elettronica di strumenti musicali esistenti è che il musicista trova la familiarità di un approccio immediato e in più può di espandere le possibilità timbriche e di accordatura, valicando i limiti fisici dello strumento. I difetti però si sentono subito nei limiti percettivi dovuti proprio alla mancanza dell'applicazione di leggi fisiche: una corda di contrabbasso è più spessa e necessita di un apporto di forza maggiore rispetto a quella di un violino, come nei legni è spesso richiesta più energia per suonare le note più alte; non è così con gli strumenti elettronici, in cui lo stesso controller per fiati mette a disposizione, con lo stesso sforzo fisico, la possibilità di emettere il suono di un flauto dolce e quello di un fagotto e, perché no, anche quello di

una viola, di un'arpa o di un sintetizzatore digitale.

4.3 I controller

Un semplice modello di *controller* è costituito da un sensore collegato a un'interfaccia elettronica che trasduce il segnale nella forma digitale adeguata e lo invia a una centralina in grado di leggere i valori inviati (dal 1983 si usa il protocollo universale MIDI). A seconda che il sensore ricopra la funzione di switch o che mandi una serie continua di valori, manda un segnale di controllo discreto o continuo. Nei dispositivi commerciali, sensori e interfaccia si trovano nella stessa unità che emette direttamente segnali MIDI.

I primi *controller* furono usati coi sintetizzatori. I sintetizzatori analogici modulari degli anni '70 offrivano la possibilità di collegare qualunque tipo di controllo esterno perché potevano essere controllati da variazioni di corrente (*voltage-controlled synthesizer*). L'altezza, l'ampiezza, la frequenza centrale di un filtro potevano essere variate applicando un cambiamento di corrente nell'*input jack* di controllo.

Mentre nei sistemi analogici veniva semplicemente mandato un segnale elettrico entro un determinato range in Volt, nei sistemi digitali è richiesta una codifica che permetta operazioni più complesse. Già nel 1969 Mathews e Rosler sperimentavano i primi rudimenti di segnali di controllo d'ingresso a un computer. Nel 1977 fu creato il Dartmouth, il primo sintetizzatore digitale che integrava dei controlli in tempo reale: la tastiera, dei controlli rotativi e dei pulsanti. Da questo momento in poi, tutti i sintetizzatori, siano essi analogici, ibridi o digitali, incorporano la tastiera o altri controlli d'ingresso. Viene implementata la tastiera prima di altri tipi di controlli su modello di strumenti musicali esistenti perché è la più semplice da implementare dal punto di vista di trasduzione di una forza meccanica in elettricità e di codifica e perché lo strumento più suonato è il

pianoforte. Gli strumenti ad arco, ad esempio, presentano particolari problemi nel riconoscimento dell'altezza dei suoni: nel MIDI l'altezza è discretizzata per semitoni e ogni semitono è codificato con un numero⁵. Su una tastiera basta assegnare un numero ad ogni ogni tasto e il gioco è fatto, mentre su uno strumento ad arco o a corde pizzicate (esclusi ovviamente quelli a tastiera) è necessario combinare strategie acustiche e sensori elettromeccanici, così come strategie particolari si attuano, ad esempio, per gestire le ottave sugli strumenti a fiato.

Usare i modelli degli strumenti tradizionali ha quindi i suoi svantaggi perché, oltre a limitare le potenzialità dei sintetizzatori, mette in difficoltà l'esecutore che non trova una risposta naturale come sullo strumento acustico. Nel tentativo di valicare i limiti degli strumenti acustici, centri di ricerca e aziende danno vita ai dispositivi di controllo più disparati: dalle onde cerebrali, al laser, al touch screen.

4.4 Mapping

I messaggi mandati dai dispositivi in ingresso, siano essi *controller* o dati ricavati da fonti audio, arrivano al sintetizzatore o al computer in forma di flussi di dati che devono essere riscaldati e assegnati a ogni parametro. Questo “ponte di collegamento” virtuale è chiamato *mapping*.

A seconda delle esigenze, il programmatore può decidere di mappare subito i dati ricevuti per usarli in azioni immediata, o di leggere e immagazzinare i dati per un utilizzo successivo.

4.5 MIDI

Cos'è

Il MIDI è un protocollo standard di comunicazione tra sintetizzatori, controller, mixer digitali,

⁵ Ad esempio, 60 è il Do centrale

computer e altre periferiche audio digitali. Il collegamento tra i dispositivi avviene attraverso delle connessioni hardware MIDI. Ogni dispositivo MIDI contiene un microprocessore che interpreta e genera dati MIDI. Anche se creato appositamente per il campo musicale, questo protocollo non ha realmente a che fare con la musica, nel senso che i flussi di dati non contengono musica ma una serie di informazioni che riguardano il gesto umano su dei controlli: quanto e quando viene premuto un tasto, di quanto viene girata una rotella, ecc.

Storia

Il controllo di sintetizzatori tramite computer iniziò nei primi anni '70 con GROOVE e HYBRID, anni prima che il MIDI fosse concepito, ma ogni sistema aveva il suo protocollo e il suo software specifico. Nei tardi anni '70 fu finalmente possibile l'utilizzo di microprocessori poco costosi per controllare i sintetizzatori. La necessità di creare uno standard di comunicazione tra i dispositivi messi in commercio portò, nel 1982, ad un accordo tra case di produzione come Sequential Circuits, Oberheim e Roland Corporation per definire le specifiche preliminari per una possibile interfaccia musicale. I primi strumenti MIDI furono introdotti in commercio nel 1983. Nell'agosto dello stesso anno furono pubblicate, per mano di case di produzione americane e giapponesi, le specifiche della versione 1.0 del protocollo MIDI.

Da qui in avanti, possono essere sviluppati software dedicati alla comunicazione in modo molto più agevole. Non solo tra sintetizzatori o tra sintetizzatori e computer, il protocollo MIDI può essere usato per controllare mixer digitali, o per la sincronia con altri dispositivi, come la gestione delle luci, o con altri protocolli di sincronizzazione (come l'SMPTE) per coordinare musica, video e grafica. Da qui in avanti, i controller sono concepiti separatamente dal generatore di suono (sintetizzatore o campionatore), cosicché un singolo dispositivo possa controllare più generatori e un generatore possa essere controllato da qualsiasi tipo di dispositivo d'ingresso.

Hardware

I dispositivi MIDI sono tutti dotati di porte dedicate. Le porte sono IN, OUT e THRU e sono dei connettori DIN⁶ a 5 pin, di cui due pin sono inutilizzati. La trasmissione è seriale, la velocità è di 31.250 bps e la schermatura dei cavi permette una trasmissione senza interferenze di massa sino a 15 metri.

I connettori sono otticamente isolati per prevenire interferenze da altri segnali elettrici e sono collegati a un chip UART (*universal asynchronous receiver / transmitter*) che gestisce i messaggi: elimina *start* e *stop* bit di ogni messaggio e invia, in serie, messaggi da 1byte al microprocessore del dispositivo MIDI per la decodifica.

L'ingresso MIDI IN riceve i segnali inviati al dispositivo, MIDI OUT trasmette i dati verso altri dispositivi MIDI o computer e MIDI THRU porta una copia in parallelo dei dati che arrivano all'ingresso MIDI IN e serve a collegare più dispositivi.

La perdita di dati attraverso il MIDI THRU può avvenire dopo più di 2 collegamenti, questo perché l'isolatore ottico smussa i picchi degli impulsi MIDI e crea un *frame error*, cioè i dati vengono letti da un punto di partenza sbagliato, creando gli errori nella lettura più svariati. Per evitare questo tipo di errori si può usare una MIDI *patch bay* che gestisce l'interconnessione di un gruppo di dispositivi.

Ogni sintetizzatore o processore di segnale con una porta MIDI contiene un microprocessore, il cui ruolo è decodificare i messaggi mandati dall'UART e tradurre il gesto umano sui controlli in una sequenza di messaggi MIDI. Il programma che si occupa di queste funzioni è il *driver* del MIDI che è parte integrante dei sistemi operativi dei computer odierni.

⁶ Denominazione di un tipo di connettore definito dall'istituto per la standardizzazione Deutsches Institut für Normung

Protocollo

Il protocollo MIDI permette la trasmissione da 1 a 16 canali differenti e ognuno di questi canali può essere usato per raggiungere altri dispositivi o per gestire flussi di dati diversi. Tutti i canali sono gestiti attraverso un singolo cavo.

Ogni messaggio è formato di un pacchetto di *byte* bipartito: *status byte* e *data byte*.

Lo *status byte* identifica il tipo di messaggio in arrivo, Il primo *bit*, detto MSB (*Most Significant Bit*), è sempre 1. Quando è operativo, lo stato si identifica come *running status*.

Lo *status byte* è seguito da uno o due *data byte*, portatori effettivi del messaggio. Il MSB del *data byte* è 0.

I messaggi sono classificati come segue:

- *Channel*: E' riferito a un canale specifico ed è espresso da 4 bit dello *status byte*.
 - *Voice*: Indirizzato al controllo delle voci, cioè delle note.
 - *Mode*: Seleziona la modalità di gestione delle voci.
- *System*:
 - *Common*: Mandato a tutti i dispositivi collegati. Porta messaggi globali.
 - *Real time*: Sincronizza i dispositivi attraverso un messaggio di *clock*. Contiene solo *status byte*.
 - *Exclusive*: Riservato ai produttori per aggiungere parametri per dispositivi specifici.

Ogni dispositivo interpreta i dati in ingresso a seconda di come è settato il parametro *mode*:

- Omni On, Poly: riceve messaggi da tutti i canali *voice*. Polifonico. Usato come test.
- Omni On, Mono: come poly, ma monofonico.
- Omni Off, Poly: Necessita della selezione di un canale specifico. Polifonico.
- Omni Off, Mono: Supporta gli strumenti multi-timbrici. Monofonico.
- General MIDI: preset di suoni, melodie, armonie, ecc.

5 Analisi di brani per live electronics e violino

5.1 Violin phase di Steve Reich

Violin phase (1967) è uno dei primi lavori di Reich, risalente al periodo minimalista, in cui egli scopre e fa largo uso della tecnica *phase shifting*, la quale consiste nello spostamento di fase graduale di una o più linee, formate da uno stesso pattern ritmico-melodico, rispetto ad un'altra che si mantiene costante nel tempo.

I primi brani per nastro, *It's gonna rain* (1965) e *Come out* (1966), sono anche quelli in cui Reich scopre ed usa per la prima volta la tecnica del *phase shifting*. Egli sottolinea che l'uso del parlato come fonte sonora non avviene «alterando l'altezza o il timbro, bensì mantenendo l'originale potere emozionale che il parlato possiede, intensificando la sua melodiosità e il suo significato attraverso la ripetizione e il ritmo»⁷.

Reich scopre che, attraverso questa tecnica, si viene a creare un processo musicale impersonale, che funziona da sé, senza alcun intervento esterno, attraverso il quale si ha il completo controllo del risultato perché esso determina, nota per nota, ogni dettaglio e, al contempo, genera l'intera forma.

Questo processo è udibile perché avviene in modo estremamente graduale, com'è proprio dell'estetica musicale minimalista. In questo lento cambiamento si vengono a scoprire prodotti psicoacustici impersonali e inattesi, quali melodie nascoste che nascono dalla sovrapposizione di pattern (semplici cellule ritmico-melodiche), effetti stereofonici che variano a seconda della posizione dell'ascoltatore, armonici, piccole irregolarità nella performance, ecc...⁸.

Ciò che distacca Reich dall'estetica minimalista è lo scopo del processo musicale innescato; come

⁷ S.Reich, Prefazione dell'album *Early Works*, 1987

⁸ S.Reich, *Music as a gradual process*, 1968

egli stesso dichiara: «There's no intent on my part to create anything like a trance. A lulling into unconsciousness would be the worst possible result. What I hope my music summons up in more attention to detail [...]».

It's gonna rain è la rielaborazione di un nastro, registrato nella Union square di San Francisco, in cui la voce di un predicatore di colore allerta gli astanti riguardo l'imminente arrivo del diluvio universale. La prima parte del brano consiste in un frammento vocale (“it's gonna rain”) posto su due tracce in loop che si distanziano sempre più in fase. La seconda parte è formata da frammenti più lunghi, sempre ricorsivi, che si sovrappongono su 4 e poi 8 tracce.

Reich scopre il *phase shifting* nel tentativo di copiare il nastro monofonico del frammento “*It's gonna rain*” su due tracce sfasate di 180°: il registratore a nastro usato da Reich è impreciso e le due tracce non sono sincrone, ma una scivola più avanti rispetto all'altra, attraverso un graduale spostamento di fase che si conclude col ritorno delle tracce in sincrono. Lungo questo processo, Reich rimane affascinato dalle evoluzioni ritmiche, armoniche e melodiche che ne derivano.

Come out è il primo brano in cui Reich utilizza con cognizione il *phase shifting* e lo rende un vero e proprio processo compositivo. Il materiale sonoro è ricavato da un'intervista ad un ragazzo di colore del ghetto di Harlem, riguardo alla vicenda di Harlem Six. Tale intervista era stata fornita a Reich da Truman Nelson, un attivista per i diritti civili che chiese a Reich di creare un pezzo a favore della scarcerazione di alcuni ragazzi, basato su una serie di nastri d'intervista.

Reich riversa il frammento “come out to show them” su due canali. In principio le due tracce suonano in unisono, poi slittano gradualmente fuori sincrono, per produrre l'effetto di *phase shifting*. La discrepanza aumenta gradualmente, sino a raggiungere un effetto sonoro simile a un canone. Le due voci divengono 4, poi 8, finché le parole diventano inintelligibili.

Col brano *piano phase* (1967) il processo di *phase shifting* evolve dalla registrazione su nastro all'esecuzione su strumento. Il brano è eseguito su due pianoforti che suonano lo stesso pattern ritmico-melodico all'unisono; il primo pianista esegue costantemente il pattern allo stesso tempo, mentre il secondo aumenta gradualmente di velocità sino a trovarsi una biscoma avanti al pattern suonato dal primo pianista e qui il processo si ferma per far udire il nuovo pattern; dopodiché il secondo pianista scivola un'altra biscoma avanti e il processo si ripete fin quando i due pianoforti si ritrovano nuovamente ad eseguire il pattern iniziale, all'unisono.

Violin phase è una composizione in cui il *phase shifting* è usato in modo pienamente consapevole, tantoché alcuni dei molteplici risultati psicoacustici, creati dalla sovrapposizione dei pattern fuori fase, sono selezionati ed eseguiti da uno degli strumenti che pone in risalto, attraverso l'uso di accenti, l'una o l'altra configurazione ritmico-melodica nascosta, detta *unexpected pattern* o *resulting pattern*.

L'esecuzione del brano è riservata a 4 violini o un violino e tre nastri. Nel caso dell'esecuzione con nastro, le tracce vanno registrate su un registratore multitraccia: il violinista suona continuamente la prima battuta per un tempo che va da uno a cinque minuti (violino 1, battuta 1), il nastro è riavvolto e all'esecutore viene dato un paio di cuffie con le quali riascoltarsi mentre esegue la seconda traccia, la quale corrisponde al pattern di base spostato di 4 crome in avanti (violino 3, battuta 7). La terza traccia è registrata, allo stesso modo, quattro crome avanti rispetto alla traccia due (violino 4, battuta 18). A questo punto, da ogni nastro sono selezionate dalle tre alle sette ripetizioni che vengono messe in loop e missate su traccia stereo, secondo lo schema indicato in partitura.

Durante l'esecuzione, l'amplificazione deve essere in mono, cosicché sia le tracce registrate sia il suono del violino suonato dal vivo siano presenti in entrambi gli altoparlanti. Le due tracce della registrazione stereo, prima di essere amplificate, passano per un mixer, grazie al quale preservano

due controlli indipendenti del volume. Il violino suonato dal vivo deve avere un volume leggermente maggiore rispetto alle tracce su nastro.

Per l'esecuzione è necessaria la presenza di un assistente che vari i volumi delle tracce come indicato in partitura.

Da battuta 9 a battuta 11b e, di nuovo, da battuta 18 a battuta 22g il violinista suona i *resulting pattern* formati da “violino 1+3” (traccia 2) o “violino 1+4” (traccia 1+2).

Nei punti in cui devono essere eseguiti i *resulting pattern*, le parti sono riscritte armonicamente in un pentagramma sottostante il sistema per permettere all'esecutore una visione globale del risultato sonoro, con lo scopo di scoprire *resulting pattern* alternativi che possono essere annotati nelle battute vuote a fine sistema (“alternate resulting pattern”) ed eseguiti.

Le ripetizioni hanno un'indicazione in partitura che va da un minimo a un massimo possibile, a scelta dell'esecutore e lo scopo è di avere la possibilità di passare alla fase successiva solo quando la relazione tra le parti risulta essere perfettamente chiara all'esecutore che può quindi passare alla battuta successiva.

La durata del brano varia tra i 14 e i 16 minuti.

Quando il brano è eseguito da quattro violinisti, le indicazioni delle parti come “violino 1”, “violino 2” non sono restrittive, infatti c'è una certa dose di libertà sulla scelta della distribuzione delle parti lungo il brano che è a discrezione degli esecutori, a secondo delle loro preferenze e capacità.

Gli accenti indicati in partitura servono a porre in risalto il nuovo materiale ritmico-melodico dei *resulting pattern*.

Le indicazioni di dinamica (forcelle di crescendo e diminuendo) sono da intendersi lungo lo svolgersi di tutta la cellula e non sulla singola battuta.

5.2 Boulez – *Anthèmes* e *Anthèmes 2*

La versione originale di *Anthèmes* è stata creata il 19 novembre 1991 in occasione di un concerto in omaggio ad Alfred Schlee (19.11.91), amico di lunga data di Pierre Boulez e vecchio direttore della Universal Edition. La partitura attuale, pubblicata dalla Universal Edition, è una versione riveduta del 1992. La versione con l'elettronica, *Anthèmes II*, è stata realizzata all'Ircam con Andrew Gerzso ed eseguita il 19 ottobre 1997 al festival di Donaueschingen dal violinista Hae Sun Kang.

Il brano *Anthèmes* nasce da una parte inutilizzata di una delle prime stesure di *exploisante-fixe*, un brano per violoncello risalente al 1972. La pratica di prendere un elemento di un brano già scritto in passato e svilupparlo in una nuova composizione fa parte dell'approccio compositivo di Boulez. In questo brano, Boulez fa uso del concetto di “famiglia di scrittura musicale”, cioè di figure musicali accomunate da determinate caratteristiche. Queste figure possono essere definite “oggetti” e sono qui di seguito elencate⁹:

⁹ Marco Marinoni, *Anthèmes 2: un approccio monodirezionale al live-electronics*, Tabella 1, pag.2

CLASSIFICAZIONE	MORFOLOGIA	VARIANTE
a	frammento melodico	direzionalità discendente
a'		direzionalità ascendente
a''		a-direzionale
b	trillo semitono o tono	isolato
b'		seguito da una nota più grave, stessa arcata
b''		bicordo / tricordo sul transiente d'attacco
b'''		acciaccatura sul transiente d'attacco
c	bicordi crine	arco battuto
c'		sul pont. non legato
d	linee discontinue	convergenti in un unisono
d'		divergenti a partire da un unisono
e	oggetto puntiforme arco battuto crine / legno	unisono
e'		bicordo
f	suono tenuto	suono ordinario
f'		armonico di quinta
f''		armonico di quarta
g	glissando	ascendente indeterminato in armonico
g'		discendente indeterminato in armonico
h	suono breve ordinario	con acciaccature
h'		senza acciaccature
h''		gruppi irregolari con acciaccature
h'''		gruppi regolari di 2,3 o 4 legato stessa arcata
h''''		gruppi regolari con acciaccature
i	elemento scalare	direzionale discontinuo ascendente
i'		direzionale discontinuo discendente
i''		direzionale continuo (arcata unica) ascendente
i'''		direzionale continuo (arcata unica) discendente
j	picchettato	con acciaccature
j'		senza acciaccature
k	staccato	gruppi regolari
k'		gruppi irregolari
l	pizzicato	suono singolo
l'		bicordo
l''		tricordo
l'''		gruppi irregolari note singole + bicordi
l''''		quadricordo
m	tricordi / quadricordi	arco, seguiti da suoni brevi, stessa arcata
n	tremolo d'arco	con acciaccature
n'		senza acciaccature
z	respiro	

Da questi oggetti sono create delle piccole cellule tematiche che, proliferando, costruiscono l'intero brano.

Buolez dichiara in un'intervista: « [...] sono ora convinto che la musica debba essere basata su oggetti musicali riconoscibili. Questi non sono “temi” in senso classico ma, piuttosto, entità che, sebbene cambino costantemente nella loro forma, hanno determinate caratteristiche a tal punto identificabili da non poter essere confuse con alcun'altra entità».

Le prime battute comprendono le 5 cellule tematiche del brano:

Libre ♩ = 92
brusque

(♩ = 92) *rall.* (♩ = 66)

(pas trop long)

batt. (archet normal)

ricochet ad lib.

c.l. batt.

Libre

archet normal

gliss.*

(pas trop lent)

f *fff* *> mf* *< ff*

gliss. *mf* *pp* *ppp* *ppp* *pppp*

(dim. à l'inaudible)

↳ zig zag ↴

↳ zig zag—zig zag—zig zag—zig zag ↴

↳ "a" ———↳ "b" ———↳ "c" ———↳ "d" ———↳ "e" ↴ "signal" punctuation

(Anthèmes I für Violine © Copyright 1992 by Universal Edition A.G., Wien/UE 19992)

- a: settimana di profilo discendente
- b: trillo
- c: andamento a zig zag (stesse note di a)
- d: nota tenuta in staccato + glissando
- e: suono isolato

La struttura formale di *Anthèmes* consiste di 6 sezioni, l'ultima delle quali è tripartita (VIa, VIb, VIc)

Alcune delle cellule tematiche sopra descritte divengono caratteristiche di intere sezioni del brano, ad esempio:

“b”, in forma di “profilo trillato”, è il soggetto principale della sezione IV ed è inoltre presente nella sezione I e anche nella sezione III in forma abbreviata.

“e” compone la testura di pizzicati nella seconda sezione e gli *staccatissimi* delle sezioni III e IV.

Inoltre, la colorazione *con legno* di questa cellula motivica viene ripresa nella sezione VI.

Secondo John MacKay¹⁰, la dedica ad Alfred Schlee “19.11.91” può essere letta come rapporti

¹⁰ J.W.MacKay, *Analytical diptich: Boulez Anthèmes / Berio Sequenza XI*

intervallari di semitono: 1s 9s 1s 1s 9s 1s. Partendo dal tritono RE-SOL# , ascendendo da SOL# di un semitono e poi di una sesta maggiore (9s), si ottengono LA e FA#.

Seguendo la parte centrale della dedica, se si ascende e discende di un semitono da RE, il secondo polo del tritono RE-SOL#, si ottengono Mib e DO# .

Discendendo da SOL# di un semitono e di una sesta maggiore, si ottengono SOL e Sib.

Le altezze ricavate sono quelle che costituiscono le cellule tematiche “a” + “b” e “c”.

Nel 1995, Boulez decide di comporre presso l'Ircam una versione elettroacustica di *Anthèmes*, la cui realizzazione è affidata a Andrew Gerzso, che aveva già realizzato la parte elettroacustica di altri brani dell'autore. L'approccio di Gerzso è il tempo reale: tutto il materiale elettronico è generato dal violino durante l'esecuzione. Per la realizzazione è stato utilizzato Max/FTS, il linguaggio di programmazione sviluppato all'Ircam da François Déchelle. La gestione degli eventi violino-elettronica è completamente automatizzata grazie all'utilizzo di uno score follower.

Lo scopo dell'elettronica è quello di realizzare uno strumento aumentato virtualmente, cioè che sia compensato dall'elettronica laddove si presentano i limiti fisici dello strumento e dell'esecutore. Ad esempio, uno strumento ha i suoi limiti di estensione, di dinamica, di spettro, di polifonia, come lo strumentista è impossibilitato ad articolare i gesti oltre una certa velocità o estensione degli arti e delle dita.

Gli armonici prodotti dal violino subiscono un processo di trasposizione, a cui segue un arricchimento dello spettro e, per finire, il suono è immesso in un modulo risonante, in cui la frequenza di risonanza è identica a quella dell'armonico desiderato. In questo caso, il processo messo in atto arricchisce lo spettro, rispettando le formanti caratteristiche dello strumento.

Altro esempio è la tecnica di “time stretching”, applicata attraverso il software Audiosculpt.

La sezione 2, tutta in pizzicato, si presenta in forma di canone e la parte elettronica utilizza un

modulo di trasposizione combinato a dei *delay* per creare le varie voci del canone.

La spazializzazione, come nelle altre opere di Boulez, è utilizzata per articolare la struttura della frase musicale. In *Anthemes 2* è utilizzato “le Spatialisateur”, un sistema di spazializzazione sviluppato all'Ircam e all'Espaces Nouveaux da Jean Marc Jot, fondato su un approccio percettivo all'ascolto dello spazio sonoro, che permette di identificare chiaramente la posizione del suono e i giochi di profondità dei piani.

5.3 Luigi Nono - La lontananza nostalgica utopica futura (1988)

Scritto per violino solo, 8 canali di nastro magnetico e da 8 a 10 leggi, di cui solo sei con partitura.

I leggii sono parte integrante dell'organico perché segnano il cammino del violinista, che contribuisce alla definizione dello spazio fisico della rappresentazione. A tale rappresentazione dello spazio fisico si aggiunge la creazione dello spazio virtuale, attraverso la regia del suono che gestisce la diffusione delle tracce preregistrate nello spazio sonoro, per mezzo di 8 altoparlanti, ognuno dei quali diffonde il suono di uno dei nastri.

Il processo compositivo e la drammaturgia del brano furono ispirati dal verso “Caminante non hay caminos, hay que caminar” della poesia *Cantares* di Antonio Machado (1875-1939) che Nono legge sul muro di un convento di Toledo. Da qui nasce l'esigenza di Nono di scrivere un brano che tematizzi il concetto del viandare. La partitura chiede al violinista di camminare da un leggio all'altro ed i leggii sono distribuiti irregolarmente e asimmetricamente sulla scena e tra il pubblico, mai vicini l'uno all'altro, ma collocati in modo da non permettere passaggi diretti tra essi, cosicché l'esecutore formi una rete di strade nei suoi spostamenti errabondi tra i leggii. Stessa cosa viene richiesta alla regia del suono che, attraverso la scelta del materiale e la spazializzazione, ha il compito di creare un cammino sonoro che si dispiega tra le 8 voci degli altoparlanti che dialogano tra loro e con lo strumento in un delicato equilibrio di complessità polifonica comune al madrigale

cinquecentesco. E proprio *madrigale per più caminantes* è il sottotitolo del brano e ne esplica la poetica.

La prima esecuzione fu realizzata in collaborazione col violinista Gidon Kremer. Fondamentale per le composizioni dell'ultimo periodo di attività di Nono è il rapporto con l'esecutore per il quale egli scrive il pezzo. Ad esempio, la realizzazione di questo brano è nata proprio in funzione della presenza di Kremer. Infatti molti dei suoni su nastro della prima esecuzione di *La lontananza nostalgica utopica futura* sono stati eseguiti da Kremer stesso e registrati senza rielaborazioni. Per ogni esecuzione successiva, il materiale sonoro viene nuovamente registrato.

Mentre la scrittura per violino è molto precisa, per quanto riguarda le 8 tracce su nastro, Nono non prevede una parte scritta, ma lascia delle annotazioni nella prefazione alla partitura che indicano una suddivisione dei materiali su nastro in 4 gruppi:

Tracce 1-2: materiale armonico assai denso, sovrapposto.

Tracce 3-4: suono originale di diversi modi d'attacco, suoni singoli, quinte.

Tracce 5-6: voci, parole, rumore di porte, sedie, ecc... e anche suoni di violino.

Tracce 7-8: materiale melodico acuto, melodie in armonici, tremoli stretti, spiccato e *jété*.

Così come le parti da registrare non sono prestabilite, la regia del suono ha libertà nella scelta dei materiali e nell'interpretazione ed è quindi libera di stabilire quale sia il materiale sonoro diffuso in un dato momento e può anche decidere per il silenzio assoluto.

La particolarità di questa composizione è che essa non è concepita come concerto per violino e nastro, ma i due elementi sono posti allo stesso livello, in una dialettica continua.

Il violinista entra in scena successivamente all'entrata del nastro che continua a risuonare dopo l'esecuzione del sesto e ultimo leggio, che determina l'uscita di scena del violinista. L'ultimo suono emesso dal violino è captato da un microfono e posto su una linea di ritardo e feedback della durata

di 3 secondi, che consente il permanere del suono nella sala dopo che l'esecutore è uscito di scena, per un tempo variabile a scelta della regia. «Il 6° leggio va posto vicino all'uscita dalla scena. [...] Il solista esce portando fuori il suono che continua su nastro a scena vuota»¹¹.

Ad ogni leggio corrisponde una pagina della partitura, formata da due o tre facciate. I leggii che portano nell'effettivo delle parti scritte sono 6; gli altri 2 o 4 sono leggii vuoti che determinano momenti di silenzio durante l'esecuzione. Le sei parti sono scritte ignorando una dimensione melodica o di fraseggio; ciò che il compositore vuole porre in risalto è la timbrica del suono che si caratterizza attraverso suoni-rumore, fruscii, emissioni quasi impercettibili, pianissimi tendenti al silenzio, suoni lunghi, armonici, suoni tenuti, modi di attacco differenti che spaziano dalla tastiera al ponticello.

Ognuno dei 6 leggii ha un suo proprio carattere ed è distinto da eventi di un determinato tipo:

Leggio 1: suoni isolati, alternativamente alla tastiera e al ponticello, con i crini e con il legno.

Leggio 2: suoni armonici e non alternati, sempre con l'uso di tastiera e ponticello, di crini e legno

Leggio 3: episodio iniziale di bicordi statici, poi armonici lenti e pianissimo, in questo episodio si raggiunge il limite dell'inudibile.

Leggio 4: suoni sforzati forte alternati a tremoli rapidissimi e pianissimo alla punta. Questo episodio contrasta per carattere al precedente.

Leggio 5: inizio di note lunghe da ppppp a f. Raggruppamenti improvvisi di note in fortissimo.

Armonici. Di nuovo raggruppamenti di suoni che alternano fff a ppp, estremi nel forte e nel piano.

Leggio 6: armonici nell'estremo piano, sonorità fortissimo, tremoli, alternanze di tastiera e ponticello, fino al suono sol acuto che rimane solo e anche dopo che il violinista esce di scena.

¹¹ L.Nono, *Avvertenze per l'esecuzione*, prefazione alla partitura, Milano, Ricordi, 1988

La variabilità della durata del brano (45' – 60') è data non solo dai tempi richiesti per il “cammino” da un leggio all'altro e l'aleatorietà dell'elettronica, ma anche dall'assenza di un ritmo definito: l'indicazione temporale iniziale (*tempo base*) di una delle pagine è variabile tra i 30 e i 40 battiti al minuto e, secondo quanto segnato in partitura, deve muovere in un accelerando che giunge variabilmente a 72, 120, 142 o 144 bpm. Manca un'indicazione ritmica e non vi è suddivisione in battute. Le stanghette presenti in partitura delimitano raggruppamenti sonori che producono un simile effetto. La precisione della partitura grafica per violino che, oltre a riportare con dovizia indicazioni temporali, tecniche, dinamiche e agogiche, contrasta con la libertà interpretativa del ritmo interno e nel rapporto col nastro.

Inoltre, vi sono continuamente indicazioni aggiuntive extramusicali che riguardano sentimenti, sensazioni, evocazioni di atmosfere che descrivono l'intenzione musicale, come se Nono avvertisse una certa lacunosità nella scrittura tradizionale. Questa necessità dell'autore di esprimere a parole l'intenzione è forse data dal fatto che nessun suono deve risultare uguale a un altro e questa distinzione può essere data solo da una connotazione il più possibile precisa che influenzi la struttura interna del suono. Infatti ogni suono scritto nella partitura vive di per sé; è un'entità individuale, articolata al suo interno, distinta da tutti gli altri suoni, affrancata da un legame discorsivo. Nel brano non vi è una proposizione tematica o formale, ma delle sonorità pure, isolate. E' all'interno del suono stesso che si deve ricercare una dimensione strutturale, come se il suono fosse fatto per essere udito di per sé, istante per istante.

La scrittura estremamente dettagliata per lo strumento contrasta con la richiesta di una dimensione esecutiva esasperata nei pianissimo che crea non poche difficoltà nella percezione dei dettagli sonori. Questa scelta rende però possibile una situazione di dialogo tra le parti, in cui lo strumento non sovrasta mai il suono emesso dagli altoparlanti ed è, anzi, portato a diventare un elemento indistinto all'interno dell'interazione.

6 La mia composizione

6.1 L'ambiente esecutivo

L'ambiente esecutivo usato per la mia composizione consiste di un computer, una scheda audio esterna, un microfono a condensatore da utilizzare sul violino, un controller midi (Novation Zero sl mkII) e 8 diffusori.

6.2 La sonata

Ho scelto di basare la mia composizione sul modello della sonata barocca per violino e basso continuo affermatasi, a partire dalla seconda metà del '600, soprattutto attraverso la figura di Arcangelo Corelli. Le sonate di A. Corelli con questo organico strumentale fanno parte della raccolta opera V e si dividono in 8 da chiesa e 4 da camera. Le sonate da chiesa consistono in un'alternanza di movimenti lenti e veloci, quelle da camera in una serie di danze. Il modello a cui mi rifaccio è la sonata da chiesa che è in genere costituita da:

1. un primo breve movimento lento quasi sempre in 4/4, con ritmi puntati e dissonanze armoniche.
2. Un secondo movimento veloce in stile fugato, con frequenti progressioni armoniche e melodiche.
3. Un terzo movimento lento, di solito breve, basato su una melodia cantabile e molto fiorita, affidata al violino e che imita la parte vocale delle arie d'opera.
4. Un tempo finale veloce, spesso in tempo composto in stile omofonico o pseudo polifonico o fugato che, in alcuni casi, ha le caratteristiche di una danza (di solito una giga) e, di conseguenza, una struttura bipartita.

Nella sonata da chiesa i movimenti sono unificati dalla stessa tonalità.

A partire dalla prima metà del XVII secolo, il violino si afferma come strumento superiore agli altri poiché meglio di tutti riesce a imitare la voce, la quale era considerata lo strumento più importante.

«Fra gli strumenti musicali meravigliosa veramente è la natura del violino; poichè non ve n' ha che in tale piccolezza di corpo e paucità di corde contenga così grande diversità di suoni, d' armonia e di ordinamenti melodici, e che meglio esprime la voce umana. Ciò che torna di somma lode al suo inventore! Perciò pur onorando Gasparo da Salò, non deve essere mai dimenticato l' antico Testori, o Testator, detto il vecchio, il quale per noi fu il primo a creare il violino»¹²

In questo periodo storico, nelle sonate per violino vengono esplorate e valorizzate le possibilità foniche, timbriche e tecniche dello strumento, grazie anche all'operato dei grandi liutai appartenenti alle famiglie Guarneri, Amati e Stradivari che ne perfezionarono la costruzione. Si affermano infatti i primi esempi di composizioni che fanno uso di posizioni acute, bicordi, tricordi, accordi arpeggiati, glissando, tremolo, pizzicato, colpi d'arco col legno sul ponticello, scordature, moto perpetuo¹³, ecc. Inoltre, tramite il violino si potevano imitare altri strumenti e versi di animali, soprattutto uccelli, e, grazie alle possibilità sue dinamiche, si potevano ottenere effetti di eco. Ad esempio il compositore Biagio Marini (1594-1663) in una sua sonata usa l'indicazione “violino in tromba” per denotare una tecnica particolare attraverso la quale il violino imita la sonorità della tromba.

Il mio intento è quello di sperimentare nuove possibilità espressive e timbriche del violino, come i primi violinisti agli albori della storia dello strumento, ma attraverso sistemi elettroacustici. Mi sono proposta quindi di rispettare la struttura formale della sonata barocca, prescindendo dal sistema tonale, per poter dare spazio alle possibilità dell'elaborazione del segnale e dell'elettronica.

12 GIOVANNI BATTISTA DONI, *Annotazioni sopra il Compendio de' generi e de' modi della musica*, Roma, Andrea Fei, 1640

13 Sfruttamento sistematico e ininterrotto di un determinato tipo di figurazione ritmica. Niccolò Paganini, *Moto perpetuo*, Op.11.

6.3 I processi

Il primo movimento, lento, fa prevalere il suono puro del violino e crea un accompagnamento con delle dissonanze armoniche quasi impercettibili attraverso l'uso della sintesi FM.

Il secondo movimento riprende la tecnica del phase shifting di Steve Reich e la adatta ad una fuga a 3 parti. Il basso è sviluppato grazie a uno score follower. L'esposizione del soggetto avviene su tre voci, di cui due sono a distanza di quarta discendente e di quinta ascendente dalla voce iniziale. Le voci iniziano l'esposizione a brevissima distanza l'una dall'altra per poi allontanarsi sino a raggiungere la giusta distanza ritmica. Segue il controsoggetto con aumentazione. La parte di contrappunto libero riprende degli elementi del soggetto che sono riproposti e sviluppati. Rientra il soggetto in stretto e la fuga finisce con un pedale.

Il terzo movimento, cantabile e fiorito, riprende l'uso di Boulez di aumentare elettronicamente lo strumento, al fine di creare fioriture al di là delle possibilità fisiche e tecniche.

Il movimento finale, in stile pseudo polifonico, pone la dialettica violino-nastro sullo stesso livello.

Vi sono diversi materiali di violino preregistrati divisi per tipologia. La struttura è bipartita.

7 Appendice A¹⁴

Time processing

<i>Processing</i>	<i>Technique</i>	<i>Results</i>
translation accumulation	delay, $t > 50$ ms feedback delay, $t > 50$ ms, gain < 1 . Nel feedback si possono inserire altri elementi di trasformazione come filtri, trasposizioni, ecc	eco semplice, ripetizione ripetizione con accumulazione. Struttura a canone con eventuali variazioni in presenza di trasformazioni nel feedback.
slowing down and quicking the pace	sampling	the pitch goes down when the time slows down and viceversa
backward	backward sampling	inversione temporale del suono; transient inversion
augmentation or diminution of duration	sampling with looping or skipping segment	prolungamento o accorciamento della durata di un suono mantenendo inalterate le caratteristiche di attacco e di decadimento. Vale per suoni con steady state.
freezing	asynchronous granular feedback delay, grain duration > 1 s; loop time $<$ grain time; gain < 1	prolungamento di una finestra temporale di un suono. Per non avere disturbi usare una finestra temporale di tipo gaussiano
foot tapping	adaptive and/or cognitive system	estrazione del beat da una musica ritmica
stretching and shrinking	phase vocoder; wavelet ; lpc	la durata di una sezione musicale viene allungata o compressa senza variarne l'altezza. Transient modification

Pitch processing

<i>Processing</i>	<i>Technique</i>	<i>Results</i>
detection (pitch follower)	zero crossing; Tunable IIR filter; FFT	estrae il pitch di un suono. Funziona solo con suoni periodici
transposition	harmonizer; phase vocoder; wavelet	varia la altezza del suono senza variare la durata. Formant transpositions
transposition	lpc	varia la altezza del suono senza variare la durata. Constant formants
vibrato	low frequency (4÷ 8 Hz) frequency modulation	periodic pitch fluctuation

¹⁴ A. Vidolin, *Interpretazione musicale e signal processing – Tabella 1*

Dynamics processing

<i>Processing</i>	<i>Technique</i>	<i>Results</i>
increment or reduction	amplitude scaling	più che una variazione di dinamica talvolta può dare l'effetto di allontanamento o l'avvicinamento della sorgente
increment	distorsion; excitement	si arricchisce il suono di armoniche supplementari nel registro acuto
reinforcement	doubling by FIR comb filter, delay < 30 ms	rinforzo del suono. Aggiunge una prospettiva di spazio
reduction	low pass filtering, cutoff frequency = 1 ÷ 10 KHz	si riduce l'energia delle armoniche superiori
tremolo	low frequency (4÷ 8 Hz) amplitude modulation	lenta variazione periodica di ampiezza
expansion or compression	amplitude scaling dependentent on signal power	i segnali forti vengono più amplificati dei segnali deboli; viceversa per la compressione
gate	interruttore a soglia	vengono fatti passare solo i segnali che superano una certa soglia di ampiezza
detection (envelope follower)	low pass filtering the RMS value	segue le variazioni dell' ampiezza estraedone l'inviluppo
hybridization	amplitude scaling by the envelope detected from an other signal	fragmentation of a signal by another one

Timbre processing

<i>Processing</i>	<i>Technique</i>	<i>Results</i>
spectral transformation	linear filtering: low pass, band pass, high pass, rejection, ecc.	spectral deformation by amplitude scaling of a signal band
flanger effect; chorus effect	low frequency (0.05 ÷ 10 Hz) time varying recursive comb filter, delay (1÷ 30 ms), and amplitude modulation	suono più ricco, variabile timbricamente
specular spectrum translation	ring modulation by audio sinusoidal carrier	suono inarmonico la cui energia è centrata sulla portante e la larghezza di banda è il doppio della banda del segnale modulante
spectrum translation	one side ring modulation	lo spettro viene traslato in frequenza di un valore costante rendendo inarmonico un suono armonico
transformation (harmonic traslation)	pitch synchronous ring or frequency modulation of an harmonic sound. Portante multipla del pitch	il suono resta armonico e viene traslato con combinazione delle armoniche
periodic part amplification or attenuation	pitch synchronous FIR comb filter of an harmonic sound, delay = 1/f	separazione della parte armonica e inarmonica di un suono
hybridization	pitch synchronous resonant filtering. Control: harmonic sound, controlled: any sound	il suono controlled viene filtrato in base al pitch del control sound
hybridization	vocoder; convolution; lpc	il suono controlled viene filtrato in base allo spettro del suono control

Space processing

<i>Processing</i>	<i>Technique</i>	<i>Results</i>
room reverberation	multi-tap delays, recursive comb and allpass filters	vengono simulati i primi echi e la riverberazione diffusa di una sala
stereo placing	stereo balance; stereo delay; stereo low pass filtering	interaural difference simulation of intensity, time delay and timbre
stereo phasing effect	low frequency time varying stereo comb filter	effetto timbrico e spaziale
near-far placing	balancing direct to reverberated signal	il suono riverberato fissa la distanza massima, aggiungendo progressivamente il segnale diretto si ha l'avvicinamento
movement speed	frequency transposition	doppler effect simulation
resonant room cavità risonante	multi speaker feedback delays	simulazione delle riflessioni multiple di una cavità risonante
auralization	binaural filtering and convolution by the room impulse response	collocazione di un suono in un punto qualsiasi di una sala reale; ascolto in stereofonia
sound placing	multi speakers distribution	la provenienza del suono dipende dall'altoparlante di diffusione. Si possono applicare dinamicamente le tecniche stereofoniche e di movimento a coppie di altoparlanti

8 Bibliografia

Libri:

S.DRESS, *Luigi Nono, La lontananza nostalgica utopica futura*, EWR 0102

A.CIPRIANI, M.GIRI, *Musica elettronica e sound design Vol.2*, Roma, ContempoNet, 2013

V.LOMBARDO, A.VALLE, *Audio e multimedia*, Milano, Apogeo, 2008

J.W.MACKAY, *Analytical diptich: Boulez Anthèmes / Berio Sequenza XI*

M.MARINONI, *Anthèmes 2: un approccio monodirezionale al live-electronics*, Conservatorio di musica B.Marcello di Venezia, Venezia

W.S.NEWMAN, *The sonata in the baroque era*, Durham, The University of North Carolina Press, 1966

S.REICH, *Violin phase: directions for performance* (Introduzione alla partitura), Universal edition

A.RIGOLLI, P.RUSSO (a cura di), *Il suono riprodotto. Storia, tecnica e cultura di una rivoluzione del Novecento*. Atti del Convegno, Parma, 10-11 novembre 2006

C.ROADS, *The computer music tutorial*, Cambridge, Massachusetts institute of technology, Massachusetts, The MIT Press, 1996

S.SARGENTI, *Tempo, spazio, suono in La lontananza nostalgica utopica futura, per violino e nastro, di Luigi Nono*

B.SCHRADER, *Live/electro-acoustic music – a perspective from history and California*,

Contemporary music review, v.6, Part 1, pp.91-106, UK, Harwood Academic Publishers GmbH, 1991

K.ROBERT SCHWARZ, *Steve Reich: Music as a gradual process, Perspectives of new music*, Vol. 19, No.1/2 (Autumn 1980 – Summer, 1981), pp.373-392, Perspectives of new music stable

A.SIGMAN, *Luigi Nono: la lontananza nostalgica utopica futura*, Yerba Bueno center for the arts,

San Francisco, Marzo 2010

E.SURIAN, *Manuale di storia della musica vol.II*, Milano, Rugginenti Editore, 2003

CAIO TIKARAISHI PIERANGELI, *Live electronics: histórias, técnicas, estéticas*, Maringá, 2011

A.VIDOLIN, *Interpretazione musicale e signal processing*, Centro di sonologia computazionale dell'università di Padova, Padova

Siti internet:

<http://brahms.ircam.fr/works/work/6956/>

<http://msp.ucsd.edu/pdrp/pdrp-12/files/manoury-pluton/doc/history.htm>

([http://en.wikipedia.org/wiki/Come_Out_\(Reich\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Come_Out_(Reich)))

(http://en.wikipedia.org/wiki/It%27s_Gonna_Rain)

www.musicainformatica.it