CONSERVATORIO di MUSICA "G. VERDI" - COMO

Corso di diploma accademico

di primo livello in discipline musicali

Musica Elettronica e Tecnologie del Suono



SPAZI VIRTUALI NELLA PRATICA COMPOSITIVA SU SUPPORTO

Relatore Tesi finale di:

M° Andrea VIGANI Davide SALVAN

Matr. 3493

Anno accademico 2017-2018

Abstract

La tesi nasce dall'interesse personale per la dimensione spaziale della musica sia dal punto di vista storico che dal punto di vista compositivo.

Dopo aver ripercorso brevemente la storia della musica elettroacustica, che si è rivelata fin dall'inizio più sensibile al parametro spazio nella pratica compositiva ed esecutiva, vengono approfonditi i principali sistemi di diffusione e le tecniche di spazializzazione del suono.

Questa tesi prevede quindi la realizzazione di un sistema multicanale con 25 diffusori per il quale è stato composto un brano di musica elettroacustica con cui si intendono sperimentare le possibilità compositive che tutto il mezzo concede.

L'idea del brano si sviluppa dall'intenzione di utilizzare suoni di strumenti acustici ma soprattutto quelli ottenuti mediante l'elaborazione elettronica di essi, integrando così i due mondi sonori e procede prestando costantemente attenzione al posizionamento e al movimento dei suoni emessi dagli altoparlanti attribuendo alla spazializzazione un ruolo chiave nell'intera realizzazione del brano.

Indice

1. Introduzione	1
2. Inquadramento storico	2
2.1 Gli albori	2
2.2 Il secondo dopoguerra: Parigi, Milano e Colonia	4
2.3 Uno sguardo d'insieme sulla musica elettroacustica	8
2.4 Dal calcolatore elettronico al Personal Computer	10
3. Storia della spazializzazione del suono	12
3.1 La dimensione spaziale prima della musica elettroacustica	12
3.2 Nuove tecnologie: rivoluzione dello spazio in musica	13
4. Acustica e psicoacustica nell'ascolto	19
5. I sistemi più utilizzati per la diffusione di musica elettroacustica	22
5.1 Stereofonia	22
5.2 Sistemi multi-monofonici	23
5.3 Quadrifonia	23
5.4 Ottofonia	24
5.5 Acousmonium	26
5.6 Differenze tra Acousmonium e sistemi multicanale	27
6. Tecniche di spazializzazione del suono	29
6.1 Amplitude Panning	29
6.2 Time Panning	29
6.3 Time e Amplitude Panning	29
6.4 Vector Base Amplitude Panning (VBAP)	30
6.5 Distance Based Amplitude Panning (DBAP)	30
6.6 Spazializzazione timbrica	30
6.7 HRTF	31
6.8 Due esempi di audio 3D: Wavefield synthesis e Ambisonic	31
6.9 Software e Plugin	33
7. Spazi virtuali nella pratica compositiva	38
8. Realizzazione del sistema multicanale	39
8.1 Descrizione del progetto e obiettivi	40
8.2 Hardware utilizzato	41
8.3 Costruzione dei diffusori passivi	41
8.4 Routing	44

8.5 Taratura dell'impianto	48
8.6 Software utilizzati	48
9. Composizione del brano	49
9.1 Presentazione	49
9.2 Fasi e sviluppo	50
10. Aspetti critici	66
11. Conclusioni	67
Bibliografia e sitografia	68
Ringraziamenti	69

1.Introduzione

Questa tesi vuole rivolgere la sua attenzione alla dimensione spaziale della musica sia dal punto di vista storico che dal punto di vista compositivo.

La musica elettroacustica è stata fin dall'inizio più sensibile al parametro spazio nella pratica compositiva ed esecutiva. Per questo motivo il mio lavoro partirà da un breve excursus storico riguardante le invenzioni, le pratiche e le idee che hanno portato alla nascita della musica elettronica e che hanno stimolato le riflessioni di alcuni musicisti sulla spazializzazione del suono.

L'idea di questa tesi si è sviluppata in quanto nel corso degli studi in Conservatorio il parametro spazio nella pratica compositiva di musica elettroacustica ha suscitato il mio interesse almeno quanto gli altri parametri. Inoltre avendo fatto pratica come compositore ed esecutore con l'Acousmonium AUDIOR di Dante Tanzi ed Eraldo Bocca ho potuto fare esperienza di differenti modalità di concepire e praticare la spazializzazione.

Proprio grazie all'esperienza in aula con sistemi multicanale e con l'Acousmonium ho deciso di realizzare un sistema misto attraverso il quale mettere alla prova le abilità e le competenze acquisite.

Questa tesi prevede quindi la realizzazione di un sistema multicanale con un numero significativo di diffusori per il quale è stato composto un brano di musica elettroacustica con cui si intendono sperimentare le possibilità compositive che tutto il mezzo concede.

Il progetto in questione viene descritto sia dal punto di vista tecnico che dal punto di vista delle strategie compositive.

Oggi esistono differenti modi di intendere e realizzare la spazializzazione del suono, anche molto sofisticati, ma la scelta è caduta su un sistema relativamente semplice basato sulla modifica dell'ampiezza del suono diffuso da ogni altoparlante per simulare i movimenti dei suoni in uno spazio virtuale.

In conclusione trovo questo modo di affrontare la spazializzazione molto utile a livello didattico e per approcciarsi alla creazione di spazi virtuali, come alcuni compositori del passato che si sono interessati al problema hanno dimostrato.

2. Inquadramento storico

Per musica elettronica si intende tutta quella musica prodotta o modificata attraverso l'uso di strumentazioni elettroniche. Si può ritenere un fenomeno complesso che nasce dall'incontro tra musica e tecnica e dalla critica al sistema armonico, melodico e tonale tradizionale.

Questi cambiamenti nei mezzi tecnici e nella forma musicale hanno apportato enormi cambiamenti anche nelle modalità di diffusione e nelle condizioni di ascolto.

2.1 Gli albori

Le origini della musica elettronica risalgono alla seconda metà dell'ottocento in seguito al progressivo sviluppo di apparecchi elettrici che vengono inventati per essere utilizzati in ambito musicale.

Nel 1877 l'inventore statunitense Thomas Alva Edison progetta e costruisce il suo fonografo che effettua la prima registrazione sonora della storia. Il fonografo di Edison registra il suono



su cilindri di cera incisi mediante una puntina metallica e capace di immagazzinare poco meno di quattro minuti di musica. I cilindri del fonografo sono delicati e facilmente deperibili e consentono un numero limitato di ascolti, ma permettono alla musica e alla parola di essere riprodotte. In questo modo l'evento sonoro perde la propria unicità e labilità e si intravede la possibilità di replicare un fenomeno musicale.

Figura 1. Fonografo di Edison (1877) all'invenzione di Edison il cilindro del fonografo viene trasformato da Emile Berliner in un disco. La macchina utilizzata per leggerlo e che passerà alla storia venne chiamata grammofono.

In seguito vengono inventati apparecchi elettrici per essere impiegati in ambito musicale. Si inizia così a sperimentare la costruzione di strumenti musicali basati su principi diversi da quelli realizzati nei secoli passati. Nel 1897 l'inventore statunitense Thaddeus Cahill costruisce il Telharmonium, il primo strumento che usa l'elettricità per produrre suoni. Una tastiera è collegata tramite cavi in un locale ove moltissime dinamo fanno girare pesanti ruote dentate. Ogni ruota induce in un elettromagnete un segnale con frequenza che dipende dalla velocità della rotazione. I segnali sono poi amplificati attraverso altoparlanti a tromba. Per ottenere l'intera gamma delle frequenze udibili serve un gran numero di rotori e per questo il Telharmonium ha dimensioni imponenti che ne hanno limitato fortemente la diffusione. Da questo momento si assiste ad un rapido susseguirsi di invenzioni di nuovi strumenti che usano la tensione elettrica.



Figura 2. Telharmonium

Un esempio è il Thereminvox inventato da Lèon Theremin nel 1919. Lo strumento è dotato di due antenne che captano la distanza delle mani dell'esecutore, una mano controlla l'altezza del suono e una la sua intensità.

In seguito vengono inventati altri strumenti come le *onde martenot*, il *Trautonium* e *l'organo Hammond*.

Questi strumenti non sono pensati per mutare radicalmente le abitudini esecutive dei musicisti nè per sostituire gli strumenti tradizionali, quanto piuttosto per ampliare la tavolozza sonora, arricchita con timbri prima di allora sconosciuti.

Le ricerche si muovono anche in direzioni diverse: alcuni compositori sentono l'esigenza di uscire dai canoni musicali ottocenteschi e desiderano sperimentare nuovi suoni e nuovi modi di organizzare le proprie composizioni. Alcuni di loro iniziano, aiutati dai tecnici, a progettare strumenti non presenti nel panorama della musica tradizionale di quel tempo.

Il primo esperimento di rilievo risale al 1939 quando John Cage¹ scrive il brano Imaginary Landscape, in cui a strumenti tradizionali come pianoforte e piatti, il compositore accosta due grammofoni che riproducono dischi contenenti frequenze campione².

In seguito in America e in Europa si effettuano esperimenti più radicali per quanto riguarda l'utilizzo di strumenti elettrici ed elettronici.

2.2 Il secondo dopoguerra: Parigi, Colonia e Milano

Negli anni cinquanta del XX secolo, durante la ricostruzione morale e materiale dell'Europa del secondo dopoguerra, emergono anche in campo musicale le spinte trasformatrici che avrebbero portato i musicisti a completare una rivoluzione o una trasformazione già avviata nei primi decenni del secolo. Il nuovo universo sonoro è sostenuto dal diffondersi delle prime tecnologie elettriche e dall'invenzione di strumentazioni protoelettroniche in grado di generare segnali musicali, ma i processi più radicali di ricerca musicale in campo tecnologico videro la luce all'interno degli studi di fonologia nelle principali stazioni radiofoniche europee come Parigi, Colonia e Milano. Qui opera una nuova classe di musicisti e ricercatori dalla cui esperienza compositiva e di riflessione teorica nascono rispettivamente la musica concreta e la musica elettronica. Essi assemblano le trasformazioni già avviate nella prima parte del secolo da quegli autori la cui sperimentazione e il cui pensiero musicale hanno progressivamente dissolto la tonalità e il temperamento in favore del timbro con la presenza di nuovi mezzi di produzione e comunicazione del suono.

A Parigi Pierre Schaeffer³ inizia a lavorare alla manipolazione a fini compositivi di suoni registrati. Nasce così la Musica Concreta, basata sull'idea che qualsiasi suono o rumore può essere trattato musicalmente a patto che il compositore sappia riconoscerne la potenzialità e ricavarne una forma musicale coerente e significativa.

Questa rappresenta una grande novità perché a ogni tipo di suono (anche rumori) è attribuita pari dignità ma soprattutto per via del fatto che si attua un approccio totalmente nuovo alla creazione e all'ascolto. Per Schaeffer comporre non significa più come in passato concepire un brano in astratto, ma partire dal suono stesso nella sua concretezza per arrivare alla definizione di tutti gli elementi che costituiscono il brano. Le prime celebri composizioni sono "Cinq études des bruits" del 1948, in cui il materiale sonoro è costituito da rumori di treni o di pentole.

¹ È stato un compositore e teorico musicale statunitense
 ² Frequenze campione: suoni di riferimento utilizzati per testare impianti di diffusione.

³ Pierre Schaeffer (1910-1995) è stato un compositore, musicologo e teorico musicale francese.

Per descrivere questi processi la teoria musicale tradizionale basata sul concetto di nota, risulta inadeguata; una delle conseguenze è l'introduzione del termine *oggetto sonoro*, sulla quale costruisce la propria teoria detta il *solfeggio dell'oggetto sonoro*.

La strada seguita nei primi lavori dei musicisti concreti consiste soprattutto nel collage e nella registrazione diretta su disco di esecuzioni di musica concreta. Schaeffer indica anche una terza possibilità: la manipolazione della registrazione di qualsiasi tipo di materiale sonoro preesistente.

Nel 1953 nasce a Colonia uno studio per la musica elettronica la cui direzione viene affidata a Herbert Eimert⁴. Qui si lavora a idee totalmente diverse: si rifugge dai materiali concreti, dalle registrazioni in favore del suono elettronico puro e astratto dalla realtà. I materiali di base sono creati per mezzo di generatori elettrici di onde sinusoidali (oscillatori sinusoidali) attraverso la sintesi additiva e mediante generatori di rumore e filtri di diverse tipologie.

In seguito si modella anche la forma musicale del brano seguendo principi di tipo matematico. Infatti i principi seriali, già utilizzati da Webern⁵, vengono posti a fondamento della composizione elettronica proponendo così un indirizzo ben preciso per l'attività dello studio di Colonia.

Si inizia a parlare non più di comporre con il suono ma di comporre il suono che da ingrediente della costruzione musicale ne diventa protagonista assoluto. Questo tipo di approccio è chiamato *musica elettronica* in contrasto con la *musica concreta* di Schaeffer.

Il compositore che a Colonia si spinge più in là nell'esplorazione del suono è Karlheinz Stockhausen che compone alcune delle opere più importanti della musica elettronica del Novecento come *Studie II, Gesang der Jünglinge, Kontakte*. Quest'ultimo brano è anche uno dei primi in cui eventi registrati su nastro magnetico e strumenti tradizionali suonati dal vivo (pianoforte e percussioni) trovano un'ideale fusione (da qui il titolo *Kontakte*). Questa diventa anche la chiara dimostrazione che i tempi sono maturi e la tecnologia musicale può iniziare finalmente a dialogare alla pari con la musica strumentale.

Nel 1955 si costituisce a Milano, presso la sede RAI, il terzo grande laboratorio europeo, importante sia per i mezzi tecnologici disponibili sia per la prassi della ricerca musicale.

Si costituisce così lo Studio di Fonologia della RAI, la cui direzione viene affidata a Luciano Berio che collabora con Bruno Maderna.

Insieme offrono un primo saggio sulle potenzialità espressive dei nuovi mezzi elettroacustici mediante la creazione di un documentario radiofonico dedicato a Milano: *Ritratto di città*.

-

⁴ Herbert Eimert (1897-1972) è stato un compositore, teorico e critico musicale tedesco.

⁵ Anton Webern (1883-1945) è stato un compositore austriaco. Fu uno dei primi allievi e seguaci di Arnold Schönberg e appartenne alla cosiddetta Seconda scuola di Vienna.

Inoltre tra i brani composti nello studio di Milano ricordiamo *Notturno* (1956) e *Continuo* (1958) di Maderna e *Mutazioni* (1955/56), *Perspectives* (1957), *Thema* (1958) e *Visage* (1951) di Berio.

L'approccio all'elettronica dei compositori italiani è lontano da ogni forma di dogmatismo: si mescolano idee e tecniche maturate a Parigi e a Colonia e l'interesse è rivolto più alla percezione che alle implicazioni filosofiche delle tecniche e dei materiali.

Non importa se un suono è stato sintetizzato o registrato dalla realtà, ciò che realmente conta è la validità del risultato musicale. Si fa perciò un uso totalmente libero di tecniche e materiali che i compositori assemblano basandosi principalmente su criteri estetico-percettivi.

Sarà questo l'approccio creativo che avrà più fortuna tanto è vero che oggi non si usa più distinguere tra musica concreta ed elettronica, ma tutte le varie categorie vengono inglobate dal termine musica elettroacustica.



Figura 3. Karlheinz Stockhausen (sinistra) e Pierre Schaeffer (destra)

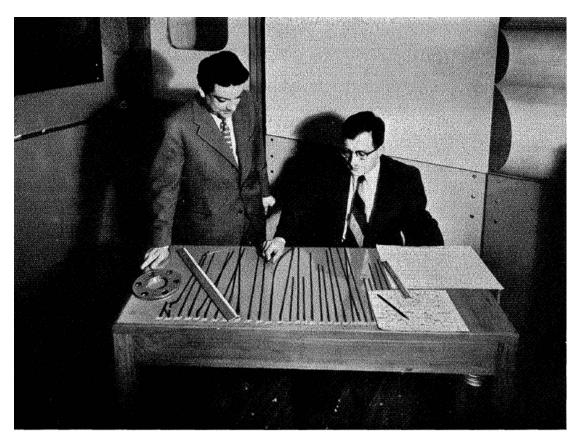


Figura 4. Bruno Maderna (sinistra) e Luciano Berio (destra) alle prese con il montaggio di nastri registrati



Figura 5. Luciano Berio alle prese con un registratore a nastro magnetico

2.3 Uno sguardo d'insieme sulla musica elettroacustica

Al giorno d'oggi, "l'espressione *musica elettroacustica* abbraccia tutte le musiche in cui i suoni, siano essi di origine acustica o di sintesi, vengono elaborati e assemblati sotto forma di segnale analogico o digitale sia in sede di concerto dal vivo sia in studio e ascoltati attraverso altoparlanti".⁶

Il mondo della musica elettroacustica è molto più ampio di quanto si possa credere. All'interno di essa si possono individuare innumerevoli regioni, così come si sono sviluppati molti stili diversi in quanto ogni compositore ha apportato un personale contributo significativo.

La terminologia propria della musica elettroacustica si sviluppa con la musica stessa contemporaneamente alle evoluzioni di quest'ultima. Questo ha condotto ad una certa complicazione per cui può essere utile ed efficace questo grafico proposto da Barry Schrader⁷, che chiarisce l'articolazione interna della musica elettroacustica.

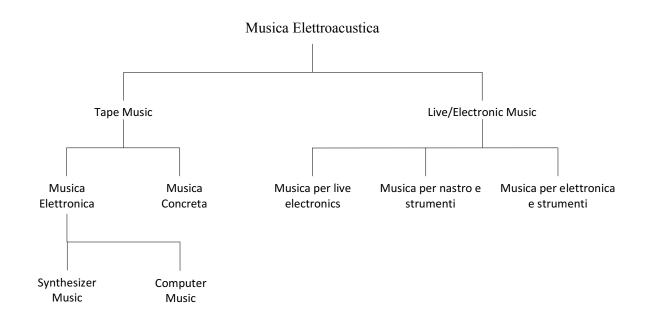


Figura 6. Grafico di B. Schrader

 Tape Music: termine creato da Vladimir Ussachevsky⁸ nel 1952 con riferimento a quelle composizioni in cui il materiale sonoro, acustico o elettronico, che viene impiegato per la loro realizzazione è registrato su nastro. Proprio per via del fatto che è necessario

⁷ Barry Schrader (1945) è un compositore americano di musica elettroacustica.

⁶ G. Fronzi, *Electrosound*, EDT, Torino 2013, p. 34

⁸ Vladimir Alexeevich Ussachevsky (1911-1990) è stato un compositore particolarmente noto nell'ambito della musica elettronica.

- impiegare il registratore a nastro sia per la riproduzione che per la registrazione si può dire che i lavori di *tape music* sono realizzati quasi esclusivamente in studio.
- *Musica Elettronica*: la sua realizzazione è basata su materiale sonoro costituito da suoni prodotti elettronicamente.
- Musica concreta: ha un forte legame con l'esperienza di Pierre Schaeffer e il GRM. Si basa esclusivamente sulla rielaborazione di qualsiasi tipo di suono precedentemente registrato.
- Synthesizer Music: è un tipo di musica elettronica realizzata mediante l'utilizzo di sintetizzatori.
- *Computer o Digital Music*: musica elettronica in cui il suono è generato esclusivamente attraverso l'utilizzo del computer.
- Live Electronic Music: macro categoria con la quale ci si può riferire a tre situazioni differenti.
- 1. *Musica per live electronics*: prodotta in *real time* con sintetizzatori o altri strumenti elettronici.
- 2. *Musica per nastro e strumenti*: performance basata sulla riproduzione di un brano preregistrato su nastro, sul quale gli strumentisti (o cantanti) suonano secondo una partitura o improvvisando.
- 3. *Musica per elettronica e strumenti*: combinazione tra performance elettronica in tempo reale e quella acustica.

Nonostante lo schema di Schrader sia estremamente valido per fare chiarezza sulle varie tipologie di musica elettroacustica è necessario dire che con l'aumentare delle tecnologie a disposizione e con l'evolversi delle vecchie ideologie musicali le ramificazioni della Musica Elettroacustica sono aumentate notevolmente fino a confinare in modo stretto con certi ambienti musicali extracolti. Due esempi molto importanti di questa apertura sono la consolidata introduzione di elementi di *noise* e *glitch music*⁹ all'interno di questa categoria.

-

⁹ Due generi di musica elettronica extracolta basate sull'impiego massiccio di rumore e suoni di errori dell'audio digitale.

2.4 Dal calcolatore elettronico al Personal Computer

Contemporaneamente a quello che avviene in Europa, negli Stati Uniti si inizia ad impiegare l'informatica nelle varie fasi della produzione musicale. Nel 1957 presso i Bell Telephone Laboratories¹⁰ un ingegnere di nome Max Mathews scrive un programma chiamato *Music I* che ha lo scopo di generare suoni in base a funzioni matematiche e con esso realizza un brano di 17 secondi. Il procedimento della creazione musicale prevede che il compositore fornisca al computer istruzioni, espresse in linguaggio di programmazione, su come generare i singoli suoni e su come combinarli per ottenere la forma musicale voluta. Ogni evento sonoro è sintetizzato a partire da funzioni matematiche che sommate tra loro definiscono la forma d'onda. Ciò determina i movimenti dell'oscillatore che trasformati in pressione acustica produrranno il suono desiderato.

I complessi calcoli necessari per le nuove applicazioni richiedono l'utilizzo di calcolatori grandi e potenti e quindi la sperimentazione musicale risulta confinata nei laboratori. Inoltre il tempo richiesto per portare a termine tutte le operazioni può essere molto lungo.

Molti compositori vengono attirati dalle potenzialità del nuovo mezzo e già negli anni '60 si realizzano un grande numero di brani. Tra i compositori più attivi troviamo Barry Vercoe, James Tenney, Jean-Claude Risset, Iannis Xenakis e Barry Truax. In italia le prime esperienze di composizione automatica con il computer vengono effettuate da Pietro Grossi.

In tutto il mondo si moltiplicano studi e laboratori dedicati alla tecnologia musicale. I più famosi sono quelli dell'Università di Stanford e il Columbia-Princeton Centre negli Stati Uniti, il Groupe de Recherches Musicales di Parigi (diretta emanazione dello studio di Pierre Schaeffer), l'Istituto di Sonologia di Utrecht e in Italia il Centro di Sonologia Computazionale di Padova e, in seguito, il centro Tempo Reale di Firenze fondato nel 1987 da Luciano Berio. 11

Uno dei centri più importanti e conosciuti è però l'IRCAM di Parigi, fondato nel 1977 e voluto dal compositore francese Pierre Boulez. In questo centro le ricerche sulle nuove tecnologie vengono affiancate all'attività creativa, attraverso la commissione di lavori ai compositori del panorama internazionale. Tra i ricercatori più famosi che lavorano all'IRCAM troviamo l'italiano Giuseppe di Giugno¹², che verso la fine degli anni Settanta costruisce una delle macchine più celebri del periodo, ovvero il processore musicale 4X. Ovviamente questi sono

10

¹⁰ Centro di ricerca e sviluppo che prende il nome dal suo fondatore, Alexander Graham Bell. La società Bell Telephone Laboratories venne costituita nel 1925 rendendo autonomo il dipartimento *Western Electric Research Laboratories* della AT&T.

¹¹ A. Cremaschi e F. Giomi, *Rumore Bianco*, Chiavi di lettura Zanichelli, Bologna 2012, p. 24.

¹² Giuseppe di Giugno: inventore e fisico italiano

solo alcuni degli esempi più importanti in quanto la diffusione delle nuove tecnologie musicali a questo punto è talmente capillare che quasi ogni università e radio istituisce un programma di ricerca.

L'elettronica diventa con il passare del tempo sempre più alla portata di tutti grazie alla commercializzazione di tastiere digitali, campionatori¹³ e sequencer¹⁴ che con un investimento ridotto permettono di costruirsi uno studio casalingo.

Ma la novità più importante è l'avvento del personal computer. Vengono costruite macchine sempre più potenti ma allo stesso tempo più piccole ed economiche, grazie alla miniaturizzazione e all'utilizzo di circuiti integrati.

Anche a livello operativo si tende alla semplificazione: nascono le attuali interfacce grafiche, in cui il mouse si affianca alla tastiera per l'immissione dei dati mentre finestre e icone sostituiscono la linea di comando che richiedeva istruzioni più complesse.

L'informatica esce così dai grandi laboratori per entrare nelle case di tutti. In campo musicale la diffusione dell'informatica porta alla creazione di programmi che permettono un'interazione immediata con il suono e che senza richiedere la conoscenza di software di programmazione rendono possibile la produzione di suoni.

In contemporanea si sviluppano anche numerosi software che consentono la totale libertà di creazione del proprio ambiente di lavoro mediante la programmazione. Tra i più importanti troviamo Csound ("successore" della vasta serie dei programmi denominati Music N), Max/MSP, pure-data e il più recente SuperCollider.

¹³ Campionatore: è uno strumento musicale elettronico che è in grado acquisire un segnale audio sotto forma di file audio, con lo scopo di modificarlo o semplicemente riprodurlo in varie modalità.

¹⁴ Sequencer: può essere un dispositivo hardware o un ambiente informatico utilizzato nel campo musicale per la creazione e la riproduzione di sequenze di segnali di controllo che consentono di comandare uno strumento elettronico oppure registrare e riprodurre tracce audio.



Figura 7. L'IBM 704 che fu utilizzato per il primo software dei Music N: il Music I (1957).

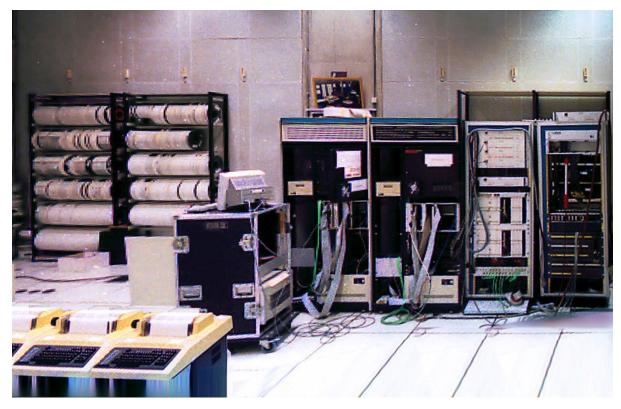


Figura 8. Sala macchine IRCAM (1989)

3. Storia della spazializzazione del suono

L'interesse per la dimensione dello spazio nella musica non è così recente come si è portati a credere, anzi è sempre stata oggetto di interesse per tutti quei compositori che volevano esplorare tutte le possibilità a disposizione. Tutte le esperienze precedenti alla seconda metà del Novecento sono basate per lo più sul posizionamento dei vari strumentisti o sul movimento dei musicisti stessi. Quindi tutte queste esperienze possono essere considerate ben lontane dall'attuale situazione e dall'essere prese in considerazione come vera e propria spazializzazione del suono, ma vale comunque la pena citarle.

3.1 La dimensione spaziale prima della musica elettroacustica

Verso la metà del XVI giunse alla basilica di San Marco di Venezia Adriano Willaert il quale, in qualità di Maestro di cappella, portò dal nord dei suggerimenti per musiche a più cori.

Tra gli esempi storici più celebri troviamo le composizioni per doppio coro dei compositori Andrea e Giovanni Gabrieli, i quali già nel periodo tra fine '500 e inizio '600 sfruttavano in modo creativo le caratteristiche sonore della basilica di San Marco. Infatti la pianta a croce greca della basilica permetteva di creare un gioco di contrasti fra due distinte sorgenti sonore, in questo caso i cori, poste ai lati del transetto¹⁵.

Dell'epoca classica invece si conoscono due lavori di Mozart per orchestra, nei quali viene tenuta in considerazione la localizzazione degli strumenti nello spazio. Una è la *Serenata notturna* (K. V. 239, 1776) per 2 piccole orchestre (2 violini soli, viola e contrabbasso come solisti, di fronte a un complesso di archi al completo con timpani), l'altra è un *Notturno* per 4

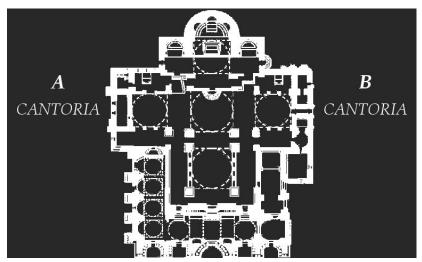


Figura 9. Pianta Basilica di San Marco con disposizione del doppio coro

quadruplo, con 2 corni per ciascun gruppo, K. V. 286). Entrambe le opere fanno spesso utilizzo degli effetti d'eco barocco, mentre la suddivisione in gruppi diversi fa risaltare quello che era il principio della ripetizione "a eco".

orchestre (archi aumentati al

-

¹⁵ È lo lo spazio che si sviluppa tra le navate e l'abside

Anche in Berlioz troviamo dei tentativi di introdurre lo spazio in musica, e nel suo caso in funzione drammatica.

Infatti con *Sinfonia funebre e trionfale* per 2 orchestre e coro e *L'imperiale*, cantata da 2 cori, egli mira a creare "musica architettonica" e il "dramma musicale". Nel *Requiem* prevede invece l'utilizzo di 2 orchestre principali e 4 gruppi di ottoni.

È quindi evidente che l'esempio storico più famoso è la stessa orchestra classica, la quale si può intendere come un complesso organismo sonoro in cui la disposizione nello spazio dei vari strumenti ha la stessa importanza del loro numero e tipo. Infatti il loro posizionamento influisce notevolmente sul risultato acustico globale, e non a caso i compositori più attenti allo sperimentare hanno spesso variato la disposizione degli strumentisti con l'obiettivo di aggiungere una dimensione alla propria musica. Questa pratica diventa poi quasi la prassi nel Novecento, in cui la dimensione spazio anche nell'ambito della musica strumentale assume un ruolo molto importante.

3.2 Nuove tecnologie: rivoluzione dello spazio in musica

Una vera e propria rivoluzione avviene però grazie alla tecnologia messa a disposizione dei compositori della seconda metà del novecento. Infatti negli esempi precedenti le sorgenti sonore sono fisse, dato che solitamente gli esecutori sono obbligati a rimanere seduti al proprio posto. La tecnologia permette invece il movimento dei suoni nello spazio che circonda l'ascoltatore. Infatti attraverso più altoparlanti, dislocati in punti prestabiliti, è possibile ottenere una grande varietà di combinazioni e traiettorie dei suoni nello spazio. Per questo motivo diversi compositori, soprattutto di musica elettroacustica, hanno sfruttato queste opportunità in maniere anche molto differenti nel corso degli anni.

Già nel 1951 Pierre Schaeffer inizia ad indagare su come rendere più viva un'esecuzione di musica concreta. Insieme all'ingegnere Jacques Poullin realizza il *potenziomètre d'espace* (potenziometro dello spazio), uno strumento che consente di muovere i suoni nello spazio realizzando traiettorie sonore attraverso il gesto dell'esecutore. Questo nuovo strumento permette quindi una nuova libertà interpretativa e quasi una vera e propria improvvisazione con lo spazio, ma trovandosi ben visibile al centro della stanza il suo ruolo è ancora più importante in quanto restituisce allo spettatore la componente visiva che si stava perdendo a causa della mancanza di interpreti tradizionali. In questo caso il suono però è fissato sempre su uno o due canali e messo in movimento dal vivo grazie al regista del suono. Nonostante i limiti di tale sistema si può affermare che ha una sua valenza gestuale molto forte.

Mentre a Parigi si iniziava a lavorare con lo spazio attraverso quelle modalità e soprattutto in ambito esecutivo in altri luoghi chiave per la musica elettronica, come ad esempio Colonia, si inizia a pensare allo spazio non solo come elemento facente parte dell'esecuzione ma come vero e proprio parametro compositivo. Infatti, in linea con l'estetica dello studio WDR¹⁶, viene costruita una macchina che permette di memorizzare su nastro non soltanto i suoni ma anche i loro movimenti tra i diversi altoparlanti.

Il 1956 rappresenta un anno fondamentale per quanto riguarda la spazializzazione del suono in quanto Stockhausen crea il primo brano musicale in cui il parametro spazio è trattato con la stessa importanza di tutti gli altri (altezza, durata, dinamica e timbro). Il brano in questione è *Gesang der Jünglinge* che nella versione iniziale prevede l'uso di cinque altoparlanti, quattro ai lati della sala posti intorno al pubblico e uno in alto. Così si può muovere il suono nelle "tre dimensioni" creando anche traiettorie complesse e stabilite dal compositore.

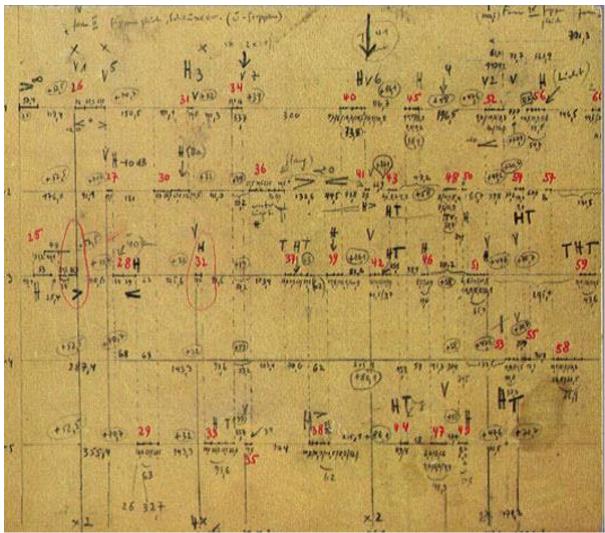


Figura 10. estratto dal manoscritto di Gesang der Günglinge

-

¹⁶ Westdeutscher Rundfunk Köln: studio radiofonico situato a Colonia

"Ho tentato nella composizione di Gesang der Jünglinge di configurare la direzione e il movimento dei suoni nello spazio, schiudendo così una nuova dimensione per la vicenda musicale. L'opera è concepita per cinque gruppi di altoparlanti che vengono disposti nello spazio intorno all'ascoltatore. È determinante per la comprensione dell'opera, da quale parte, da quanti altoparlanti simultaneamente, se diretti verso sinistra o destra, se parzialmente rigidi o in moto, i suoni o i gruppi sonori vengano irradiati nello spazio" 17

Di questo brano si può dire che possiede una notevole importanza nel repertorio elettroacustico, e questo è dimostrato anche dal fatto che numerosi compositori ripresero le idee di Stockhausen negli anni seguenti.

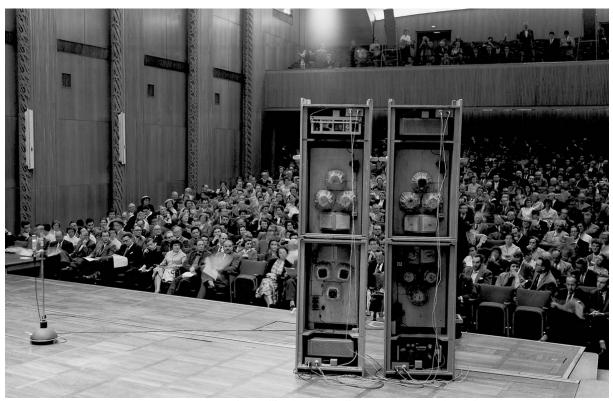


Figura 11. Prima esecuzione di Gesang der Jünglinge all'auditorium della West German radio, Colonia, 30 maggio 1956

Una delle esperienze storiche più memorabili per quanto riguarda la spazializzazione e la diffusione del suono avviene nel 1958 all'esposizione universale di Bruxelles. In quel contesto il compositore Edgar Varèse porta nel padiglione Philips, progettato da Iannis Xenakis, il suo *Poème Electronique*. All'interno della struttura sono posizionati non meno di 425 altoparlanti, i quali vengono suddivisi in 20 gruppi con il fine di ottenere un costante movimento dei suoni attorno e sopra il pubblico. L'intero esperimento, che comprende anche giochi di luce e video

-

¹⁷ Stockhausen, Musica nello spazio

proiettati sulle pareti, è espressamente concepito per stupire e meravigliare il pubblico e secondo le cronache del tempo l'esito è positivo.

Nel 1970, sempre Stockhausen, uno dei compositori che ha mostrato maggior interesse verso la spazializzazione del suono, è stato invitato a collaborare con il padiglione tedesco all'esposizione universale di Osaka (Giappone). Per l'occasione ideò una struttura a sfera in cui il pubblico, posto su una passerella al centro della struttura, veniva circondato dal suono di gruppi di diffusori disposti in sette anelli lungo tutte le latitudini della sfera stessa.

Dopo queste e altre esperienze numerosi compositori di musica elettroacustica si sono interessati alla diffusione sonora nello spazio. Si ricordano in particolar modo le ricerche del compositore John Chowning, che nel 1972 con il suo brano *Turenas* fa sì che l'ascoltatore abbia l'illusione di sentire i suoni muoversi nello spazio a 360°. Tale effetto viene ottenuto sfruttando l'effetto doppler, simulato in ambito compositivo.

Un altro esempio importante, legato però all'ambito esecutivo, risale al 1974, anno in cui presso gli studi del GRM di Parigi il compositore François Bayle mette a punto l'Acousmonium, un sistema di 80 altoparlanti appositamente studiato per la diffusione della musica elettroacustica. All'università di Birmingham troviamo un sistema le cui idee di base sono state sviluppate a partire dal progetto dell'Acousmonium. Questo sistema, sviluppato dal compositore inglese Jonty Harrison, prende il nome di BEAST¹⁸ e può comprendere fino a 100 altoparlanti disposti intorno e sopra al pubblico, a diverse distanze. Questo fa in modo che si percepisca una maggiore profondità spaziale e che il pubblico abbia l'illusione di molte e diverse prospettive sonore che come nell'esempio precedente possono essere variate a piacere dall'esecutore durante il concerto.

L'Acousmonium e il BEAST sono solo due tra gli esempi più celebri di sistemi di diffusione utilizzati tutt'ora in ambito elettroacustico e che destano sempre grande attenzione. Ormai sono pochi i compositori che si accontentano di realizzare brani per la semplice diffusione stereofonica e di conseguenza le sale da concerto stanno diventano sempre più dei luoghi dell'ascolto in cui l'unico vero protagonista è il suono e la sua diffusione e spazializzazione.

Attualmente esistono davvero diversi tipi di sistemi basati soprattutto sulla composizione multicanale e sulla simulazione 3D dello spazio acustico, anche se la loro diffusione è comunque ristretta ad alcuni ambiti musicali e di ricerca.

Oltre a questi a questi esempi legati esclusivamente alla musica va ricordato che la ricerca sulla diffusione del suono nello spazio ha rivestito e riveste tutt'ora un ruolo fondamentale nel

¹⁸ Birmingham electro-acoustic sound theatre

cinema, in cui nel corso degli anni sono stati sviluppati dei veri e propri sistemi standard (Dolby Surround, Dolby Digital e altri).



Figura 12. Acousmonium GRM



Figura 13. Sistema BEAST

4. Acustica e psicoacustica nell'ascolto

Lo spazio è una componente fondamentale del nostro ascolto in quanto le informazioni che riceviamo dal senso dell'udito ci permettono di rapportarci con l'ambiente circostante e interagire con esso. L'identificazione e la localizzazione delle sorgenti sonore intorno a noi è essenziale per la nostra sopravvivenza. Ogni soggetto ricostruisce una mappa sonora che è l'analogo della visione in termini di percezione uditiva: come la visione permette di ricostruire la scena in 3D davanti a noi a partire dalle configurazioni di luce sulla retina dei due occhi, così la decodifica dei suoni che arrivano alle due orecchie permette di costruire una scena sonora in 3D.

Nel caso dell'udito però i segnali arrivano da tutte le direzioni e quindi la scena riguarda un intorno sferico a 360 gradi e non un settore limitato dall'angolo del nostro campo visivo.

Le orecchie, insieme agli occhi, quindi ci consentono di avere una percezione dello spazio tridimensionale. Per esempio il cervello analizza il breve ritardo tra gli istanti in cui un suono raggiunge le due orecchie e riesce così ad identificare la direzione da cui il suono proviene. La riverberazione poi ci permette di fare ipotesi sulle dimensioni di una stanza, sui materiali e sulla posizione della sorgente sonora.

Il suono ci può inoltre dare informazioni sulla velocità e direzione in cui si muove una sorgente, attraverso il cosiddetto effetto doppler: ad esempio quando un'ambulanza si avvicina il suono della sirena è più acuto, quando si allontana il suono diventa più grave. Ciò accade perché nel verso del moto la sorgente insegue le onde sonore, perciò aumenta la frequenza, nel verso opposto invece la sorgente fugge dalle onde che di conseguenza si allungano e la loro frequenza diminuisce.

Queste componenti dell'ascolto ci servono per sopravvivere, prima che per fare musica, ma come ogni altro aspetto della percezione umana anche la sensibilità allo spazio è uno dei campi di cui si occupano compositori e performer impegnati nell'ambito della tecnologia musicale. Sapere come il nostro apparato uditivo identifica i suoni nello spazio è fondamentale nella progettazione di ambienti sonori virtuali, dove spesso risulta essenziale confondere i sensi per raggiungere i risultati voluti.

La localizzazione di una sorgente sonora avviene mediante due fattori chiamati *Interaural Level Difference* (ILD) e *Interaural Time difference* (ITD).

Se una sorgente sonora è laterale rispetto alla testa, l'intensità del suono misurata in prossimità del timpano sarà leggermente diversa tra le due orecchie. Questa differenza di livello interaurale è spiegata dal fatto che la testa fa ombra all'orecchio che si trova dall'altra parte e questo causerà una diminuzione dell'intensità percepita da questo orecchio.

L'ITD invece è causata dal differente cammino che l'onda sonora percorre dalla sorgente alle due orecchie dell'ascoltatore. Un suono proveniente dalla parte sinistra arriva prima all'orecchio sinistro e con un certo ritardo all'orecchio destro; Questa differenza di fase¹⁹ è evidente alle basse frequenze perché alle frequenze più alte ci potrebbe essere un ritardo di più di una lunghezza d'onda.

Una sorgente sonora posizionata frontalmente alla testa emette un suono che viene percepito allo stesso tempo e con la stessa ampiezza dalle due orecchie. Concludendo per localizzare i suoni con bassa frequenza l'apparato uditivo utilizza prevalentemente ITD mentre per le medie ed alte frequenze utilizza ILD. Le differenze interaurali di tempo e di livello sono fattori rilevanti per la localizzazione ma non sufficienti a rimuovere alcune ambiguità come ad esempio distinguere suoni identici provenienti dalla stessa distanza ma da un angolo di elevazione diverso: essi arriverebbero allo stesso tempo e con la stessa ampiezza. Questa ambiguità viene risolta sia muovendo la testa, sia mediante il filtraggio effettuato dal busto e dal cranio, sia dalla forma del padiglione auricolare che modifica lo spettro del suono che viaggia verso il timpano dando al cervello delle informazioni aggiuntive.

Altri fenomeni importanti che incidono sulla percezione dei suoni in un ambiente naturale o artificiale sono la riflessione e la diffrazione. Si parla di riflessione quando un'onda sonora incontra una superficie con un certo angolo (angolo di incidenza) e in questo caso il suono rimbalza con lo stesso angolo, detto angolo di riflessione. Il riverbero è il risultato di onde che si riflettono su muri e oggetti ed è uno degli indizi usati dal soggetto per stabilire la direzione delle sorgenti sonore in uno spazio. La diffrazione invece è quel fenomeno per cui un'onda sonora gira intorno ad un oggetto le cui dimensioni sono minori o uguali della lunghezza d'onda del suono. La maggior parte degli ostacoli non diffrange le onde di alta frequenza che al contrario vengono riflesse o assorbite dalla barriera producendo un'ombra sonora al di là dell'oggetto. I suoni a bassa frequenza invece hanno lunghezze d'onda superiori alla maggior parte degli oggetti e delle barriere e quindi le onde possono oltrepassarli. Nel caso in cui le onde abbiano una lunghezza d'onda comparabile con le dimensioni dell'oggetto, si crea un fenomeno di diffrazione intorno all'oggetto: le estremità dell'oggetto diventano sorgenti sonore secondarie che producono onde sferiche della stessa frequenza ma di minore intensità che si propagano in tutte le direzioni.

Per contrastare la diffrazione, ad esempio, gli altoparlanti vengono montati in scatole chiuse in quanto le onde che si generano verso il dietro diffrangerebbero verso il davanti ed essendo fuori

⁻

¹⁹ Fase del suono: In fisica ed in teoria dei segnali, la fase di una funzione periodica ad un certo istante temporale è la frazione di periodo trascorsa rispetto ad un tempo fissato.

fase interferirebbero modificando il segnale diretto e diminuendo la percezione della localizzazione di una sorgente sonora in un sistema di altoparlanti.

Quelli sopra esposti sono gli aspetti più significati da tenere in considerazione sia quando si progettano sistemi di diffusione audio 2D e 3D sia quando si realizzano brani di musica elettronica in cui la spazializzazione ha un ruolo determinante nel processo compositivo.

5. I sistemi utilizzati per la diffusione di musica elettroacustica

La quadrifonia prima e l'ottofonia più tardi sono stati e sono tutt'ora i due sistemi più utilizzati nell'ambito dei concerti di musica elettroacustica, in particolare in tutte quelle situazioni in cui non si dispone di una sala già attrezzata con un particolare impianto. Inoltre attualmente si possono considerare, oltre alla più comune stereofonia, i sistemi multicanale più versatili per la diffusione o l'interpretazione di questa musica. Di seguito vengono descritti alcuni dei sistemi più utilizzati per la diffusione della musica elettroacustica, tralasciando alcuni sistemi più complessi e meno noti. Infatti, essendo un campo in cui sperimentazione e innovazione dovrebbero essere alcune delle parole chiave, in molti casi sono stati creati e vengono tutt'ora creati sistemi di diffusione ad hoc per singole composizioni o su misura per certi spazi d'ascolto.

5.1 Stereofonia

Il sistema stereofonico è costituito da due altoparlanti posti di fronte all'ascoltatore e posizionati

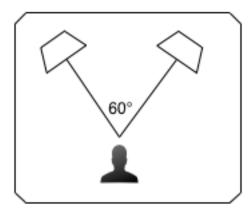


Figura 14. Posizionamento degli altoparlanti in un sistema stereofonico

idealmente ad un angolo di 60° rispetto al punto di ascolto ottimale, dal quale è possibile percepire una sorgente sonora virtuale centrale e il differente posizionamento dei suoni lungo una fascia immaginaria collocata tra i due altoparlanti. Infatti, attraverso questo sistema, una sorgente virtuale monofonica può essere collocata in qualsiasi posizione orizzontale all'interno dello spazio tra i due diffusori stereofonico) la. (fronte tramite variazione dell'ampiezza del segnale dei due canali monofonici

che alimentano i due altoparlanti. Per ottenere invece la centralità della sorgente sonora virtuale i segnali che li alimentano dovranno avere la stessa ampiezza.

Nonostante la sua semplicità e il notevole sviluppo dei sistemi multicanale rimane tutt'ora uno dei più utilizzati anche per quanto riguarda la musica elettroacustica, soprattutto in situazioni in cui non è possibile disporre di grandi risorse economiche o grandi spazi.

5.2 Sistemi multi-monofonici

Si tratta di sistemi utilizzati per lo più in situazioni concertistiche in cui l'elettronica è realizzata in tempo reale, sia essa generata dall'elaborazione di uno strumento acustico o prodotta in modo indipendente mediante un computer o altri dispositivi.

Ad esempio può essere il caso di un ensemble di strumenti acustici elaborati in tempo reale ognuno da un proprio device con un'uscita monofonica e un singolo altoparlante dedicato. Oppure si può pensare a una laptop orchestra in cui i vari membri che la compongono si dispongono a distanze diverse nello spazio performativo, con ogni postazione dotata di un proprio sistema di diffusione.

I sistemi di diffusione multi-monofonici si prestano a interessanti soluzioni artistico espressive e sono molto apprezzati quando risulta necessaria la localizzazione precisa di una sorgente sonora.

5.3 Quadrifonia

La quadrifonia è stata largamente impiegata in passato in diversi ambiti, dal mondo della musica elettroacustica, al rock sperimentale e nei primi progetti di impianti surround per il cinema. In ambito consumer è rimasta in uso per pochissimo tempo, soprattutto nei primi anni '70, ma ha resistito fino ad oggi per diverse applicazioni (mostre o installazioni) e anche per la diffusione di musica elettroacustica. Fondamentalmente si tratta di un sistema molto semplice, una doppia stereofonia con due altoparlanti frontali (L e R) e due altoparlanti posti alle spalle dell'ascoltatore o del pubblico (L rear e R rear). Nonostante la semplicità e la buona resa si sono riscontrati due problemi fondamentali che non le hanno permesso di diventare uno standard globale di diffusione multicanale. Uno riguarda la standardizzazione dei formati di diffusione, che sono stati molti e diversi tra loro, e il secondo la disposizione degli altoparlanti. Infatti rispetto alla "tradizionale" e largamente collaudata stereofonia in questo sistema cambia l'angolazione degli altoparlanti, posti a 90° invece che a 60° come nei sistemi stereo. Questa particolarità dovuta alla differente angolazione crea alcuni problemi di percezione della provenienza dei suoni se il sistema viene alimentato con una coppia di segnali stereo, proprio perché non si ha più una corretta immagine centrale come si ottiene con la tipica angolazione di 60° dei sistemi stereofonici. Questo non ha impedito comunque il largo utilizzo in ambito accademico in quanto entrambi i problemi appartengono prevalentemente alle esigenze degli ambienti consumer. Infatti nella musica elettroacustica non sono richieste particolari standardizzazioni di formati ed è comunque previsto che il compositore conosca le tecnologie che sta utilizzando in modo da trovare la soluzione migliore a seconda di una precisa circostanza. Inoltre già da qualche anno all'interno di alcune DAW²⁰ esiste la possibilità di gestire in modo semplificato la spazializzazione del suono per sistema quadrifonico, in quanto viene compreso tra le diverse possibilità di gestione dell'audio multicanale (nelle DAW commerciali denominato surround) a disposizione dei diversi software. Il problema della compromissione della corretta percezione della direzione dei suoni è anch'esso legato in larga misura ad un mondo musicale in cui la stereofonia è il sistema standard di diffusione e i brani vengono composti, registrati e mixati interamente su sistemi stereofonici.





Figura 15. Disposizione degli altoparlanti in un sistema quadrifonico

5.4 Ottofonia

Il sistema ottofonico invece è costituito fondamentalmente da otto canali discreti che alimentano otto altoparlanti, i quali vengono disposti intorno al pubblico in modo diverso a seconda delle esigenze artistiche, tecniche e funzionali allo spazio del concerto. Negli anni è diventato uno dei sistemi più utilizzati nell'ambito della musica elettroacustica sia dai compositori che dagli interpreti in quanto offre ottimi risultati con un sistema che si può comunque definire ridotto a "poche" unità di altoparlanti. Inoltre nel corso degli anni l'hardware e il software adatto a gestire audio multicanale è notevolmente migliorato ed è diventato anche più economico.

²⁰ Digital Audio Workstation: ambiente informatico progettato per la registrazione, l'elaborazione e la riproduzione dell'audio digitale.

Ancor più del sistema quadrifonico si può dire che l'ottofonia è rimasta fuori da ogni tipo di standard e anche se ampiamente utilizzata nell'ambito della musica elettroacustica si può affermare che ogni compositore/esecutore trova un modo più confacente alla sua visione musicale di utilizzare tale sistema. Va da sé che questo sistema amplia notevolmente le possibilità rispetto alla semplice stereofonia e anche alla quadrifonia. Infatti già con otto altoparlanti è possibile creare spazi virtuali di grande rilievo, creando tessiture sonore avvolgenti usando tutti o solo alcuni altoparlanti, oppure muovendo il suono nello spazio in modo piuttosto fluido e credibile.

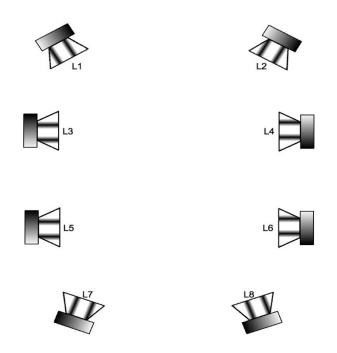


Figura 16. Esempio di disposizione degli altoparlanti in un sistema ottofonico

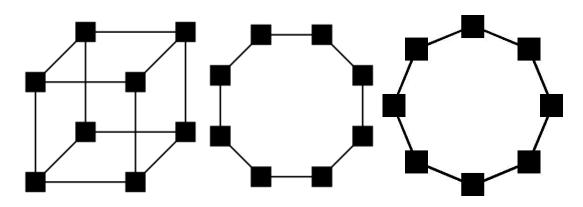


Figura 17. Differenti disposizioni degli altoparlanti per la realizzazione di un sistema ottofonico

5.5 Acousmonium

L'Acousmonium, spesso definito un'orchestra di altoparlanti, è un sistema di proiezione del suono nello spazio, utilizzato originariamente negli studi di Radio France. La sua invenzione risale al 1974 e si deve al compositore François Bayle. Si tratta di un vero e proprio strumento adatto all'interpretazione in concerto di musiche elettroacustiche con lo scopo di spazializzare il suono. La diffusione dei suoni avviene tramite altoparlanti di diverso colore timbrico, calibro e potenza, disposti "in modo da organizzare lo spazio acustico secondo le caratteristiche della sala e lo spazio psicologico secondo le caratteristiche dell'opera".²¹

L'ascolto che viene proposto attraverso questo strumento è essenzialmente di tipo immersivo: un interprete alla consolle di spazializzazione si occupa di pianificare i movimenti del suono nello spazio, le sfumature e i contrasti, controllando le intensità, la densità sonora, i colori e i filtraggi. In una situazione tipo la consolle viene collocata al centro della sala d'ascolto in modo che l'interprete possa beneficiare di un ascolto che si avvicini mediamente a quello di ogni ascoltatore e quindi gestire al meglio i vari movimenti del suono nello spazio.

L'Acousmonium nel corso degli anni è stato aggiornato dai vari costruttori, compositori e interpreti che hanno deciso di farne uso sia per quanto riguarda il lato tecnologico che per quello concettuale. Rimane però concettualmente legato alla musica acusmatica²², nella quale solitamente l'autore lavora a tutte le sfumature da lui desiderate al momento della composizione in studio. Nonostante questo sembri una contraddizione, attraverso questo strumento da concerto è possibile ampliare ed estendere in modo espressivo un brano acusmatico attraverso la sua diffusione nello spazio fisico.

Solitamente si riscontrano due tendenze negli interpreti che utilizzano l'Acousmonium:

- alcuni optano per una diffusione fedele all'originale, partendo dal presupposto che il brano debba essere diffuso così come è stato composto, movimenti spaziali compresi, evitando quindi di correre il rischio di stravolgere il lavoro del compositore;
- altri ritengono che il concerto offra l'opportunità di una nuova interpretazione dell'opera che può essere "rielaborata" attraverso i sistemi che lo strumento concede (relazioni tra livelli sonori e movimenti spaziali).

Si deduce quindi che uno degli aspetti più importanti che va ricercando chi usa questo strumento è il creare un ambiente d'ascolto in cui il pubblico si dedica totalmente all'ascolto del suono,

-

²¹ https://www.audior.eu/acusmonium

è un tipo di musica elettronica fissata su supporto e creata per essere ascoltata tramite altoparlanti. I termine *musica acusmatica* è stato coniato da Pierre Schaeffer, nel suo libro *Traité des Objets Musicaux* (1966), e deriva dal termine acusmatico e dall'*akusmatikoi*, la scuola pitagorica i cui discepoli udivano il maestro parlare dietro ad un velo. Nell'arte acusmatica, il velo è una metafora dell'altoparlante.

senza che gli altri sensi possano interferire con la fruizione delle opere acusmatiche. Non a caso nella maggior parte dei concerti la sala è immersa nella semioscurità, proprio per favorire questo aspetto.

Fin dagli inizi l'Acousmonium ha riscosso un grande successo tra il pubblico, sia in Francia che in tutto il mondo, e si è affermato come uno dei sistemi standard di diffusione in concerto di musica acusmatica o comunque elettroacustica in generale.

"Another utopia, devoted to pure "listening": the Acousmonium, designed in the early '70s (20 years already!) as a penetrable "projection area", arranged with a view to immersion in sound, to spatialised polyphony, which is articulated and directed."²³

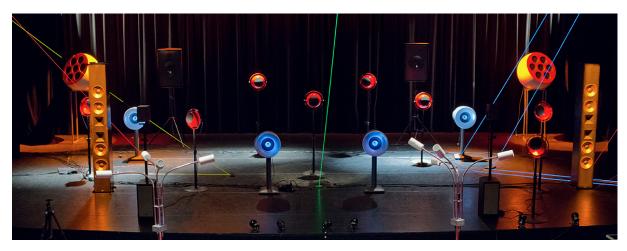


Figura 18. Acousmonium GRM (2012)

5.5 Differenze tra Acousmonium e sistemi multicanale

Le differenze tra sistemi multicanale e sistemi come l'Acousmonium nella sua versione originale sono piuttosto nette ed evidenziano fortemente le categorie di utilizzatori di questi diversi strumenti. Infatti si può affermare che:

- un sistema multicanale si rivolge quasi esclusivamente a quei compositori che realizzano interamente il brano su quel sistema sfruttandone tutte le potenzialità e introducendo il parametro spazio all'interno della loro pratica compositva;
- l'Acousmonium è stato ideato storicamente come strumento che dà la possibilità ad un esecutore di reinterpretare brani monofonici o stereofonici del repertorio elettroacustico.
 Permette quindi la diffusione su un numero variabile di altoparlanti differenti dello

_

²³ François Bayle descrive l'acousmonium nelle note di copertina di un cd 1993.

stesso segnale audio, a seconda dell'estetica e del brano che l'esecutore interpreterà in concerto.

Questa differenza di base tra i due sistemi già di per sé mostra quanto i due siano apparentemente distanti e quanto lo siano di conseguenza le idee chiave sulla spazializzazione dei rispettivi utilizzatori. Nonostante queste differenze entrambi si prestano ad essere un valido mezzo per sperimentare la spazializzazione di musica elettroacustica.

Inoltre questi concetti di base riguardanti i due sistemi valgono però solo in linea teorica in quanto come si può leggere anche sul sito internet ufficiale del GRM, l'Acousmonium oggi è cambiato e sono stati integrati i più recenti sviluppi tecnologici sull'audio multicanale all'idea di base che è sostanzialmente rimasta invariata dalla sua ideazione (1974).

Infatti si può leggere:

"L'Acousmonium oggi consiste nella combinazione di due concetti principali: uno è un retaggio dell'Acousmonium originale, una "orchestra di altoparlanti", costituita da altoparlanti con caratteristiche diverse (come i vari strumenti di un'orchestra), e l'altro è il prodotto della più recente tradizione multicanale (5.1, 7.1, 8 canali), con tutti gli altoparlanti identici, disposti a cerchio come nello studio di composizione."²⁴

È evidente che questa integrazione conferisce all'Acousmonium delle potenzialità tali da renderlo uno strumento davvero interessante e ricco anche dal punto di vista compositivo e non solo esecutivo.

_

²⁴ Tradotto da: www.inagrm.com/en/showcase/news/202/the-acousmonium

6. Tecniche di spazializzazione del suono

Di seguito vengono riportate alcune delle tecniche di spazializzazione più usate e altre meno note.

6.1 Amplitude panning

È la tecnica di spazializzazione del suono più utilizzata e nasce a tutti gli effetti insieme alla stereofonia. Consiste fondamentalmente nel variare l'ampiezza del segnale che viene inviato agli altoparlanti in modo tale che l'ascoltatore percepisca il suono provenire dall'altoparlante a cui viene inviato il segnale con la maggior ampiezza. Nel caso della stereofonia, quando ad entrambi gli altoparlanti inviamo lo stesso segnale con la stessa ampiezza avremo una sorgente virtuale posta esattamente al centro del panorama sonoro. Variando l'ampiezza di uno dei due canali si ottiene lo spostamento della sorgente sonora dal centro all'altoparlante maggiormente alimentato in termini di ampiezza del segnale. Risulta quindi una tecnica molto semplice ma allo stesso tempo molto efficace nella maggior parte delle situazioni. Ovviamente può essere impiegata anche in situazioni differenti dalla collaudata stereofonia e infatti risulta un'ottima scelta anche per sistemi multicanale quadrifonici e ottofonici.

6.2 Time panning

Si ottiene mediante l'applicazione di un ritardo ad uno o più canali del sistema di spazializzazione.

Per semplicità si può pensare ad un sistema stereofonico in cui uno dei due canali viene ritardato rispetto all'altro di un tempo "t" superiore ai 20 ms (sopra i 20 ms l'orecchio umano inizia a percepire il ritardo tra i due segnali). In questo caso la sorgente virtuale sembrerà spostarsi verso il diffusore che converte per primo il segnale elettrico in onde sonore.

Presa singolarmente non è una tecnica molto efficace per effettuare la spazializzazione dei suoni ma trova un maggiore impiego nella creazione di particolari "effetti".

6.3 Time e amplitude panning

È un metodo che prevede la combinazione delle due precedenti tecniche. Se le sorgenti sono poco numerose e lontane tra loro equivale fondamentalmente al time panning, altrimenti risulta decisamente più complicato in quanto bisogna tenere in considerazione lo spazio di diffusione per calcolare con precisione i ritardi da applicare ai singoli altoparlanti del sistema. Come le

precedenti richiede che l'ascoltatore non esca dall'area di ascolto ottimale per evitare che la percezione dei movimenti del suono diminuisca o venga falsata.

6.4 Vector Base Amplitude Panning (VBAP)

Questa tecnica è basata sulla riformulazione del metodo Amplitude Panning con vettori e basi vettoriali. Questa riformulazione porta a semplici equazioni per il panning dell'ampiezza, e l'uso di vettori rende i metodi di panning computazionalmente più efficienti.

Attraverso questo metodo è possibile creare campi sonori, a due o tre dimensioni, indipendenti dalla quantità e dal posizionamento degli altoparlanti, nel caso che le direzioni del suono siano memorizzate con i dati audio. Il VBAP può essere usato con qualsiasi formato multicanale.

6.5 Distance Based Amplitude Panning (DBAP)

La tecnica DBAP offre un metodo alternativo di spazializzazione basato sul panning, nel quale non viene fatto nessun assunto circa il layout dell'array di altoparlanti e la posizioni degli ascoltatori. Questo metodo di panning è basato su una matrice e estende il principio di *equal intensity panning* da un paio di diffusori a un array di diffusori di ogni dimensione.

Si possono riscontrare vantaggi nell'utilizzo di questa tecnica in tutte quelle situazioni in cui non è possibile avere una disposizione regolare degli altoparlanti o in altre in cui quella irregolare può risultare utile a fini artistici. È possibile utilizzare la tecnica DBAP attraverso l'impiego di un external per Max/MSP e si può impiegare per la spazializzazione del suono su sistemi a due o tre dimensioni.

6.6 Spazializzazione timbrica

Questo tipo di tecnica di spazializzazione può essere di due tipi: statica e dinamica.

In entrambi i casi consiste nell'instradare un suono a ciascuno degli altoparlanti del sistema multicanale utilizzato assegnando a ciascuno un filtro passa-banda o di altro tipo. Sebbene la sorgente sonora sia frammentata e distribuita in posizioni diverse all'interno del sistema, viene percepito l'intero spettro della sorgente. La differenza sostanziale tra le due tipologie sta nell'avere dei filtri con banda passante fissa nel primo caso e variabile nel secondo.

Nonostante sia da annoverare tra le tecniche di spazializzazione risulta probabilmente ancora più interessante dal punto di vista compositivo di veri e propri spazi virtuali basati sul timbro. Inoltre è facilmente implementabile in qualsiasi DAW che consente la gestione multicanale e ovviamente in altri software "più liberi" che consentono la creazione di ambienti informatici per la gestione dell'audio multicanale, come Max e SuperCollider. Uno dei compositori che ha

utilizzato in larga misura questo approccio alla spazializzazione è il compositore di musica elettroacustica Robert Normandeau.

6.7 HRTF

È una tecnica utilizzata soprattutto per la spazializzazione nell'ambito dell'ascolto in cuffia. Si basa sulla possibilità di posizionare artificialmente un segnale monofonico lungo una determinata direzione se si hanno a disposizione le funzioni di trasferimento di entrambe le orecchie (Head Related Transfer Functions) per una determinata direzione d'ascolto. Le HRTF mostrano ovviamente una variabilità individuale, ma è stato possibile ottenere delle funzioni medie, che rappresentano in astratto la testa umana.

6.7 Due esempi di audio 3D: Wavefield synthesis e Ambisonic

Per audio 3D si intende l'esperienza di un ascoltatore che riceve i suoni da una molteplicità di direzioni, che vanno oltre le possibilità offerte dal segnale stereo e dai sistemi multicanale che permettono la proiezione e la spazializzazione del suono solo sul piano orizzontale. Attraverso un sistema audio di questo tipo, l'operatore è in grado di predire, entro un livello ammesso dalla statistica e ignorando di conseguenza le specificità individuali, la mappa sonora soggettiva dell'ascoltatore che usa il sistema audio 3D. L'innovazione principale di questo sistema è l'utilizzo di funzioni di trasferimento dipendenti dalla direzione (DTF²⁵), il cui compito è di ricreare il complesso degli indizi acustici usati dagli ascoltatori nella pratica quotidiana per determinare la direzione di un suono nello spazio 3D.

Per formare la mappa sonora soggettiva, oltre alla direzione di propagazione del suono, è necessario recuperare la distanza delle sorgenti sonore attraverso la simulazione delle onde riverberate dall'ambiente. Il riverbero infatti, oltre a permettere il controllo della distanza degli oggetti sonori, determina un ambiente nei termini della forma e delle dimensioni dello spazio, oltre che dei materiali e degli oggetti che lo popolano, con le loro proprietà di riflessione.

È quindi questa comunione di direzione e ambiente che produce il senso di "realtà" che ci si aspetta dall'audio 3D, e che non è mai raggiunta dallo stereo convenzionale e non a pieno con sistemi multicanale tradizionali.²⁶

²⁵ DTF: directionally-dependent-transfer-functions

²⁶ Tratto da A. Valle, Audio e Multimedia

Wavefield synthesis

Denominata anche sintesi del campo sonoro, è attualmente una delle tecniche più avanzate di diffusione del suono in 3D. Nasce dalle ricerche fatte negli anni '90 all'università di Delft, e successivamente viene sviluppata e verificata in prestigiosi centri di ricerca come l'IRCAM di Parigi.

L'accuratezza con cui permette di ricostruire in maniera ottimale il campo sonoro in una stanza d'ascolto la rende una delle tecniche più avanzate che inizialmente presentava però il vincolo di dover impiegare un numero piuttosto elevato di altoparlanti, posti a pochi centimetri l'uno dall'altro, per poter funzionare al meglio. Questi limiti iniziali sembrano essere in parte superati grazie ad un nuovo algoritmo sviluppato dall'azienda Sonic Emotion di Zurigo, attraverso il quale è possibile ridurre notevolmente il numero di diffusori e relativi amplificatori, in modo da realizzare allestimenti più agili e meno costosi.

Ambisonics

Si tratta di un sistema sviluppato inizialmente nel Regno Unito negli anni '70 sotto gli auspici della British National Research Development Corporation. Ambisonics si può definire come un metodo di registrazione delle informazioni del campo sonoro e di riproduzioni delle stesse in un sistema di altoparlanti con lo scopo di dare l'impressione all'ascoltatore di ricevere un'immagine in "tre dimensioni"²⁷ dell'evento sonoro. La teoria su cui si basa consiste nella decomposizione in armoniche sferiche del campo sonoro. "in pratica le caratteristiche direzionali del campo acustico sono ricostruite sommando le componenti armoniche sferiche del campo stesso, ognuna delle quali dovrebbe essere acquisita con un microfono con le stesse caratteristiche di direttività". 28

Più recentemente è stato possibile impiegare questo sistema, attraverso appositi software, anche per spazializzare il suono simulando la posizione nello spazio di un microfono virtuale. In pratica, invece di avere un classico potenziometro panoramico per spostare il suono a destra o a sinistra, potremo collocare una sorgente in un immaginario spazio sferico, come se avessimo tre potenziometri panoramici dedicati alle tre dimensioni dello spazio.²⁹

Questo sistema rimane tutt'ora uno dei più completi in quanto simulazione di spazi sonori in tre dimensioni e riporta il notevole vantaggio di poter essere impiegato con diversi sistemi multicanale e un numero variabile di diffusori. Infatti è compatibile anche con sistemi

Oltre al piano orizzontale copre anche le posizioni sopra e sotto l'ascoltatore.
 A. Uncini, *Audio Digitale*, McGraw-Hill, 2006, p. 463.

²⁹ Fronte e retro, destra e sinistra, sopra e sotto.

stereofonici, nonostante il risultato percettivo non sia equivalente a quello ottenuto con altri sistemi in quanto vengono perse le informazioni non simulabili semplicemente con due altoparlanti.

6.8 Software e plugin

IRCAM Spat e FLUX Spat Revolution

Spat è un processore per la spazializzazione del suono in tempo reale che consente a compositori, sound artists, esecutori e ingegneri del suono di controllare la localizzazione delle sorgenti sonore negli spazi sonori 3D. Inoltre è dotato anche di un potente motore di riverbero che può essere applicato a spazi sonori reali o virtuali.

Il processore riceve suoni da fonti strumentali o sintetiche, aggiunge effetti di spazializzazione in tempo reale e emette segnali per la riproduzione su un sistema elettroacustico (altoparlanti o cuffie).

L'architettura dell'elaborazione del segnale è modulare e configurabile, in modo da consentire l'adattamento diretto a vari formati di uscita multicanale e configurazioni di riproduzione, tramite altoparlanti o cuffie, mentre l'interfaccia di controllo fornisce accesso diretto a parametri percettivamente rilevanti per specificare gli effetti di distanza e riverbero, indipendentemente dal formato di riproduzione scelto.

Un'altra caratteristica originale di Spat è la sua interfaccia di controllo dell'effetto stanza che si basa su criteri percettivi. Ciò consente all'utente di specificare intuitivamente le caratteristiche di una stanza specifica senza dover utilizzare un vocabolario acustico o architettonico.

Essendo un prodotto IRCAM è lì che troviamo la massima implementazione di questo sistema in una sala da concerto. Infatti è utilizzato per il rendering audio 3D in tempo reale con un array di 350 altoparlanti nella sala da concerto per acustica variabile.

La versione originale di Spat consiste in un bundle di external per il software Max/MSP, FLUX Spat Revolution rappresenta la sua versione commerciale realizzata sotto forma di plugin dall'azienda francese Flux in collaborazione con IRCAM.

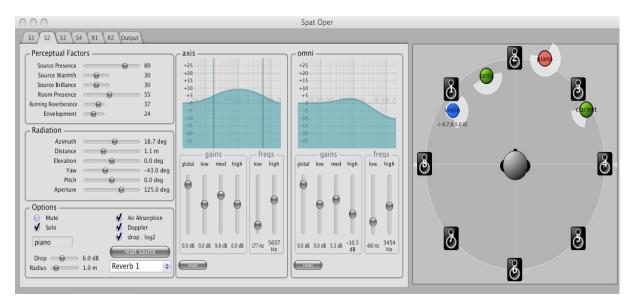


Figura 19. Interfaccia di IRCAM Spat

GRM Tools Spaces bundle

Si tratta di un bundle di plug-in per la spazializzazione e elaborazione del suono per sistemi multicanale. A seconda dell'ambiente informatico in cui vengono utilizzati permettono l'utilizzo fino a 32 canali.

Il bundle è composto da tre differenti plug-in: Spaces, SpaceFilter, SpaceGrain.

Spaces è fondamentalmente uno spazializzatore multicanale basato sulla variazione di ampiezza che permette di gestire anche sorgenti sonore virtuali multicanale in entrata.

Al suo interno sono implementati anche parametri come la simulazione dell'effetto doeppler e della distanza, ma nessuna simulazione riguardo la stanza d'ascolto e la gestione di parametri quali filtri e riverberazione.

Il movimento del suono può essere creato dall'utilizzatore, può essere randomico o seguire predeterminate traiettorie (editabili).

SpaceFilter si potrebbe considerare un plug-in adatto ad esplorare tecniche di spazializzazione timbrica statica e dinamica. Infatti lo spettro del segnale di ingresso può essere diviso in 4 bande indipendenti, i cui parametri larghezza di banda e frequenza dei filtri possono essere variati in tempo reale. Inoltre ogni banda possiede un delay con feedback, anch'esso automatizzabile. L'uscita di ogni filtro è posizionabile in uno spazio virtuale multicanale che gestisce come nel caso precedente fino a 32 canali.

SpaceGrain è un granulatore multicanale che gestisce anch'esso un numero massimo di 32 canali a seconda del software che lo ospita.

Permette la gestione dei parametri più importanti per l'elaborazione dei suoni e la spazializzazione dei vari grani nello spazio virtuale in modo randomico o guidato dall'utilizzatore.

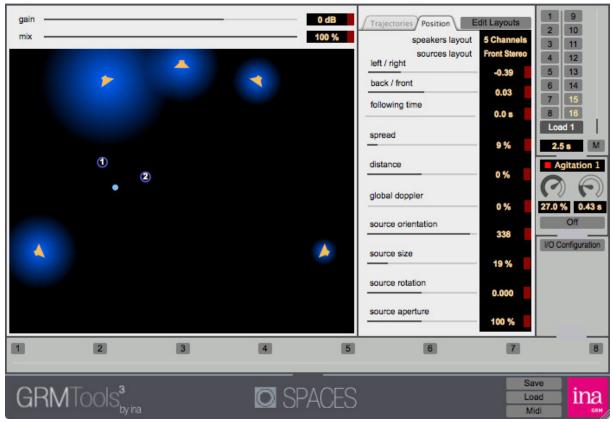


Figura 20. Interfaccia del plug-in GRM Spaces

SpatGRIS

SpatGRIS è un plugin gratuito progettato per comporre lo spazio multicanale, sviluppato dal Groupe de Recherche in Immersion Spatiale (GRIS) diretto da Robert Normandeau e con sede presso la Facoltà di Musica presso l'Université de Montréal.

Permette all'utente di spazializzare il suono in 2D (fino a 16 altoparlanti) o in 3D (fino a 128 altoparlanti) sotto una cupola di altoparlanti (con ServerGRIS). Si tratta della fusione di due plug-in: OctoGRIS e ZirkOSC.

Nonostante sia un software gratuito offre un motore di spazializzazione abbastanza potente e facilmente configurabile dall'utente. Inoltre è presente anche una sezione che permette la gestione di tre parametri legati alla simulazione del filtraggio del suono spazializzato.



Figura 21. Interfaccia del plug-in SpatGris

DAW

Le DAW rappresentano un ulteriore modo per gestire l'audio di sistemi multicanale e realizzare la spazializzazione del suono. Chiaramente senza l'utilizzo di plug-in appositi, ad esempio quelli precedentemente citati, le possibilità si riducono notevolmente ma permettono comunque di ottenere risultati apprezzabili nonostante la semplicità delle tecniche impiegate.

Di base è possibile agire sulla spazializzazione del suono attraverso il volume dei singoli canali, i pan surround, l'utilizzo di mandate indirizzate a vari altoparlanti e la riverberazione. Inoltre attraverso l'uso di equalizzatori e filtri è possibile dividere in bande alcuni suoni e indirizzarle ad altoparlanti diversi, spazializzando il suono in base al timbro.

Max, Pure Data, SuperCollider e Csound

Attraverso questi software è possibile, in maniera differente l'uno dall'altro, realizzare il proprio ambiente informatico utile alla spazializzazione del suono.

A seconda delle capacità di programmazione si possono implementare le varie tecniche di spazializzazione precedentemente citate all'interno del proprio personale ambiente di composizione o di uno dedicato semplicemente alla gestione della spazializzazione di brani già realizzati.

Per quanto riguarda il software Max sono già presenti numerosi bundle e external che possono essere utilizzati in modo indipendente o integrati nelle proprie patch.

In conclusione questi software, sebben diversi tra loro, condividono il concetto di base di offrire all'utente, in grado di programmarli, di creare ambienti informatici per la musica con possibilità idealmente infinite.

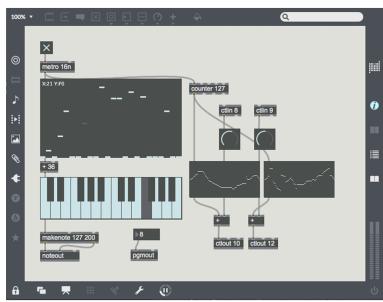


Figura 22. Esempio generico di una patch in max 7 (da www.cycling74.com)

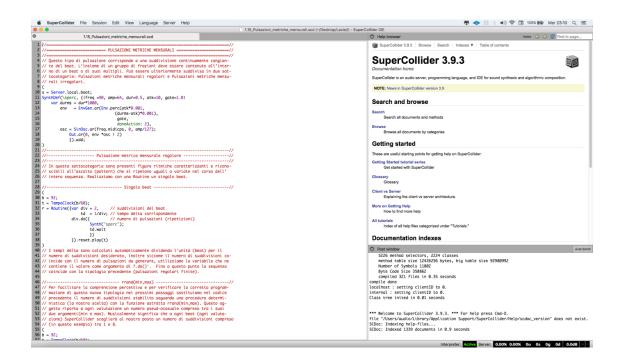


Figura 23. Esempio di file scd in SuperCollider 3.9.3

7. Spazi virtuali nella pratica compositiva

Nella pratica compositiva di musica elettroacustica non si può fare a meno di confrontarsi con il tema degli spazi virtuali. Non si poteva farlo nemmeno in passato e infatti molti compositori si sono impegnati nella ricerca di soluzioni per far si che la spazializzazione rientrasse a tutti gli effetti come uno dei parametri da prendere in considerazione nella realizzazione di un brano. Tuttavia i risultati degli studi di Peters, Marentakis e Mc Adamas³⁰ dimostrano che attualmente c'è una sottoutilizzazione delle tecnologie disponibili per la spazializzazione del suono e soprattutto delle tecniche di audio 3D. Nonostante ciò i compositori di musica elettroacustica e non solo, sono molto interessati agli aspetti spaziali del suono e sempre nello stesso studio vengono riportati i motivi per cui questi aspetti sono così importanti:

- per intensificare l'esperienza di ascolto attraverso l'immersione dell'ascoltatore nel suono (alcuni artisti pensano anche che per l'ascoltatore è più interessante sentire suoni che provengono da dietro o da sopra rispetto alla tradizionale provenienza anteriore);
- per evidenziare la capacità di un suono di creare il suo spazio variando la riverberazione;
- per organizzare e strutturare i suoni, soprattutto per quanto riguarda la relazione tra spazio e altezza, timbro e ritmo;
- per esperimenti con la tecnologia e gli effetti di spazializzazione;
- per motivi legati alla percezione uditiva;
- per la segregazione e la miscelazione dei suoni;
- per presentare allo stesso tempo più materiale sonoro senza perdere chiarezza;
- per dare movimento e dinamismo;
- per rendere i suoni più naturali e nitidi.

Queste risposte riassumono i motivi per i quali si è molto discusso in passato degli aspetti spaziali nella musica elettroacustica e risultano ancora più attuali oggi grazie al crescente sviluppo delle tecnologie messe a disposizione di tecnici e compositori. Sono le stesse tecnologie però che in alcuni casi, troppo avanzate e complicate, frenano una vera e propria sperimentazione delle molteplici possibilità che la spazializzazione del suono offre. Infatti non tutti i compositori, benchè interessati al tema, si dedicano alla creazione di brani multicanale in cui il parametro spazio diventa parte integrante del processo compositivo dando così un peso maggiore all'importanza del creare spazi virtuali in cui la propria opera musicale viene collocata.

38

³⁰ Peters N., Marentakis G., McAdams S., "Current Technologies and Compositional Practices for Spatialization: A Qualitative and Quantitative Analysis", Computer Music Journal, 35:1, 2011.

8. Realizzazione del sistema multicanale

Realizzare sistemi di diffusione del suono multicanale può essere complicato e, a seconda della qualità dell'impianto che si vuole realizzare, anche molto costoso. Il risultato finale sarà condizionato quindi da una serie di competenze tecniche messe in gioco e e dal budget a disposizione.

Il primo e più importante elemento che si deve prendere in considerazione è il tipo di altoparlanti da impiegare per la realizzazione del sistema multicanale.

La scelta degli altoparlanti è quindi determinante per valutare le spese di realizzazione e in certi casi prendere delle direzioni estetico-tecniche differenti.

Tralasciando il caso di impianti speciali e rimanendo nell'ambito dei canonici impianti multicanale si può affermare che essi possono essere realizzati attraverso:

- Altoparlanti passivi e finali di potenza
- Monitor da studio amplificati
- Sistema misto

La scelta del tipo di altoparlanti è condizionata in particolar modo dalla grandezza del luogo in cui la musica è destinata ad essere riprodotta/eseguita.

Una grande sala da concerto, uno spazio installativo, una stanza di medio/piccole dimensioni orienteranno fortemente la scelta.

Si può dire infatti che per quanto riguarda le sale da concerto con impianti fissi gli altoparlanti impiegati sono solitamente di tipo passivo. Le motivazioni ovviamente sono diverse a seconda della situazione ma sostanzialmente si potrebbe dire che la scelta ricade su questa tipologia in quanto è più facile trovare diffusori passivi di buona qualità e di grandi dimensioni a prezzi inferiori rispetto a monitor da studio di uguale prestanza. Infatti i monitor da studio amplificati di grandi dimensioni e ottima qualità hanno prezzi spesso proibitivi se se ne vogliono impiegare diverse unità per la realizzazione di impianti di questo tipo. Senza contare che la maggior parte dei diffusori passivi di tipo professionale vengono venduti con i loro finali di potenza e rappresentano quindi dei veri e propri sistemi completi.

Un'altra motivazione, forse anche più importante della prima, è che avere la sezione di amplificazione all'interno dell'altoparlante può essere un limite non di poco conto nel caso di impianti fissi. Infatti diventa inevitabilmente più pratico e funzionale avere gli amplificatori posti in un'apposita stanza o comunque in un luogo in cui è possibile controllarli per eventuali tarature o per qualsiasi problema tecnico.

Si può dedurre quindi che l'utilizzo di monitor da studio è ricorrente in tutte quelle situazioni in cui la sala non è dotata di un proprio impianto multicanale e il luogo è sufficientemente piccolo per garantire una buona resa anche con questi diffusori, solitamente di piccole dimensioni e potenze limitate. Come situazione tipo si potrebbero prendere come esempio i concerti di musica elettronica organizzati dalla maggior parte dei Conservatori in cui spesso si utilizza come sistema di diffusione multicanale quello presente nelle aule, costituito da monitor da studio amplificati.

Per quanto riguarda i sistemi misti invece si può dire che sono più rari in quanto non c'è una reale esigenza a livello professionale nel mischiare queste due tipologie. L'esigenza può essere quindi dovuta ai fondi a disposizione o ad un uso creativo di differenti altoparlanti.

Infatti si può pensare ad un sistema con dei monitor lineari in quadrifonia o ottofonia a cui si aggiungono altri altoparlanti opportunamente progettati per consentire la possibilità di aggiungere "sfumature" ulteriori o sottolineare meglio alcuni passaggi.

8.1 Ideazione e descrizione del progetto

Nell'approcciarmi alla realizzazione del sistema multicanale e quindi alla parte pratica di questa tesi di laurea ho dovuto fare i conti con ciò che idealmente mi prefiguravo di poter realizzare e ciò che concretamente avevo a disposizione come mezzi tecnici ed economici.

Data la vastità di soluzioni praticabili posso dire che i limiti imposti dalla situazione contingente hanno ristretto il mio campo d'azione a qualcosa che in parte già conoscevo e che ho potuto in un certo senso approfondire andando oltre il già noto.

Ho deciso quindi di sfruttare i mezzi presenti nelle due aule di musica elettronica del Conservatorio di Como per realizzare un sistema multicanale da 24 canali discreti e 25 diffusori, alcuni dei quali differenti tra loro. Sì può considerare quindi un esempio di sistema misto, citato precedentemente, in cui in realtà i diffusori passivi sono ben pochi rispetto al numero di monitor da studio impiegati. Probabilmente si può considerare un sistema misto più per il fatto che ingloba in parte due differenti visioni: quella multicanale e quella dell'Acousmonium.

In realtà dopo averlo realizzato e messo alla prova attraverso la composizione del brano di cui parlerò nel prossimo capitolo, mi sono reso conto che in fondo si può trattare di una sorta di ottofonia aumentata o espansa, in quanto quest'ultima costituisce la base progettuale ma anche concettuale dalla quale ho sviluppato tutto il resto.

Il progetto nasce quindi dal desiderio di sperimentare "diverse" soluzioni per la spazializzazione e diffusione della musica elettroacustica su supporto e per mettermi alla prova con tutte le problematiche tecniche e pratiche che la realizzazione di un sistema audio multicanale di questo tipo prevede.

8.2 Hardware utilizzato

Scheda audio: Motu ao24

Mixer: Mackie tt24

Altoparlanti:

6 Mackie HR824 e front Genelec 1031A (sistema multicanale ottofonico) [Ottofonia O]

4 Yamaha msp5 studio (quadrifonia "lontani") [Quadrifonia Y]

4 M-audio av40 (quadrifonia laterale "pavimento") [Quadrifonia M]

1 woofer target audio e super tweeter (front mono passivo) [Front mono]

2 tweeter a tromba (passivi, condividono lo stesso canale, di fatto dual mono) [Tweeter]

Coppia Jbl CS7 42 coassiale (altoparlanti sferici passivi) [Coppia S]

Coppia M-audio BX5 D2 (Posteriori collocati tra il pubblico) [Coppia R]

1 Mackie (altoparlante rivolto verso il pavimento) [Mono P]

Sub adam [Sub]

Finali di potenza:

Samson servo 150 stereo (Coppia S)

- Alesis ra150 stereo (Front mono, Tweeter)

Computer: Macbook pro 17"

8.3 Costruzione dei diffusori passivi

Per aggiungere diffusori all'impianto ho scelto di adoperare anche qualche diffusore passivo di

fascia economica. Ho effettuato questa scelta anche per trovare soluzioni differenti all'impiego

dei soliti monitor da studio, soprattutto per quanto riguarda l'estetica. I diffusori passivi in

questo caso rappresentano quelli che nell'Acousmonium possono essere definiti i "colorati",

ovvero quei diffusori non molto lineari e che hanno una banda di emissione limitata.

Per la realizzazione di altoparlanti sferici mi sono ispirato a quelli presenti nel sitema

AUDIOR³¹ di Dante Tanzi ed Eraldo Bocca, anche se premetto che nel mio caso la scelta è

ricaduta più per motivi estetici che reali benefici apportati ai due diffusori.

Dopo averli costruiti però mi sono reso conto che per via della loro leggerezza in termini di

peso si prestano molto ad essere installati su aste microfoniche e ciò mi ha permesso di poterli

utilizzare come diffusori che "calano dall'alto". Nonostante sia consapevole che il sistema

realizzato è comunque a due dimensioni in quanto basato soprattutto sull'emissione orizzontale

³¹ Sistema Audior: Acousmonium portatile costruito da Eraldo Bocca

41

del suono da parte degli altoparlanti, ho voluto sperimentare soluzioni alternative e questi due diffusori sferici sono e i tweeter a tromba sono risultati i candidati ideali a questo scopo.



Figura 24. Fase di realizzazione del diffusore sferico. Fissaggio del cono alla struttura in legno attraverso colla.

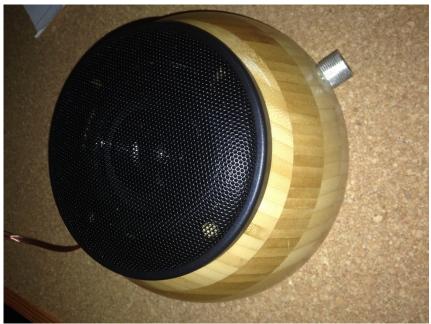


Figura 25. Primo piano sulla ghiera metallica che protegge il cono coassiale da 10 cm.



Figura 26. Front mono passivo



Figura 27. Tweeter passivo

8.4 Routing

Per quanto riguarda il routing del sistema ho cercato di fare in modo che non fosse troppo macchinoso e infatti gli elementi in gioco da collegare tra loro, a parte i diffusori, non sono molti.

Il cuore di tutto il sistema è il computer portatile che serve per gestire l'audio multicanale all'interno della DAW. Esso è collegato alla scheda audio tramite Usb 2.0. La connessione tra scheda audio e mixer invece è stata effettuata utilizzando due fruste db25-XRL e una db25-Jack TRS, esaurendo così la disponibilità di uscite della scheda e di entrate analogiche del mixer.

La qualità di entrambi gli hardware e i collegamenti bilanciati hanno permesso di avere un rumore di fondo accettabile nonostante la conversione digitale-analogico in uscita dalla scheda audio e analogico-digitale in entrata al mixer. La scelta è dovuta a dei test effettuati su entrambe le macchine e anche ai limiti imposti dal parco hardware presente in Conservatorio.

Sarebbe stato infatti più opportuno rimanere nel dominio digitale per tutta la catena fino all'uscita finale del segnale agli altoparlanti ma problemi di connessione via adat non hanno fatto sì che si potesse effettuare questa scelta.

Il mixer digitale inoltre ha il vantaggio di poter salvare il routing effettuato in memoria in modo tale da richiamarlo in qualsiasi situazione. Utilizzare un collegamento analogico in questo caso risulta vantaggioso in quanto sincronizzare due macchine via Adat³² non è mai completamente affidabile.

Il collegamento agli altoparlanti invece è stato effettuato sfruttando tutte le uscite disponibili nel mixer fino all'esaurimento, dopo il quale sono state impiegate tre uscite insert. Infatti il Mackie tt24 è dotato di 12 uscite ausiliarie assegnabili (Aux send), 8 uscite mono indipendenti (Group/Matrix out) e le classiche uscite master (Main out) e mono. Risulta quindi evidente che per poter realizzare un sistema con 25 altoparlanti si è dovuto impiegare anche l'escamotage dell'uscita insert per quanto riguarda tre canali. Infatti i canali 21, 22, 23 non sono assegnati a nessuna uscita, ma il segnale che alimenta i diffusori viene prelevato direttamente dalla boccola insert posta sul retro di ogni canale. Invece l'ultimo canale del mixer (24), dedicato al Sub, è assegnato all'uscita Main Out.

Realizzare un sistema multicanale di questo tipo non richiede propriamente l'utilizzo di un mixer in quanto una volta effettuata la taratura del sistema non è più necessario agire su di esso. In ogni caso collegare direttamente una scheda audio agli altoparlanti può essere rischioso,

44

³² ADAT: Alesis Digital Audio Tape. Si tratta di un protocollo che permette di trasferire 8 tracce audio su una singola fibra ottica.

soprattutto in fase di test. Va da sé che un mixer permette sempre di avere un maggior controllo, soprattutto per quanto riguarda la taratura dei volumi in uscita.

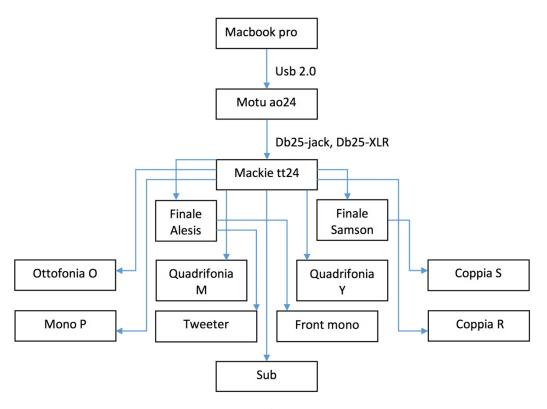


Figura 28. Schema routing

ASSEGNAZIONE USCITE MIXER --> DIFFUSORI

Aux send	Diffusori	Group out	Diffusori	Insert	Diffusori	Stereo Out	Diffusori
1	0_1	1	Y_1	Ch. 21	Coppia R_L	Ch. 24	Sub
2	0_2	2	Y_2	Ch. 22	Coppia R_R		
3	0_3	3	Y_3	Ch. 23	Mono P		
4	0_4	4	Y_4				
5	0_5	5	Front Mono				
6	0_6	6	Tweeter				
7	0_7	7	S_L				
8	0_8	8	S_R				
9	M_1						
10	M_2			·			
11	M_3						
12	M_4						

Figura 29. Tabella che mostra le assegnazioni delle uscite del mixer ai rispettivi diffusori

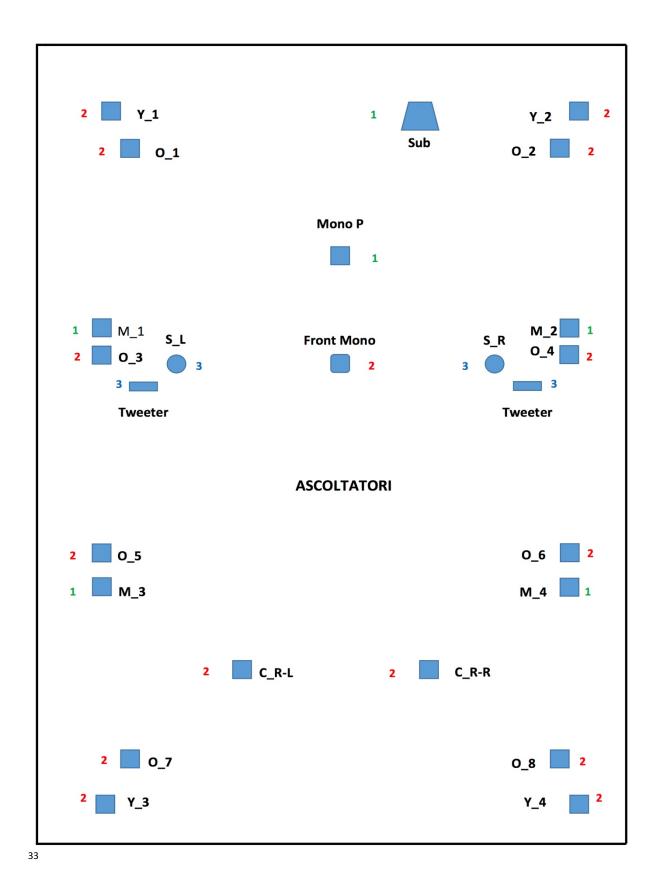


Figura 30. Schema della collocazione degli altoparlanti nella stanza

³³ Legenda 1: Altoparlanti posti ad altezza pavimento

^{2:} Altoparlanti posti al livello delle teste degli ascoltatori

^{3:} Altoparlanti posti ad un livello superiore alle teste degli ascoltatori



Figura 31. Parte dell'impianto realizzato (Aula musica elettronica Conservatorio di Como)

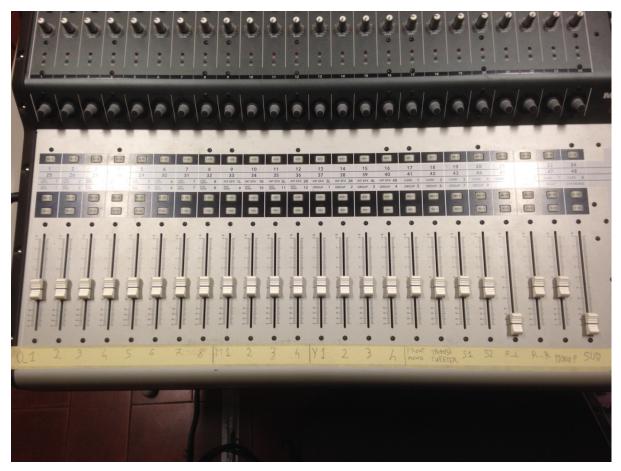


Figura 32. Mixer Mackie tt24

8.5 Taratura dell'impianto

Dopo aver assemblato l'impianto si è reso necessario effettuare una taratura del volume dei

diffusori in modo che non ci fossero particolari differenze fra quelli uguali tra loro.

Infatti essendo i diffusori di differente grandezza e potenza sarebbe stato inutile cercare di

ottenere lo stesso volume in uscita su tutti i diffusori. Ho quindi tarato i vari gruppi di

altoparlanti separatamente (l'ottofonia e le due quadrifonie).

Per quanto riguarda gli altri invece mi sono limitato a trovare il volume più adatto ad ogni

singolo diffusore o coppia in modo tale che non fosse troppo sbilanciato rispetto al resto.

In ogni caso specifico che si tratta di una taratura del tutto empirica e basata sulla mia

percezione in quanto non ho usato dispositivi di misurazione dei dB SPL prodotti da ogni

diffusore, per eventuali confronti. Inoltre essendo, alcuni diffusori, molto utilizzati e in

condizioni non ottimali, ho riscontrato differenze nella banda di emissione non trascurabili.

Anche l'avere un fronte stereo diverso dagli altri 6 diffusori dell'ottofonia ha presentato qualche

problema al momento della taratura, ma sono comunque riuscito a creare un adeguato

bilanciamento.

Per effettuare la taratura ho utilizzato un generatore di rumore bianco presente dentro Logic pro

X, e inviato il segnale a tutti i canali del mixer tramite mandate ausiliarie. Poi ho isolato i singoli

diffusori utilizzando i tasti "solo" e "mute" posti sui vari canali, a seconda di quali tra loro

volevo confrontare.

Chiaramente questo sistema comporta degli evidenti limiti e delle imprecisioni e inoltre la

stanza in cui ho montato l'impianto sfavorisce una corretta taratura in quanto non trattata

acusticamente, ma ai fini del mio progetto è stato possibile ottenere un risultato accettabile.

8.6 Software

Composizione e gestione della spazializzazione: Logic Pro X, GRM Tools Spaces.

Plug-in: GRM Tools, The Mangle, Soundtoys bundle, Universal audio, UVI, Ircam Lab TS.

Gestione scheda audio: Motu pro audio AVB.

48

9. Composizione del brano

9.1 Presentazione

Autore: Davide Salvan

Titolo: *Paesaggi virtuali*

Luogo e data: Como, Settembre 2018

Note di sala

"Il brano si sviluppa dall'esplorazione dell'immensità degli spazi profondi che si ritrovano nel mondo esterno a noi, così come nella propria interiorità. Si arriva gradualmente ad una definizione dei particolari e degli aspetti che sfuggono ad uno sguardo generale offrendo così lo spunto per indagare sui concetti di infinitamente piccolo e infinitamente grande.

Paesaggi virtuali nasce dal desiderio di riportare in musica una varietà di atmosfere sonore riconducibili alla realtà o totalmente immaginarie e astratte, con l'intento che sia l'ascoltatore a compiere un viaggio tra esse senza una guida ma immaginando mondi virtuali a seconda del proprio essere. La composizione inoltre riporta alla luce i grandi temi che tanto hanno fatto riflettere i compositori della musica elettroacustica del passato, ovvero l'incontro tra la dimensione acustica e quella elettronica, e quindi ancora una volta del reale con l'astratto."

L'idea del brano è stata fortemente influenzata dal concetto di spazi virtuali e dal mio interesse per la creazione di paesaggi sonori ispirati alla realtà o completamente distanti e alieni da essa. La composizione si è sviluppata intorno ad un breve frammento musicale, formato dalla sovrapposizione di più suoni di strumenti acustici, in alcuni casi leggermente trattati, con l'intenzione di creare un agglomerato pseudo armonico di fasce sonore non elettroniche.

Data la natura non prettamente tonale di questo macro oggetto ho deciso di strutturare un brano che lo integrasse e che si sviluppasse anche a partire da esso grazie all'elaborazione elettronica. Ho voluto poi mettere in contrasto questo elemento etereo e rarefatto con sonorità più invasive derivanti da contesti musicali *drone*, *noise* e *glitch*, alle quali sono particolarmente legato.

Queste sonorità mi sembrano le più adatte a dare vita al concetto di immensità e profondità che ben si lega al tema della spazializzazione del suono. In particolare mi interessava indagare il passaggio da spazi enormi e indistinti alla definizione dei particolari rappresentati da molteplici micro cellule sonore.

Dopotutto la natura umana prevede grandi idee e utopie che poi nella realizzazione si frammentano in singoli elementi, che possono rappresentare degli ostacoli e talvolta si generano conflitti.

Questi elementi e questi conflitti si possono ravvisare anche nell'ambiente naturale esterno agli esseri umani. Il titolo *Paesaggi virtuali* infatti suggerisce all'ascoltatore molteplici significati e gli permette di immergersi in uno spazio sonoro correlato al suo vissuto.

9.2 Fasi e sviluppo

- 1. Scelta delle tipologie di suoni da utilizzare e elaborare
- 2. Elaborazione di suoni e creazione di una raccolta di suoni processati
- 3. Strutturazione del brano
- 4. Preparazione del progetto Logic
- 5. Montaggio orizzontale e verticale dei suoni
- 6. Spazializzazione
- 7. Riverberazione
- 8. Rielaborazione di suoni precedentemente elaborati
- 9. Equalizzazione, filtraggi, automazioni, fade
- 10. Masterizzazione e esportazione
- 11. Riproduzione della composizione

1. Scelta delle tipologie di suoni da utilizzare e elaborare

Per la realizzazione del brano ho scelto di utilizzare prevalentemente suoni di strumenti acustici da rielaborare in chiave elettronica in quanto nutro da qualche anno l'interesse nell'indagare le possibili mutazioni che si possono apportare a suoni provenienti da strumenti "reali" e quindi sperimentare le possibili trasformazioni della dimensione acustica in quella elettronica.

Nello specifico, i suoni utilizzati per questo progetto sono tratti da:

- Registrazioni di varie tecniche per violino (ordinarie ed estese) effettuate dal Maestro Andrea Vigani;
- Virtual Instrument UVI Workstation con Libreria IRCAM Solo Instruments;
- Sintetizzatore Dave Smith OB6³⁴.

Le registrazioni di violino sono state impiegate per essere elaborate in chiave elettronica con l'intento di stravolgerle completamente. Le tecniche che ho scelto di utilizzare sono le seguenti:

- bow scrape
- bow tip plate
- bridge

_

³⁴ Sintetizzatore analogico polifonico (6 voci).

- hotel-mute
- scroll
- tailpiece
- tuning-peg

La libreria IRCAM Solo Instruments invece è stata utilizzata per due scopi:

- Realizzare l'agglomerato di fasce sonore provenienti da strumenti acustici presente nella sezione centrale del brano;
- Come raccolta di tecniche estese dei vari strumenti proposti dalla libreria ai fini di effettuare l'elaborazione elettronica della maggior parte di essi.

Di questa libreria ho utilizzato prevalentemente gli strumenti e le relative tecniche presentate nelle tabelle sottostanti.

TECNICA	NOTA	UTILIZZO	
Flauto			
Aeolian	С	Suono acustico riverberato	
Discolored fingering	G, A	Acustico e elaborazione	
Whistle tones sweeping	Α	Acustico e elaborazione	
Oboe			
Blow without reed	Α	Acustico e elaborazione	
Discolored fingering	Α	Acustico e elaborazione	
Clarinetto in Bb			
Flatterzunge	В	Suono acustico riverberato	
Aeolian	D	Suono acustico riverberato	
Fagotto			
Glissando ascendente	Α	Suono acustico riverberato	
Sax alto			
Double tonguing	Α	Acustico	
Backwards	E	Suono acustico riverberato	
Move bell down to up	В, С	Acustico	
Trombone			
No mouthpiece	E	Acustico e elaborazione	
Tuba			
Pedal tone	Α	Suono acustico	
Bisbigliando	Е	Suono acustico	
Single tonguing	Α	Elaborazione	
Embouchure Slap	No pitch	Elaborazione	
Glissando	E	Elaborazione	
Growl	Α	Elaborazione	
Fisarmonica			
Fx	No pitch	Elaborazione	
Combinatio of registers	Α	Elaborazione	

Figura 33. Tabella riguardante l'utilizzo suoni proveniente da libreria IRCAM Solo Instruments

TECNICA	NOTA	UTILIZZO	
Arpa			
Bisbigliando	Α	Elaborazione	
Pizzicato bartok	A, random	Elaborazione	
Glissandi	Е	Elaborazione	
Glissando with stick	А	Elaborazione	
Near the board	No pitch	Elaborazione	
Tap with stick	Random	Elaborazione	
Xylophonic	Random	Elaborazione	
Near the board with nail	Random	Elaborazione	
Violino			
Artificial harmonic tremolo (s1)	G, A	Suono acustico riverberato	
Pizzicato bartok (string 4)	А	Elaborazione	
Viola			
Pizzicato bartok	А	Elaborazione	
Violoncello			
Sul tasto to sul ponticello	G#	Suono acustico riverberato	
Pizzicato bartok	Α	Acustico e elaborazione	
Contrabbasso			
On the tuning pegs	Е	Elaborazione	
Artificial harmonic tremolo	А	Elaborazione	
Sul ponticello tremolo s1	E	Suono acustico riverberato	
Behind the bridge	Α	Elaborazione	
Col legno tratto	Α	Elaborazione	
Pizzicato bartok (string 4)	Α	Acustico e elaborazione	
Sul ponticello to sul tasto	А	Elaborazione	

Figura 34. Seconda tabella riguardante l'utilizzo suoni proveniente da libreria IRCAM Solo Instruments

I suoni di sintesi creati mediante il sintetizzatore OB6 sono stati realizzati cercando di forzare una macchina nata per realizzare fondamentalmente musica pop nel senso più ampio del termine. Tramite questo sintetizzatore infatti ho realizzato alcune fasce sonore intonate sulla nota "A" e modificate nel timbro tramite un LFO³⁵ applicato al filtro analogico in dotazione. Un altro utilizzo è stato quello di realizzare suoni sfruttando il generatore interno di rumore bianco modificato randomicamente dall'LFO applicato alla frequenza di taglio e alla tipologia del filtro della macchina. Attraverso quest'ultimo processo è stato possibile creare alcune sonorità *noise* e *glitch* che avevo intenzione di utilizzare in particolar modo nell'ultima sezione del brano.

-

³⁵ LFO: Low Frequency Oscillator.

2. Elaborazione di suoni e creazione di una raccolta di suoni processati

Per la realizzazione dei vari oggetti sonori di cui è composto il brano non ho utilizzato metodi pseudo scientifici o basati su modelli matematici e nemmeno realizzato, attraverso la programmazione, i vari processori impiegati per l'elaborazione del suono. La scelta di evitare la programmazione di un proprio ambiente di elaborazione dei suoni è stata presa per via del fatto che le mie conoscenze non sono di livello avanzato e mi avrebbero limitato nella realizzazione delle sonorità che avevo in mente.

Questo non implica che ho realizzato i vari oggetti sonori modificando più o meno casualmente i vari parametri dei processori utilizzati, anche se in alcuni casi ho scelto consapevolmente di randomizzare la gestione di alcuni di essi.

Si può invece affermare che la loro realizzazione è una conseguenza più o meno diretta di: un certo modo di pensare la musica e "giocare" con il suono, e delle sonorità che in questi anni mi hanno influenzato maggiormente e che ho fatto mie grazie all'esperienza pratica e l'ascolto. Infatti attraverso un uso prolungato nel tempo di diversi plug-in per l'elaborazione del suono ho potuto creare un modo di operare e di realizzare oggetti sonori più o meno complessi, che ancor prima di sentire provo a ideare con la mente in quanto a forma e sviluppo nel tempo, nello spazio e nella timbrica.

Dopo aver scelto i suoni e creato vari progetti di Logic in base alla loro tipologia ho dato inizio alla loro elaborazione in chiave elettronica con l'intenzione, il più delle volte, di snaturarli completamente da come erano in partenza. Infatti l'elaborazione elettronica può essere sottile e raffinata oppure portare il suono originale in una dimensione nuova.

In questa composizione ho cercato di non trascurare entrambe le modalità agendo, in alcuni casi, in modo quasi non percepibile sulle varie registrazioni di strumenti acustici selezionati.

Anche se non tutti i file audio che ho scelto di utilizzare sono stati trattati. È il caso degli strumenti acustici che si presentano poco dopo il terzo minuto del brano, ovvero all'inizio della terza sezione. Infatti alcuni di quei file non sono stati trattati e la maggior parte hanno ricevuto un trattamento minimo che si è basato sul togliere l'attacco degli strumenti, aumentare il rilascio e aggiungere una riverberazione volutamente innaturale per aumentare la lunghezza del suono. Il trattamento rimane comunque presente e percepibile ma il timbro del suono rimane quasi invariato, fatta eccezione per la sezione di attacco alterata da un lungo fade in³⁶.

-

³⁶ Crescendo di volume effettuato a partire dall'inizio di un file audio, attraverso il fader del mixer o altri tools presenti in ogni DAW.

Di seguito riporto un elenco in ordine sparso dei principali processi a cui sono stati sottoposti i suoni:

- Fade-in e Fade-out³⁷
- Modifica dell'inviluppo del file audio attraverso l'automazione del volume
- Riverberazione
- Reverse
- Effetto haas
- Enfatizzazione canale "side" con processori mid/side
- Equalizzazione statica o dinamica
- Equalizzazione a bande strette
- Filtraggio statico o dinamico
- Compressione
- Delay
- Pitch shifter
- Risintesi
- Stretch
- Freeze
- Granulazione
- Saturazione e distorsione

3. Strutturazione del brano

Scegliere la struttura di un brano può essere un processo complicato in quanto le possibilità sono ampie e a volte occorre porre dei limiti ben precisi per affrontare e dare una direzione ad un progetto musicale. Nel mio caso i limiti imposti sono dovuti fondamentalmente ad esigenze di tipo pratico:

- Evitare di comporre un brano dalla durata eccessiva;
- Avere a disposizione abbastanza tempo per far sentire con chiarezza i movimenti del suono e utilizzare varie tecniche di spazializzazione.

Questi due aspetti, sebbene in apparenza contrastanti, hanno trovato un punto di incontro nella scelta di far durare il brano 9 minuti. Infatti questa durata non risulta eccessiva anche per un ascoltatore non avvezzo alla musica acusmatica e inoltre mi ha permesso di effettuare una pratica divisione del brano in tre parti sufficientemente dilatate.

³⁷ Diminuendo di volume che termina alla fine di un file audio, attraverso il fader del mixer o altri tools presenti in ogni DAW.

Quest'ultima scelta non è quindi propriamente di natura concettuale anche se comunque ha influito in modo significativo nella composizione dell'opera. Però, penso che un'attenta analisi porterebbe alla luce probabilmente la presenza di più sezioni o comunque individuerebbe che queste 3 sono macro sezioni che ne contengono altre.

4. Preparazione del progetto Logic

Dopo aver elaborato i suoni su progetti singoli ho creato un unico progetto a 44100 Hz come frequenza di campionamento e 24 bit come profondità di bit, dedicato al montaggio e alla spazializzazione, ovvero la costruzione vera e propria del brano.

Si tratta di una fase piuttosto semplice che è consistita nel creare 24 tracce ausiliarie³⁸ mono a cui ho assegnato in uscita le corrispondenti tracce "master out" (uscite effettive della scheda audio). Ho rinominato le tracce ausiliarie in base all'ordine stabilito sul mixer e successivamente ho fatto lo stesso rinominando anche le tracce master.



Figura 35. Alcune delle tracce ausiliarie create, rinominate a seconda del diffusore a cui sono assegnate.

Quest'ultime, a seconda dei diffusori a cui sono assegnate, sono di tipo surround, stereo o mono. Infatti per quanto riguarda l'ottofonia ho deciso di utilizzare la modalità surround 7.1 di Logic, la quale con rispettive modifiche di configurazione degli altoparlanti si è resa estremamente

-

³⁸ Tracce ausiliarie: sono delle tracce di servizio a cui può essere inviato il segnale di normali tracce audio o strumento, attraverso delle mandate dette anch'esse ausiliarie. Il loro utilizzo può essere dei più svariati tipi anche se generalmente vengono utilizzate per la gestione dei riverberi o di altri effetti.

versatile e funzionale. Le uscite master che confluiscono in coppie di diffusori sono stereo mentre quelle che assegnate a singoli diffusori sono inevitabilmente mono.

Questa divisione è dovuta al cercare di avere una visione più chiara nel mixer di Logic ma soprattutto a ridurre il numero di tracce nella fase di esportazione finale una volta terminato il brano. Al termine del processo di creazione, rinomina e assegnazione delle tracce ausiliarie e master ho inserito su tutte le tracce "master out" un equalizzatore parametrico in modo da applicare filtri passa basso o passa alto con tarature diverse a seconda dei vari diffusori per migliorarne l'efficienza ed evitare possibili danni all'impianto.

TABELLA EQUALIZZAZIONI TRACCE MASTER

Nome Ch.	Tipologia Ch	HPF 12/OctdB	HPF 24dB/Oct	LPF 12 dB/Oct	LPF 24dB/Oct
Ottofonia	7.1	30			
M_1-2	Stereo	60			
M_3-4	Stereo	60			
Y_1-2	Stereo	50			
Y_3-4	Stereo	50			
Front mono	Mono	100			
Tweeter	Mono		1000		
S_1-2	Stereo		80		
R_L-R	Stereo	60			
Mono P	Mono	120			
Sub	Mono				500

Ch: Channel

12 o 24 dB/Oct: pendenza taglio del filtro per ottava

Figura 36. Tabella equalizzazioni tracce master

Come ultima cosa ho inserito nella timeline, posta all'interno della finestra principale di Logic, dei marker indicanti l'inizio (0), il terzo minuto (3), il sesto minuto (6) e la fine del brano (9), per avere una visione più chiara delle tre sezioni di cui ho discusso precedentemente.

5. Montaggio orizzontale e verticale dei suoni

Una volta preparato l'ambiente in cui montare i vari oggetti sonori, ho inserito subito i file audio provenienti dal progetto in cui avevo effettuato il montaggio di varie fasce sonore ottenute mediante l'utilizzo della libreria IRCAM Solo Instruments. Ho quindi inserito prima gli strumenti "reali" in quanto, come già accennato precedentemente, fanno parte del progetto che ha ispirato il resto del brano. La loro collocazione mi era già chiara dall'inizio dato che volevo che ci si arrivasse gradualmente, e di conseguenza li ho posti subito poco dopo l'inizio della seconda sezione del brano (3'00").

Successivamente ho iniziato ad ascoltare i vari oggetti sonori realizzati e ad inserirli in zone diverse del progetto di Logic a seconda della loro tipologia e in base all'idea di come avrei voluto sviluppare il brano.

Nella sezione iniziale infatti ritroviamo in particolare fasce sonore di svariato tipo e realizzate attraverso elaborazioni del suono anche molto differenti. Non sono le uniche sonorità presenti ma sono state impiegate per la maggior parte, in quanto a mio parere ben si prestano a creare una situazione di attesa e una introduzione alla seconda sezione.

Quel senso di attesa e crescita graduale ci porta quindi alla seconda sezione, nella quale però non abbiamo eventi sonori contrastanti ma piuttosto una distensione delle sonorità e quindi, in senso più ampio, del brano stesso. Solo verso la metà di questa sezione si ha un vero e proprio cambiamento, percepito in particolare grazie all'aumento considerevole del volume del suono ma anche dei timbri che iniziano a portare altrove.



Figura 37. Finestra principale di Logic che mostra le varie tracce degli strumenti acustici

Mentre la prima sezione presenta del materiale sonoro abbastanza uniforme, con pochi interventi di oggetti sonori contrastanti e comunque presenti sempre sullo sfondo, la seconda presenta una varietà di elementi decisamente più ricca. Infatti qui oltre agli strumenti acustici finemente trattati, vi si trovano una serie di oggetti sonori del tutto nuovi che assumono un ruolo di primo piano rispetto alle fasce sonore presenti sullo sfondo. Quest'ultime ritornano però verso la fine della seconda sezione, in cui un apparente stallo conduce all'ultima. Innestati in

questa calma apparente, elementi di origine granulare e tendenti a sonorità *glitch* hanno il compito di legare la fine e l'inizio dell'ultima sezione.

La terza sezione è quella in cui il contrasto e il conflitto con le precedenti ha un ruolo dominante e di conseguenza ho inserito soprattutto oggetti sonori materici e dal forte impatto. Agglomerati complessi incontrano elementi *glitch* e *noise* con lo scopo di creare finalmente una vera e propria tensione in alcuni casi quasi al limite della sopportabilità da parte dell'ascoltatore. Le distorsioni applicate ad alcuni oggetti sonori infatti sembrano voler aggredire il pubblico, urtarlo o comunque ridestarlo dalla situazione sonora creata attraverso le precedenti sezioni.

Definire con esattezza tutti i file audio inseriti nel progetto richiederebbe una notevole mole di lavoro in quanto, come avevo previsto all'inizio del lavoro, sono riuscito a raggiungere il limite di tracce audio consentite dal software Logic (253 tracce). Questo perché la maggior parte dei file audio occupa una propria traccia, per esigenze artistiche e tecniche, mentre solo alcuni di loro vengono raggruppati in tracce che contengono suoni destinati ad un preciso diffusore.

Trovo comunque che una descrizione generale delle sonorità sia sufficiente ad inquadrare, anche da lontano, il lavoro di ascolto e di riflessione sullo svolgersi del brano, effettuato per inserire i vari oggetti sonori.

Il brano termina con una breve coda in cui ho voluto inserire elementi provenienti da più parti di esso che come spiegherò successivamente sono state in alcuni casi a loro volta rielaborate. In particolar modo ho cercato di utilizzare alcuni oggetti sonori utilizzati nella prima sezione come a voler sottolineare la possibilità di un nuovo inizio più che un vero e proprio finale.

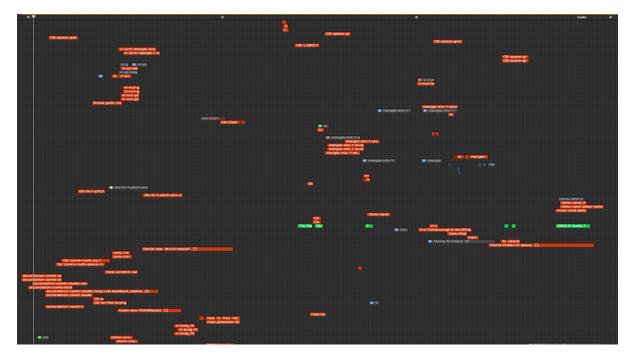


Figura 38. finestra di Logic dedicata all'inserimento e il montaggio degli oggetti sonori.

6. Spazializzazione

Come già accennato precedentemente posso affermare che l'ottofonia rimane il fulcro portante dell'intero sistema ed è anche il sistema multicanale con cui ho potuto fare più esperienza. Infatti ho utilizzato l'ottofonia come punto di partenza per orientarmi e gestire di conseguenza gli altri diffusori. Questo non significa che l'ottofonia ha un ruolo dominante e tutti gli altri diffusori risultano secondari se non ininfluenti. L'uso di quest'ultimi ha infatti il suo peso nell'intera composizione anche se Il movimento spaziale dei suoni attraverso l'ottofonia è quello a cui probabilmente ho dato più importanza, in quanto il sistema ottofonico risulta molto funzionale e offre notevoli varietà espressive. Inoltre nella stanza in cui ho realizzato il brano, questo sistema di diffusori si è dimostrato quello più adatto ad evidenziare i movimenti del suono nello spazio.

Occorre però sottolineare che ho scelto fin da subito di creare un brano dal carattere immersivo³⁹ piuttosto che un brano dimostrativo sulla spazializzazione. Ho cercato di moderare quindi l'uso eccessivo della spazializzazione per evitare che il risultato finale possa essere ripetitivo e poco coinvolgente o al contrario troppo caotico e distraente dal brano in sé.

Nella pratica ho agito fondamentalmente in due modalità: utilizzando la tecnica base di Amplitude Panning attraverso i fader del mixer o le mandate ausiliarie e utilizzando il bundle GRM Tools Spaces con cui ho realizzato parte della spazializzazione sul sistema ottofonico, la spazializzazione timbrica e la granulazione multicanale.

Ho quindi inserito ogni oggetto sonoro creato precedentemente in tracce audio separate, ognuna delle quali consente di assegnare l'uscita effettiva e otto mandate ausiliarie. Di conseguenza ho utilizzato sia l'uscita effettiva del canale che le mandate ausiliarie per indirizzare il segnale audio ai vari diffusori a seconda del risultato che volevo ottenere, in questo caso la spazializzazione si ottiene semplicemente aumentando o abbassando il livello di guadagno di ogni mandata ausiliaria e del fader del canale. Va da sé che, mediante accurate automazioni di questi parametri, è possibile muovere i singoli suoni tra i vari diffusori direzionando il suono in base alle proprie esigenze artistiche o funzionali a un passaggio del brano. Nonostante la tecnica dell'Amplitude Panning sia la più semplice, permette comunque di ottenere dei risultati soddisfacenti e anche adatti al sistema multicanale che ho implementato.

Per quanto riguarda la spazializzazione del solo sistema ottofonico invece ho agito in due modi, nel primo caso assegnando alle tracce interessate le mandate ausiliarie relative al sistema mentre nel secondo caso utilizzando direttamente tracce surround 7.1 e agendo sulla spazializzazione

-

³⁹ Brano dal carattere immersivo: che dà la sensazione all'ascoltatore di essere avvolto dal suono.

attraverso i plug-in GRM. Infatti è possibile modificare la configurazione surround 7.1 di Logic in modo tale che possa essere usata con l'ottofonia. Inoltre il bundle in questione è già ottimizzato per l'utilizzo con le varie configurazioni proprietarie di Logic in modo tale che un surround 7.1 venga visualizzato e gestito come un multicanale ottofonico.

Questo mi ha permesso di realizzare la maggior parte della spazializzazione del sistema ottofonico in modo relativamente rapido e ottimizzato in modo da evitare la creazione e la gestione di un numero elevato di automazioni su ogni traccia e per ogni mandata ausiliaria.

Ho quindi gestito la spazializzazione del suono tramite il plug-in GRM Spaces trasformando così alcuni file audio mono o stereo in file audio 7.1 già spazializzati.

Di questo plug-in ho sfruttato soprattutto le possibilità di randomizzazione dei vari parametri e quella di conferire al suono una specifica traiettoria. Questo perché ho voluto in certi casi prendere una posizione netta nei confronti del risultato mentre in altri ho preferito lasciar spazio all'aleatorietà.

Con i plug-in GRM SpaceGrain e SpaceFilter ho invece rielaborato a loro volta alcuni oggetti sonori già sottoposti a diversi processi, trasformandoli di conseguenza da file audio mono o stereo a file audio 7.1 con relativa spazializzazione.

Nello stesso tempo mi sono occupato anche degli altri diffusori e della relativa spazializzazione e di seguito provo a riportare una schematizzazione generica sul loro impiego, in quanto premetto che riportare esattamente ogni assegnazione e gestione risulta poco importante per la comprensione generale del lavoro effettuato.

- **Quadrifonia** Y: usata prevalentemente per intensificare l'effetto lontananza sia anteriormente che posteriormente. In alcuni casi i diffusori Y_3 e Y_4 sono serviti inoltre per aumentare la percezione posteriore dei suoni provenienti da O_7 e O_8.
- Quadrifonia M: utilizzata per aggiungere tridimensionalità alla percezione dei suoni in quanto posta lateralmente a livello del pavimento. Anche in questo caso è stata utilizzata per rinforzare il suono dei diffusori dell'ottofonia, in particolare di O_3, O_4, O_5 e O 6.
- Front mono: questo singolo altoparlante, essendo posto in posizione centrale, frontale e ravvicinata rispetto al pubblico, è stato utilizzato per porre l'accetto su alcuni oggetti sonori. Inoltre, la presenza del super tweeter, si è rilevata congeniale all'enfatizzazione di tutti quei suoni le cui frequenze superano anche di gran lunga i 2000 Hz.

In generale si potrebbe dire che questo altoparlante auto costruito potrebbe rappresentare, prendendo spunto dalla terminologia degli utilizzatori dell'Acousmonium, un diffusore "colorato", ovvero adatto a riprodurre al meglio alcune bande di frequenza piuttosto che altre conferendo un proprio "carattere" al suono.

- Tweeter: anche questi due diffusori vengono impiegati per aumentare il senso di tridimensionalità in quanto posti più in alto del livello delle teste degli ascoltatori. Un aspetto fondamentale è che questi due diffusori, per problemi tecnici, sono stati collegati allo stesso canale eliminando quindi la possibilità di spostare il suono da destra a sinistra e viceversa. Nonostante ciò sono stati comunque ampiamente utilizzati per enfatizzare le frequenze acute e sovracute come nel precedente caso del super tweeter.
- Coppia S: anche in questo caso si è voluto lavorare sulla terza dimensione dell'ascolto (sopra), infatti questi altoparlanti sono disposti frontalmente sopra le teste degli ascoltatori. Essendo diffusori di grandezza e potenza piuttosto ridotta non sono in grado di emettere l'intera banda delle frequenze udibili in modo lineare e quindi è stato eliminato in partenza l'afflusso delle basse frequenze. Sono stati di conseguenza impiegati per enfatizzare oggetti sonori con range di frequenza tra le medio-alte. Sono stati gli altoparlanti più utilizzati a fine artistico in quanto si sono dimostrati in grado di garantire una soddisfacente percezione del suono che arriva dall'alto. Inoltre, essendo una coppia stereo, si è potuto effettuare anche del lavoro di spazializzazione
- Coppia R: questa coppia di diffusore è stata impiegata prevalentemente per accentuare la provenienza del suono da dietro le teste degli ascoltatori, in quanto collocati ad una minor distanza rispetto agli altri altoparlanti posteriori. Anche in questo caso il fatto che si tratta di una coppia stereo posizionata con angolazione di circa 60° ha permesso lo sfruttamento di tutte quelle tecniche di spazializzazione molto efficaci nella stereofonia.

convenzionale in stereofonia con le classiche tecniche di pan e attraverso processori

- **Mono P:** si tratta anche questo di un singolo diffusore "colorato" posto con il woofer e il tweeter rivolti verso il pavimento, in modo tale che il suono venga filtrato naturalmente dal materiale di cui è costituito. La banda caratteristica in questo caso è quella delle medio-basse e medio-alte, nonostante il filtraggio sulle alte frequenze non sia netto ma solo leggermente percepibile.
 - Il suo uso si è dimostrato prevalentemente necessario in tutte quelle situazioni di rinforzo del volume complessivo e in quelle in cui si è cercato di enfatizzare ulteriormente l'effetto immersivo del brano.
- Sub: essendo assegnato ad un canale indipendente e quindi completamente gestibile,
 l'impiego di questo diffusore può essere accostato a quello che nel cinema viene chiamato LFE⁴⁰. L'utilizzo del Sub non si è limitato però ad evidenziare o

mid-side.

-

⁴⁰ LFE: Low Frequency Effect

accompagnare determinati passaggi, in quanto in alcuni momenti del brano l'enfatizzazione delle frequenze gravi e sub-gravi ha anche un ruolo strutturale.

Concludendo voglio sottolineare che lo sviluppo della spazializzazione è stato parte integrante della composizione e di conseguenza l'ho realizzata simultaneamente al brano. Questo per chiarire ancora una volta l'effettiva importanza del parametro spazio nella composizione di brani di musica acusmatica o elettroacustica, parametro che invece viene spesso gestito a posteriori realizzando quindi spazializzazioni su brani già compiuti.

7. Riverberazione

All'interno dell'intero processo compositivo la riverberazione è stata utilizzata per diversi scopi. Tralasciando quella applicata ai singoli oggetti sonori nella fase di elaborazione vorrei porre maggiore attenzione sul suo utilizzo ai fini di aumentare il senso di lontananza o profondità e per legare meglio alcuni suoni ad altri.

Per questi scopi ho impiegato il riverbero a convoluzione⁴¹ nativo in Logic (Space Designer) in quanto, sebbene non sia tra i migliori, il suo utilizzo risulta meno drastico sulle sorti della CPU⁴² del computer utilizzato. Impiegando quindi più riverberi si è reso necessario il suo utilizzo per evitare che il computer non riuscisse a gestire il progetto arrestando di continuo la riproduzione dei file audio.

Un'altra motivazione è dovuta al fatto che questo riverbero può essere utilizzato anche in configurazione 7.1 e quindi mi è sembrato il plug-in perfetto per creare il riverbero generale del brano e più nello specifico dell'ottofonia.

Oltre al riverbero generale ho aggiunto due tracce ausiliarie per i riverberi delle due quadrifonie allo scopo di enfatizzare ancora di più il senso di lontananza per quel che riguarda la quadrifonia Y e di aumentare la lunghezza delle code di alcuni suoni assegnati invece alla quadrifonia M. Infine un ultimo riverbero in modalità reverse è stato inserito in una traccia ausiliaria assegnata alla coppia di altoparlanti S.

-

⁴¹ Riverbero a convoluzione: è una tipo di riverbero che permette di simulare l'acustica di un ambiente attraverso l'utilizzo di campioni di risposta ad impulso (IR samples).

⁴² CPU: Central Processing Unit

TABELLA TEMPI DI RIVERBERAZIONE

Nome traccia ausiliaria	Tipologia Ch.	Assegnazione uscita	Tempo riverberazione	
Riverbero ottofonia	7.1	Master 7.1	3,5 secondi	
Riverbero quadrifonia Y	Stereo+2 aux	Master Y_1-2, Y_3-4	10,6 secondi	
Riverbero quadrifonia M	Stereo+2 aux	Master M_1-2, M_3-4	5,1 secondi	
Riverbero reverse	Stereo	Master S_1-2	8 secondi	

Figura 39. Tabella tempi di riverberazione

8. Rielaborazione di suoni precedentemente elaborati

Dopo aver effettuato il montaggio della maggior parte degli oggetti sonori ricavati inizialmente mi sono reso conto della possibilità di riutilizzarne alcuni per creare ulteriori tracce audio simili all'originale o estremamente differenti. Quest'esigenza è dovuta essenzialmente a due motivi:

- Nonostante l'impiego di tutti gli oggetti sonori utilizzati nel montaggio il brano risultava incompleto e alcuni passaggi potevano essere arricchiti.
- Per effettuare una spazializzazione che possa risultare interessante dal punto di vista artistico può essere utile utilizzare lo stesso oggetto sonoro rielaborato, anche in modo sottile, in modi differenti e assegnare poi le varie tracce a diversi diffusori.

Un processo che si potrebbe dire più "estremo" è stato quello di sottoporre alcuni oggetti sonori ad una granulazione multicanale trasformandoli completamente dalla loro natura iniziale.

9. Bilanciamento volumi, Equalizzazione, compressione, automazioni e fade

I processi di equalizzazione e compressione fanno principalmente parte di quello, che in altri mondi musicali, si potrebbe definire mixaggio. Per quanto mi riguarda trovo che nella musica elettroacustica questa pratica non sia così importante in quanto ogni suono è stato forgiato e plasmato già alla base secondo l'idea del compositore e di conseguenza ogni oggetto sonoro è già come dev'essere fin dall'inizio.

Nonostante questa premessa può essere importante apporre delle leggere modifiche mediante equalizzazione e compressori per migliorare l'intellegibilità di alcuni suoni.

Risulta invece fondamentale effettuare il bilanciamento dei volumi delle varie tracce audio impiegate stando attenti sia dal punto di vista tecnico che dal punto di vista compositivo, per

evitare di stravolgere ciò che si è voluto creare durante la composizione solo per questioni meramente legate alla tecnica.

Trovo inoltre fondamentale l'uso delle automazioni, in particolare di volume, in quanto consentono varietà espressiva e anche di sovrapporre meglio i vari suoni senza che interferiscano troppo l'uno con l'altro.

Per quanto riguarda invece i fade (in e out) li reputo anch'essi fondamentali per poter dare un senso di fluidità ai singoli oggetti sonori o ad interi passaggi.

10. Masterizzazione e esportazione

Non ho effettuato una vera e propria masterizzazione del brano in quanto non volevo rischiare di alterare gli equilibri tra i vari suoni attraverso un'eccessiva equalizzazione e compressione. Inoltre credo che per quanto riguarda la musica elettroacustica e nel caso specifico acusmatica sia un processo che è possibile evitare in quanto non ci sono esigenze tecniche e commerciali da rispettare come in altri "generi" musicali.

Mi sono limitato quindi a mantenere l'equalizzazione inserita in tutte le tracce master out create all'inizio del progetto e ad inserire, sempre su ognuna di queste tracce, un limiter tarandolo nella maniera meno invasiva e riducendo il volume di uscita di 1 dB full scale.

Quindi, sia nel caso dell'equalizzazione che del limiter in uscita, ho agito semplicemente per evitare possibili danni all'impianto, e clip digitali nei file audio definitivi.

Dopodichè ho esportato separatamente ogni traccia master, avendo cura di metterla in "solo", ottenendo come risultato la creazione di 11 file audio (1 file 7.1, 6 file stereo e 4 mono) in formato AIFF a 44100 Hz come frequenza di campionamento e 24 bit come profondità di bit.

11. Riproduzione della composizione

Per la riproduzione della composizione mi sono affidato nuovamente a Logic in quanto avevo la necessità di avere un'interfaccia grafica che mi permettesse di controllare facilmente le forme d'onda dei file audio esportati e la rispettiva ampiezza. Ho quindi creato un numero di tracce audio equivalente al numero di file ottenuti mediante esportazioni e ho assegnato ogni traccia al canale master corrispondente in modo da assegnarla al corretto diffusore.

Fatto ciò ho inserito nel progetto i file audio allineandoli tutti all'inizio del progetto e inserito un brevissimo fade-in e fade-out su ogni file.

Questo metodo di riproduzione, benchè funzionale e pratico, è utile al fine del mio lavoro ma risulta comunque una soluzione poco auspicabile nella casistica di un possibile concerto in quanto sarebbe da preferire la creazione di una patch di riproduzione dei file audio attraverso programmi come Max, in modo tale da snellire l'influenza del programma sulla CPU del computer e gestire l'interfaccia in base alle proprie esigenze. Inoltre va ricordato che quest'ultima soluzione sarebbe sicuramente da preferire nel caso dell'invio del brano a festival di musica elettroacustica o comunque nel caso di un concerto in cui non è detto ci sia la disponibilità di avere un computer Apple con Logic pro X installato, ed è molto più probabile trovare software come Max.

10. Aspetti critici

Nel realizzare questo progetto e durante la stesura della tesi mi sono reso conto di quanto sia vasto il tema riguardante la spazializzazione del suono. Detto questo posso considerare il mio lavoro solo come un punto di inizio e non di arrivo.

Le problematiche principali che ho riscontrato riguardano i mezzi tecnici, lo spazio utilizzato e il tempo a disposizione che non ha permesso un totale approfondimento del progetto.

Di seguito elenco in modo sintetico gli aspetti critici a cui sono andato incontro.

- La stanza utilizzata per la composizione del brano e per la riproduzione in sede d'esame finale è piuttosto piccola e non è trattata acusticamente.
- La maggior parte dei diffusori utilizzati nel sistema multicanale sono di fascia economica e di conseguenza influiscono sulla qualità globale del suono e anche della relativa spazializzazione.
- La collocazione di alcuni diffusori potrebbe essere rivista in modo da sperimentare soluzioni differenti.
- Mancano diffusori posteriori collocati sopra le teste degli ascoltatori.
- Gli amplificatori utilizzati hanno una potenza limitata e due canali presentano il problema di distorcere il suono in alcuni momenti.
- Il sistema prevede che il punto migliore per l'ascoltatore sia al centro della sala. Infatti in altre posizioni non si riesce a percepire pienamente la reale spazializzazione effettuata nel brano ma si ha comunque la sensazione di essere immersi nel suono.
- Le tecniche di spazializzazione impiegate nel brano sono tra le più semplici, anche se garantiscono una certa efficacia.
- Non è presente una partitura del brano e nemmeno una riguardante i movimenti del suono nello spazio.
- Non è presente un'analisi del brano e una mappatura approfondita completa di tutti gli oggetti sonori presenti.
- Non è presente una patch per l'esecuzione del brano realizzata attraverso il software Max.
- Per realizzare sistemi e brani multicanale può essere necessaria una quantità di tempo molto elevata per permettere la massima cura del proprio lavoro.
- Il brano può essere eseguito, nella sua versione originale, solo con questo sistema multicanale. Risulta quindi difficilmente riproducibile.

11. Conclusioni

Vorrei prima di tutto affermare che mi ritengo soddisfatto del lavoro effettuato che mi ha portato ad approfondire le varie tipologie di sistemi multicanale e le tecniche di spazializzazione al fine di ideare un progetto comprendente la composizione di un brano da riprodurre sul sistema di altoparlanti da me realizzato.

Inoltre questo lavoro per me è stato molto coinvolgente in quanto mi ha permesso di riflettere in modo significativo sull'importanza degli spazi virtuali nella pratica compositiva su supporto e più in generale su quanto lo spazio ha influito sulle scelte di alcuni compositori del passato. Realizzare brani di musica acusmatica per sistema multicanale è un ottimo modo per mettersi alla prova, in particolare per un compositore giovane e della mia generazione. Il sistema stereofonico è infatti ancora oggi il più diffuso ed è senza dubbio quello utilizzato dalla maggior parte dei giovani che iniziano ad interessarsi alla musica elettronica e ad usare i primi software. Quindi nonostante il repertorio di musica acusmatica, anche multicanale, sia molto ampio, e probabilmente per certi versi ormai sia piuttosto semplice cadere nel già sentito, trovo che sperimentare con questi sistemi e con questa musica sia ancora una valida e istruttiva esperienza che ha ancora molto da offrire.

Trovo che l'utilizzo di questi sistemi di diffusione di un certo livello sia ancora qualcosa di riservato a certe nicchie o centri di ricerca, quando invece dovrebbe abbracciare il mondo musicale a più ampio raggio. È vero però che i luoghi a disposizione e gli impianti fissi in sale da concerto, soprattutto in Italia, sono ancora ben pochi. Vorrei però sottolineare che esistono moltissimi luoghi in cui gli impianti multicanale sono presenti da moltissimo tempo e fanno parte integrante di quelle sale. È il caso dei cinema, sale trattate acusticamente e tutte dotate di impianti multicanale che in alcuni casi raggiungono anche un numero molto elevato di diffusori. Purtroppo questi spazi e i loro sistemi vengono usati poco sia dal cinema, che si perde nei soliti schemi e clichè, sia dalla musica elettronica, che non è riuscita ad entrarci e a proporre qualcosa che sfruttasse a pieno quei sistemi di diffusione.

In conclusione ritengo di aver raggiunto lo scopo che mi ero prefissato con risultati superiori alle aspettative, in quanto sono riuscito ad usare più diffusori di quelli inizialmente previsti e a realizzare un brano che ha un senso compiuto e non è puramente dimostrativo.

Detto ciò spero che questo sia uno stimolo in più per approfondire ulteriormente queste tematiche e continuare a comporre brani in cui la spazializzazione abbia il peso che merita per ampliare le possibilità espressive della musica.

Bibliografia e sitografia

Vincenzo Lombardo, Andrea Valle, *Audio e Multimedia*, Milano, Apogeo, 2002 Giacomo Fronzi, *Electrosound*, EDT, Torino, 2013

Karlheinz Stockhausen, a cura di Robin Maconie, Sulla musica, Milano, Postmediabooks, 2014

Francesco Galante, Nicola Sani, Musica espansa, Lucca, Ricordi e LIM, 2000

Andrea Cremaschi, Francesco Giomi, Rumore bianco, Bologna, Zanichelli, 2008

Riccardo Bianchini, Alessandro Cipriani, Il Suono Virtuale, Roma, ConTempoNet, 2011

www.ircam.fr

www.inagrm.com

www.musicaecodice.it

www.audior.eu

www.audiosonica.com

www.wikipedia.com

www.musicaelettronica.it

www.maurograziani.org

www.birmingham.ac.uk

www.cycling74.com

www.supercollider.github.io

www.120years.net

www.stockhausenspace.blogspot.com

Ringraziamenti

Ringrazio la mia famiglia per tutto il supporto dato durante gli anni di studio in Conservatorio.

Ringrazio il mio relatore M° Andrea Vigani per la disponibilità data e i preziosi suggerimenti.

Ringrazio i Maestri di musica elettronica Marco Marinoni, Walter Prati, Luca Richelli e Andrea Vigani per avermi fatto conoscere modi diversi di pensare e realizzare questa musica.

Ringrazio tutti i Maestri del Conservatorio di Como che hanno contribuito ad un mio arricchimento culturale e allargato la mia visione generale della musica.

Ringrazio i miei amici per il sostegno che mi hanno assicurato, in particolare Mattia Firenze e Walter Caracca.