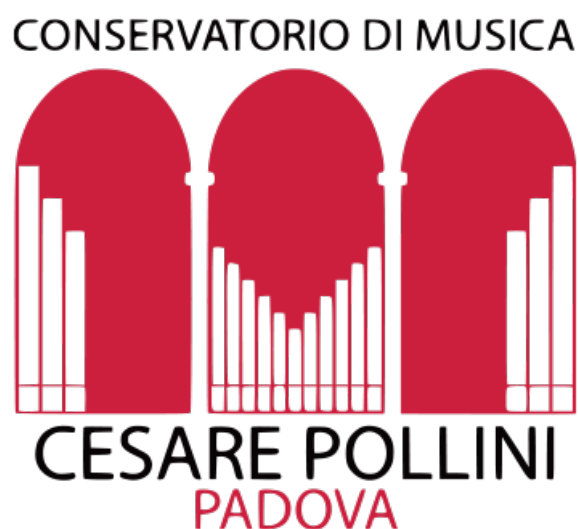


Conservatorio di musica di Padova "Cesare Pollini"

DIPLOMA ACCADEMICO DI I LIVELLO IN MUSICA ELETTRONICA

*Indirizzo Compositivo*



**Ambiente grafico interattivo per la  
creazione di spartiti sonori e musicali**

*Laureando*

Alessio Lazzaron

*Relatore*

Prof. Scordato Julian

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

13 APRILE 2023



*Quando guardate, guardate lontano, e anche quando credete di star  
guardando lontano, guardate ancor più lontano!*

*- Baden Powell*



# Abstract

Lo sviluppo tecnologico, specialmente negli ultimi anni, ha indubbiamente influenzato il modo in cui le composizioni musicali vengono scritte e create. Le nuove tecnologie non hanno solamente portato nuovi modi per creare sonorità timbriche innovative ma hanno anche cambiato il modo in cui la musica può essere espressa dando ai compositori nuovi strumenti per rappresentare le loro idee artistiche.

Un campo di sviluppo che sta diventando molto popolare e che continua ad attirare nuove ricerche è l'introduzione di videogame all'interno di opere audiovisive. Il mondo dei videogiochi offre, infatti, ai compositori non solo nuovi modi su come organizzare il materiale sonoro ma anche come rivedere il rapporto con il pubblico creando contenuti più chiari ed immersivi.

Da tali considerazioni nasce questo lavoro di tesi che vuole approfondire l'utilizzo dei videogiochi all'interno delle composizioni musicali.

Il lavoro di tesi si sviluppa in due parti principali: nella prima parte viene presentata un nuovo concetto di partitura che utilizza concetti e dinamiche provenienti dal mondo dei videogiochi per codificare i movimenti delle mani degli esecutori. Nella seconda parte, invece, viene mostrata come questa partitura possa essere utilizzata per creare composizioni musicali presentando una sua possibile sonorizzazione.



# Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
1.1	Obiettivi . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Nuovi campi di espressione</b>	<b>3</b>
2.1	La necessità di andare oltre . . . . .	3
2.2	I videogiochi come nuovo mezzo espressivo . . . . .	5
2.3	Sonorizzazione di videogiochi . . . . .	10
2.4	Videogiochi come strumenti musicali virtuali . . . . .	15
2.5	La rivalutazione dell'orchestra . . . . .	18
2.6	Interfacce virtuali per l'espressione musicale . . . . .	22
2.6.1	Ergonomia ed esperienza utente . . . . .	27
<b>3</b>	<b>Hallway</b>	<b>31</b>
3.1	Interfaccia di gioco . . . . .	31
3.1.1	Unity . . . . .	33
3.1.2	Iang . . . . .	34
3.1.3	Dettagli implementativi . . . . .	35
3.2	Esempio di sonorizzazione . . . . .	37
3.2.1	Dettagli implementativi . . . . .	38
3.2.1.1	Mel-frequency cepstral coefficients . . . . .	40
<b>4</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>43</b>
4.1	Sviluppi futuri . . . . .	45
	<b>Bibliografia</b>	<b>47</b>





# Elenco delle figure

2.1	Marko Ciciliani in Atomic Etudes che fa utilizzo della interfaccia Monome in modo non convenzionale per attivare la conoscenza tacita del pubblico . . . . .	9
2.2	SoundCraft. Esempio di sonorizzazione di un videogioco . . . . .	11
2.3	Q3osc nella composizione "Nous sommes tous Fernando..." . . . . .	14
2.4	Configurazioni base dello strumento virtuale Coretet . . . . .	15
2.5	Esempio di utilizzo del Coretet durante l'esecuzione di "Trois Machins de la Grâce Aimante" . . . . .	16
2.6	Ambiente virtuali di Carillon . . . . .	17
2.7	La Princeton Laptop Orchestra durante una performance al Alexander Hall's Richardson Auditorium, Princeton USA . . . . .	18
2.8	Disposizione standard dei strumentisti della Princeton Laptop Orchestra PLORK .	19
2.9	Illustrazione dell'ambiente virtuale creato per la composizione ChuckK ChuckK Rocket. Si possono vedere oltre ai topi e alle frecce per determinare la direzione che seguono i topi anche i diversi oggetti che fungono da trigger per attivare determinati eventi sonori . . . . .	21
2.10	Interfaccia virtuale Ball Pit . . . . .	24
2.11	Interfaccia virtuale Laser Harp . . . . .	25
2.12	Interfaccia virtuale Orbits . . . . .	26
2.13	Interfaccia virtuale ChromaChord. Nell'immagine di destra la finestra di controllo, in quella in centro l'area di performance mentre nell'immagine a sinistra la "modulation sphere" . . . . .	26
2.14	Interfaccia virtuale Songverse . . . . .	28
3.1	Esempio di partitura per due esecutori realizzata in Hallway . . . . .	32
3.2	Il controller Iang . . . . .	34
3.3	Messaggio OSC inviato da Iang . . . . .	35

3.4	Esempio di come l'individuazione di diversi sample audio cambi in base al valore di soglia. Nelle figure 3.4b e 3.4c si possono notare due linee rosse che esprimono il valore di soglia corrente mentre le diverse linee blu rappresentano gli indici temporali che individuano quando un sample finisce e quando inizia il successivo. . . . .	39
3.5	Processo di riduzione delle features estratte mediante MFCC. Nell'immagine a sinistra le features estratte ovvero 13 features per ogni campione. Nell'immagine centrale il primo processo di riduzione che comprende il calcolo di sette parametri statistici per ogni coefficiente MFCC. Infine nelle ultime due immagine la riduzione a soli due valori attraverso un processo di machine learning. . . . .	39
3.6	Confronto tra frequenze in Hz e in scala Mel . . . . .	41
3.7	Confronto tra spettri. A sinistra lo spettro normale mentre a destra lo spettro logaritmico . . . . .	41
3.8	I 13 valori MFCC visualizzati a destra vengono calcolati utilizzando lo spettrogramma Mel-Frequency come input per la trasformata discreta del coseno. Ogni valore MFCC rappresenta, quindi, quanto è simile lo spettrogramma Mel-Frequency a una di questi segnali cosinusoidali. . . . .	42

# Capitolo 1

## Introduzione

Nel corso della storia, liutai e musicisti hanno esplorato le tecnologie della loro epoca non solo per creare nuovi strumenti musicali ma anche per ideare nuove modalità di esibizione artistiche. L'introduzione delle tecnologie digitali ha fornito a musicisti, designer, sviluppatori di software e ingegneri l'accesso a nuovi modi per creare, controllare e diffondere la musica. Le odierne tecnologie di realtà aumentata rappresentano un cambio di paradigma nelle possibilità di interazione musicale, consentendo agli artisti e al pubblico di assumere un ruolo attivo nel plasmare i processi musicali presentati in questi nuovi contesti virtuali.

La realtà virtuale rappresenta quindi l'ultima frontiera nel panorama artistico musicale costituendo un nuovo campo di ricerca che riunisce professionisti provenienti da diversi campi come composizione musicale, game theory, informatica, ingegneria, arti visive e scienze cognitive.

I ruoli della musica all'interno dei sistemi di realtà virtuale possono variare ampiamente, spaziando da un uso narrativo, ovvero un concetto musicale che si sviluppa nel tempo, ad uno più ornamentale, dalla riproduzione di file audio mediante l'iterazione del soggetto con elementi virtuali e non alla generazione di nuove sonorità mediante sonorizzazione di dati, fino all'utilizzo di nuove tecniche per la spazializzazione per ricreare un ambiente sempre più immersivo.

Il fatto di creare ambienti sempre più immersivi porta naturalmente alla condizione che il suono, ma in generale i diversi elementi musicali presenti, vengono controllanti, in qualche modo dal comportamento dell'utente ovvero sono i movimenti dell'utente all'interno del mondo virtuale che vanno a manipolare le proprietà del suono come altezza, ampiezza e timbro.

La realtà virtuale nel contesto compositivo musicale offre, inoltre, la possibilità di una nuova gestione e organizzazione del materiale sonoro che va oltre il classico pentagramma. Infatti possono essere creati interfacce virtuali, che prendono spunto dal mondo dei videogiochi, per codificare comportamenti o azioni complesse che i diversi esecutori devono fare. Il fatto di poter rappresentare

una azione specifica in uno spartito e che possa quindi non essere una nota, permette al compositore di scrivere in un nuovo linguaggio permettendoli di raggiungere nuovi elementi sonori ampliando notevolmente così la sua capacità di espressione.

## 1.1 Obiettivi

Il lavoro di tesi svolto ha l'obiettivo di creare una interfaccia per la codifica dei movimenti della mano degli esecutori che possa essere usata come partitura per nuove composizioni. Per rendere la codifica dell'informazione il più chiara possibile, senza dover utilizzare leggende descrittive esterne, sono stati studiati e analizzati diversi lavori nel campo della realtà virtuale e sull'utilizzo dei videogiochi per la creazione di composizioni musicali.

Un altro obiettivo del lavoro di tesi è di fornire un esempio di come questa interfaccia possa essere utilizzata nella produzione di nuove composizione musicale. Dato che l'interfaccia crea una relazione tra i movimenti della mano dell'esecutore e la posizione dell'avatar associato in un ambiente virtuale si è deciso di realizzare una sonorizzazione di questo sistema. In particolare, si è studiato come associare la stessa relazione anche al suono ovvero trovare un sistema che permetta di attribuire ad un sample audio delle coordinate spaziali. In questo modo è possibile non solo codificare una determinata posizione della mano dell'esecutore ma anche attribuire a quella posizione caratteristiche sonore precise.

## Capitolo 2

# Nuovi campi di espressione

L'utilizzo di elementi provenienti dal mondo dei videogiochi in opere audiovisive è cresciuto notevolmente negli ultimi anni, diventando oggi un'area di ricerca consolidata. L'uso di queste nuove tecnologie, che utilizzano anche elementi di realtà aumentata e virtuale, rappresenta un cambio di paradigma fondamentale per vari contesti musicali in quanto interrompe le nozioni tradizionali di interazione musicale consentendo agli artisti e al pubblico di interagire musicalmente con oggetti, agenti e ambienti virtuali [7].

In questo capitolo verranno approfondite alcuni ambiti di utilizzo dei videogame, attraverso lo studio di alcuni progetti innovativi, all'interno delle composizioni audiovisive e di come questo nuovo approccio possa creare nuovi strumenti di espressione per i compositori.

### 2.1 La necessità di andare oltre

Nel saggio *Music in the Expanded Field – On Recent Approaches to Interdisciplinary Composition* [4] Marko Ciciliani espone come, al giorno d'oggi, molti compositori stiano lavorando al di fuori dei confini tradizionali della musica espandendosi in altri media e pratiche in quanto il loro lavoro si sviluppa dalla consapevolezza che il suono da solo non è più sufficiente per esprimere le idee musicali. Esempi importanti di compositori e compositrici che allargano la propria idea di composizione sono Jennifer Walshe che lavora con elementi performativi, Yannis Kyriakides che incorpora video di testo nella sua musica, François Sarhan che presenta installazioni dal vivo.

Ciciliani prosegue presentando una riflessione sul cambiamento dello strumento alla luce delle pratiche compositive moderne e, per farlo, propone un'affermazione del 1986 del compositore tedesco Helmut Lachenmann, il quale afferma che *“Comporre significa costruire uno strumento. L'idea*

di Lachenmann paragona il processo di composizione a quello di costruzione di uno strumento e ha come fulcro il fatto che per comporre si entra in contatto con tutta una serie di conseguenze e aspetti che possono essere esplorate solamente “suonando” quello stesso strumento. Un insieme di timbri può quindi rivelare una moltitudine di passaggi musicali; al contrario, qualsiasi composizione può anche essere pensata come un’articolazione dei timbri di uno strumento.

Nel 2013 Stefan Prins rivisita l’analogia tra composizione e luteria di Lachenmann spostando l’attenzione sul cambiamento degli elementi costitutivi dello strumento per gli artisti contemporanei e sulle possibili conseguenze che deriverebbero da una simile variazione. Prins continua affermando come oggi uno strumento non consista più solo in un’orchestra, un pianoforte, un sassofono o un registratore, ma includa laptop, controller di gioco, sensori di movimento, webcam, videoproiettori, tastiere MIDI, protocolli Internet, algoritmi di ricerca. Questi nuovi strumenti obbediscono ad un diverso tipo di logica, creano diversi campi di tensione, offrono diverse possibilità e implicazioni e, naturalmente, richiedono un nuovo approccio da parte dei compositori.

Una domanda interessante che pone a questo punto Ciciliani è *perché è avvenuto il passaggio dallo strumento orientato all’orchestra a quello orientato ai media?* Una possibile spiegazione è da attribuire al fenomeno del “post-medium condition”, ovvero la visualizzazione di un qualsiasi contenuto digitale su un qualunque sito Web, blog o social media mostra, al giorno d’oggi, come immagini, file audio, file video, animazioni flash e testo risiedano naturalmente uno accanto all’altro nella stessa pagina. Inoltre, dal punto di vista di un computer, un’immagine, un testo o un file audio sono la stessa cosa, ovvero un insieme di bytes. Paradossalmente è possibile, abbastanza facilmente, convertire un’immagine in un’onda sonora per poi essere ascoltata e viceversa. Dato che la maggioranza dei contenuti viene prodotta con il computer, questa intercambiabilità tra le rappresentazioni dei dati è ancora più semplice. Sulla base di quanto spiegato, Ciciliani afferma che i confini tra le discipline diventano sempre meno marcabili: risulta quindi naturale l’integrazione di strumenti non musicali in una composizione e l’espansione da un mezzo all’altro diventa un passo piuttosto naturale da compiere.

Un altro motivo che ha favorito la rivalutazione degli strumenti e l’orientamento di questo pensiero sempre più verso i media lo si riscontra anche in una ragione socioculturale che ha condizionato i compositori esordienti. Molti nuovi giovani compositori, infatti, sono nati sotto l’influenza della cultura pop che, per sua natura, è sempre stata fortemente audiovisiva.

Di solito, i compositori che allargano il loro lavoro ad altre discipline si trovano ad affrontare una

serie di compiti e problematicità che differiscono notevolmente da quelli che un normale compositore con un'educazione più classica deve affrontare.

Il ruolo tradizionale di un compositore suggerirebbe che, nel corso della propria carriera, si riesca a sviluppare una comprensione sempre più profonda della musica come arte. Spesso questa conoscenza va di pari passo con l'acquisizione di migliori capacità analitiche che vengono poi applicate alle proprie opere così come a quelle degli altri. Inoltre, attraverso lo studio e l'analisi di opere più antiche si acquisisce anche una migliore comprensione della tradizione storica della musica e del suo repertorio comprendendo meglio il contesto delle pratiche contemporanee.

I compositori che decidono di basare le loro opere non solo su un aspetto musicale devono necessariamente interfacciarsi con una serie di problemi che nascono dall'esigenza di uscire dall'universo prettamente musicale per espandersi in altri. Di conseguenza, questi compositori devono sviluppare e acquisire un insieme di abilità più specifiche e tecniche come, ad esempio, l'utilizzo di software di editing video, strumenti di realtà aumentata, fotocamere cinematografiche e fotografiche, competenze di messa in scena, illuminazione, linguaggi di programmazione, protocolli di comunicazione, programmazione di microprocessori, calcolo, saldatura di componenti elettronici, sartoria, impaginazione di libri e altro ancora.

## 2.2 I videogiochi come nuovo mezzo espressivo

L'inclusione di elementi di giochi e, in particolare, di giochi per computer nelle opere audiovisive apre al compositore nuove possibilità di espressione.

Nel febbraio 2016 un gruppo di artisti e ricercatori guidati da Marko Ciciliani ha fondato il progetto di ricerca artistica *GAPPP: Gamified Audiovisual Performance and Performance Practice* [5] presso l'IEM, Istituto di musica elettronica e acustica con sede l'Università di Musica e Spettacolo di Graz in Austria. Il team era formato da diverse figure, tra cui la performer e ricercatrice artistica Barbara Lüneburg e il musicologo Andreas Pirchner.

L'obiettivo di ricerca del progetto riguardava l'indagine degli effetti estetici e performativi attraverso l'introduzione di elementi provenienti dal mondo dei videogiochi nel contesto della composizione audiovisiva. I videogiochi possono essere visti come un insieme di regole e obiettivi, più o meno complesse, che formano un sistema, il quale invita i giocatori ad agire secondo il suo ordine e la sua struttura.

In un certo senso si può percepire la musica, nel suo lato più tradizionalista e classico, come sistema dove vige un accordo implicito tra l'esecutore e un insieme di regole, ovvero un esecutore,

che legge una partitura precedentemente realizzata da un compositore, ne accetta le indicazioni codificate. Inoltre, stili appartenenti a un particolare genere o periodo storico costituiscono un insieme di indicazioni implicite che estendono le istruzioni della partitura di molteplici dettagli non codificabili in simboli. Nonostante questo sistema apparentemente rigido, i musicisti hanno sempre trovato ampio spazio per la variabilità, l'interpretazione e l'espressione di sé. Sembra che nessuna partitura sia così limitante da non lasciare molto spazio all'interpretazione musicale.

Si può quindi azzardare una similitudine tra il mondo dei videogiochi e quello musicale. Infatti, come le regole dei videogiochi sono istruzioni che spiegano al giocatore, di un gioco, come comportarsi, come reagire, che strumenti utilizzare in una situazione particolare, anche una partitura è una descrizione delle azioni dell'esecutore per la realizzazione di un pezzo. Tipicamente le regole di un gioco consentono più libertà rispetto agli spartiti musicali, ma descrivono comunque in modo inequivocabile ciò che deve essere fatto.

Un insieme di regole non è altro che una astrazione di una serie di comportamenti che, se scelto appropriatamente, possono offrire ampi spazi di possibilità ai giocatori tenendoli impegnati per lunghi periodi di tempo. È importante sottolineare però che le regole strutturano i comportamenti dei giocatori senza prescrivere le singole azioni e si può dire che vengono strutturate secondo un approccio top-down. Da un punto di vista musicale, però, questo risulta essere problematico: avere una descrizione di un dettaglio musicale è fuori portata nel momento in cui le regole descrivono comportamenti generali, ne consegue che la microstruttura del pezzo è il risultato di come le regole letteralmente "si svolgono".

Nel game design le regole ben progettate mostrano comportamenti emergenti, ovvero azioni complesse che non derivano dall'applicazione di una singola regola, ma, tipicamente, sono il risultato della combinazione di più indicazioni. Dal punto di vista musicale questo fenomeno, può creare ricchezza e complessità a livello di dettagli.

Una delle sfide principali di quando si compone musica basata su regole, riporta Ciciliani, è progettare criteri e indicazioni in modo tale da generare un livello di dettaglio musicalmente interessante e significativo; se questo fallisce il risultato potrebbe essere una situazione musicale che suona in modo schematico, arbitrario e privo di fantasia.

In letteratura sono presenti molte definizioni di che cos'è un gioco e quindi anche come si possa definire un videogioco, tuttavia sono tutte definizioni contrastanti tra di loro. L'unico punto su cui quasi tutti i teorici concordano è che i giochi contengono regole e sono orientati a obiettivi. Durante i primi anni di ricerca del gruppo GAPPP, i ricercatori membri si sono chiesti se gli



elementi di gioco integrati nelle nuove composizioni fossero percepibili dal pubblico. Dai diversi lavori esaminati nel paper [5] i ricercatori si aspettavano che il comportamento guidato da regole e orientato a obiettivi sarebbe stato l'elemento più riconoscibile. Sorprendentemente è emerso che le regole e gli obiettivi giocano un ruolo minore nella percezione di elementi di videogame e che l'attenzione della maggioranza del pubblico è rivolta al modo in cui gli artisti interagivano con l'ambiente e quindi aspetti come azione-reazione.

Secondo le indagini e le ricerche svolte dai ricercatori del GAPPP espresse nel paper [5], la comprensione di una composizione che fa utilizzo di elementi di gamefication può procedere in due direzioni simili:

- *Button-up*: le interazioni tra i giocatori costituiscono l'essenza del "gioco", ovvero il comportamento dei player determina le regole del gioco;
- *Top-down*: le regole e gli obiettivi caratterizzano la meccanica del gioco che permette di comprendere il motivo per cui i player hanno compiuto determinate azioni.

Questi due approcci spesso si manifestano in tempi diversi: il gioco e l'interazione avvengono a livello immediato mentre le regole e gli obiettivi sono fenomeni più spesso globali e riguardano lo svolgersi dell'opera nel tempo.

Un quesito interessante proposto dagli autori è che se la comprensione di queste opere sia una questione di allenamento, ovvero se un pubblico esperto di composizioni basate sul videogiochi troverebbe la percettibilità delle regole e degli obiettivi più rilevante per la loro esperienza complessiva nel pezzo.

Consideriamo anche la possibilità che la scala temporale sia l'elemento decisivo che determina quali aspetti dei videogiochi sono percepiti come prevalenti rispetto ad altri anziché la qualità specifica delle interazioni tra i giocatori. A tal proposito, è stata eseguita un'opera multimediale della compositrice giapponese Haruka Hirayama, un pezzo teatrale che includeva anche un piccolo elemento di gioco che consisteva in un artista che doveva lanciare una palla e prenderla con una tazzina. In questo caso le regole e l'obiettivo del gioco erano immediatamente evidenti ovvero "lancia e prendi la palla" dove l'obiettivo poteva teoricamente essere raggiunto in un lasso di tempo molto breve. In questa particolare esibizione l'esecutore ha impiegato molti tentativi prima di riuscire finalmente nell'impresa tenendo così il pubblico in uno stato di angoscia finché non è riuscito a perderla portando ad un applauso spontaneo di un gran numero di membri del pubblico che ha emesso ad alta voce un sospiro di sollievo.

Sempre nel paper [5] i ricercatori del GAPPP hanno dimostrato come sia di rilevante importanza la conoscenza tacita degli osservatori per quanto riguarda la percezione e la comprensione delle opere audiovisive gamificate. Infatti, la conoscenza tacita che sta in relazione all'attività esecutiva può eventualmente facilitare la comprensione del brano mentre la sua assenza potrebbe impedirne l'accesso.

Un esempio di come la conoscenza tacita possa aiutare nella compressione delle opere gamificate è la performance di Kosmas Giannoutakis intitolata *AUactive Correlations* presentata la prima volta nel 2016. In questo caso l'autore ha invitato, nell'intero spazio della performance, il pubblico a muoversi liberamente mentre quattro musicisti si esibivano in mezzo. Questa ambientazione ha evocato in un partecipante, in particolare, alcuni ricordi di una situazione di performance che aveva eseguito diverso tempo prima, mentre al contrario altri membri erano rimasti perplessi sul significato e sulla struttura contestuale della situazione. L'esperienza maturata precedentemente da questo partecipante li ha permesso di avere un'interpretazione molto personale del pezzo riconoscendone un virtuosismo performativo.

Un altro esempio è la composizione *Atomic Etudes* presentata nel 2016 da Ciciliani che fa uso dell'interfaccia *Monome* sviluppato proprio da Ciciliani. Questa interfaccia è costituita da un pannello di legno di forma quadrata con 16 file dove in ogni fila sono presenti 16 pulsanti che possono essere retroilluminati da LED a intensità variabile. Nelle precedenti composizioni Ciciliani fa uso dell'interfaccia *Monome* come un controller e quindi posizionata su un tavolo perdendo la caratteristica di essere uno strumento. Tuttavia in *Atomic Etudes*, Ciciliani tiene l'interfaccia *Monome* in modo verticale verso il pubblico. In questa posizione la tavola, che è tenuta sui bordi, è stata percepita dal pubblico come una fisarmonica; allo stesso tempo i diversi pulsanti fungono da display grafico grezzo che ricorda i primi giochi per computer.

In *Tiles* di Christof Ressi presentata nel 2017, un clarinettista interagisce con un mondo 2D dove può muoversi liberamente e deve interagire con diversi oggetti per produrre suono. Dopo l'esecuzione il pubblico è stato sottoposto ad un questionario dove, tra le varie domande, è stato chiesto quanto si fosse sentito immerso nella composizione. Quello che è emerso da questo sondaggio è che per alcune persone la composizione non è risultata molto immersiva mentre per un spettatore, che poi è risultato essere un violinista, la composizione è apparsa molto intima. Questa persona ha affermato che, osservando come il clarinettista interagiva con l'ambiente, poteva percepire come ci si sente a muoversi liberamente nell'ambiente 2D della composizione e interagire con esso.

Nella composizione *Timpanic Touch* del 2017, Marko Ciciliani ha progettato una strategia su come fornire una particolare conoscenza al pubblico durante la performance al fine di portarlo "sulla stessa linea" con gli artisti. *Timpanic Touch* si concentra sull'esperienza tattile e su come



**Figura 2.1:** Marko Ciciliani in *Atomic Etudes* che fa utilizzo della interfaccia Monome in modo non convenzionale per attivare la conoscenza tacita del pubblico

può essere tradotta in suoni e immagini. Nella composizione i due esecutori utilizzano nove materiali diversi con caratteristiche superficiali distinte (come feltro, carta o carta vetrata) al fine di offrire non solo acusticamente e visivamente l'esperienza del tatto al pubblico, ma anche attraverso un'esperienza tattile concreta. A ciascun membro del pubblico è stata consegnata una busta che conteneva un singolo campione dei materiali utilizzati dai musicisti e uno stuzzicadenti. Il pubblico è stato invitato a giocare con questo materiale e a creare suoni con esso graffiandolo con lo stuzzicadenti. La conoscenza tacita comunemente condivisa, che doveva essere evocata dai suoni, veniva quindi fornita direttamente anche al pubblico e condivisa con loro.

La conoscenza tacita ha il potenziale di trasformare i membri del pubblico da osservatori passivi a partecipanti emotivamente e cognitivamente coinvolti. Tuttavia, poiché ogni individuo porta in sé esperienze e conoscenze del tutto diverse, non è possibile ipotizzare campi di conoscenza ugualmente condivisi da tutti.

Dire che un videogioco sia “significativo” secondo il lavoro del GAPPP implica affermare che un gioco di successo dovrebbe essere progettato in modo tale che ogni azione sia direttamente o indirettamente rilevante per il raggiungimento di uno specifico obiettivo.

Se proviamo a tradurre questo nel contesto artistico si potrebbe asserire che ogni azione artistica dovrebbe essere esteticamente rilevante per supportare la manifestazione di una particolare idea artistica. A prima vista, l'applicazione di quanto sopra affermato all'arte può sembrare meno soddisfacente di quella applicata a un contesto di gioco poiché in un gioco un obiettivo è solitamente chiaramente definito mentre in un'opera d'arte l'idea artistica è spesso più nascosta e

meno apertamente dichiarata. Tuttavia, sembra plausibile che una particolare attenzione artistica venga mantenuta mentre si accumulano azioni all'interno di una performance. L'atto dell'interpretazione, quando si esegue un'opera musicale, può, ad esempio, essere descritto come la ricerca del motivo per cui un particolare suono è stato collocato in un luogo specifico. Proprio come un'azione all'interno di un gioco riceve legittimità mettendola in relazione con un obiettivo così un'azione artistica riceve legittimità mettendola in relazione con l'articolazione di un'idea artistica.

L'esecutore di un'opera che integra elementi di gioco deve assolvere a due compiti contemporaneamente: seguire ed esplorare le regole del gioco e allo stesso tempo trovare un'interpretazione musicale e performativa soddisfacente delle azioni.

Un esempio può essere *Ordinary* ovvero una serie di pezzi per live-electronics che differenziano enormemente da tutte le altre produzioni fatte fino a quel momento dal progetto GAPPP. Tipicamente, in molti brani solisti per strumento e live-electronics l'elaborazione software non fa altro che espandere ed elaborare il suono prodotto dallo strumento. Tuttavia, in questa serie di composizioni il software funziona, nell'ambito della gmaification, sia come mezzo per raggiungere determinati obiettivi sia opera come una sorta di partner o avversario che non è interamente controllabile aggiungendo così eventi propri alla performance. Di conseguenza, è un sistema che ha un certo grado di indipendenza dall'esecutore con il quale interagisce attivamente collaborando o vanificando gli sforzi di questo ultimo.

## 2.3 Sonorizzazione di videogiochi

I videogiochi, oltre ad essere interattivi, sociali ed espressivi, sono anche un mezzo di espressione.

Grazie alla tecnologia il mondo è diventato più interconnesso e questa caratteristica è stata trasportata anche nei videogiochi che inevitabilmente sono diventati più social. Enormi comunità si sono costruite dentro e intorno ai videogiochi promuovendo la cooperazione, la collaborazione, l'esplorazione, l'espressione e in molte volte anche la competizione tra i suoi membri. *SoundCraft* [3] cerca di svelare i comportamenti sociali all'interno di un gioco molto popolare reinterpretandoli, in tempo reale, per costruire un'esperienza musicale.

SoundCraft è un framework che consente la raccolta di dati in tempo reale dal gioco StarCraft 2 per inviarli ad applicazioni software esterne consentendo l'interpretazione musicale della struttura e delle strategie interne del gioco in modi nuovi.

SoundCraft è incentrato sulla popolarissimo videogiochi StarCraft 2, un videogioco di tipo *Realtime strategy RTS* creato da Blizzard Entertainment.



**Figura 2.2:** SoundCraft. Esempio di sonorizzazione di un videogioco

In StarCraft ogni giocatore ha il controllo di un gruppo di avatar formati da una delle tre razze principali di umanoidi. Il gioco include una modalità campagna basata su una trama che permette di esplorare le vicende belliche tra le tre razze presenti. Oltre alla modalità campagna, i giocatori possono giocare a mappe personalizzate che vengono progettate dai membri della community o combattere contro altri giocatori online.

Durante una partita, i giocatori vedono l'azione attraverso una vista top-down e hanno a disposizione una mappa locale della zona circostante. In StarCraft esistono due principali azioni:

- Costruzione della propria economia formando nuovi lavoratori per raccogliere risorse;
- Costruzione di un esercito per danneggiare i nemici.

I ricercatori hanno deciso di utilizzare StarCraft per la particolarità che lo caratterizza, ovvero il fatto che un unico giocatore non gestisca solamente il suo avatar, ma bensì una serie di squadroni contemporaneamente: questo consente di aver accesso ad un grandissimo insieme di eventi che si possono tracciare e, in un secondo tempo, sonorizzare.

Per raggiungere lo scopo è stata realizzata una mappa per il gioco custom che permette di raccogliere vari dati in tempo reale durante una partita utilizzando dei trigger. I trigger possono essere considerati come istruzioni che vengono eseguite dopo che si verifica un evento. I dati raccolti sono di diverso tipo e comprendono piccoli eventi, come l'attivazione di una particolare abilità di una singola unità, o eventi più macroscopici come ad esempio il passaggio di livello di un giocatore.

Alcuni esempi di dati raccolti comprendono:

- La tipologia di razza che comanda un giocatore;
- Le coordinate su cui un giocatore è attualmente focalizzato sulla mappa;
- La composizione dell'esercito del giocatore;

- L'unità e le strutture prodotte dal giocatore e il loro attuale progresso di costruzione;
- I comandi del giocatore;
- Il numero totale di unità nemiche distrutte e strutture nemiche rase al suolo;
- Le notifiche relative al giocatore che inizia ad aggiungere edifici di produzione con aggiornamenti periodici sull'avanzamento della costruzione.

I dati collezionati vengono filtrati e preparati per essere inviati in rete utilizzando il protocollo OSC. Il grande vantaggio di usufruire di questo protocollo è che si possono impiegare diversi computer per rendere il sistema più affidabile e scalabile. Infatti, in un terminale può essere eseguito il gioco e raccolti i dati mentre un altro si occupa di ricevere i dati e sonorizzarli.

Per verificare le vere potenzialità del sistema, è stata realizzata una performance, intitolata *GG Music*. La sonorizzazione prevedeva di assegnare ad ogni attività economica un suono di breve durata realizzata tramite un sintetizzatore a modulazione di frequenza come base armonica. Ogni volta che un lavoratore portava una risorsa dalla miniera alla base veniva eseguito un suono: più l'attività economica del giocatore si ingrandiva, più lavoratori venivano reclutati e quindi più materiale sonoro veniva generato.

L'estrazione di materiale diverso da quello minerario viene sonorizzato in un registro più alto rispetto all'estrazione mineraria conferendo un senso di progressione musicale. Gli impianti di produzione in cui vengono addestrate le unità offensive si manifestano musicalmente come un basso ronzio. Man mano che l'economia di un giocatore cresce è possibile costruire più impianti di produzione consentendo una forza offensiva sempre più grande. L'aumento di queste strutture fa sì che questo ronzio aumenti di frequenza in modo disarmonico aumentando la tensione musicale mentre i giocatori costruiscono i loro eserciti. Verso la fine di ogni partita di StarCraft 2 ogni giocatore può avere una dozzina o più di edifici di produzione; a questo punto il bordone iniziato con basse frequenze ha ormai raggiunto uno spettro più alto.

Le unità offensive sono rappresentate musicalmente come arpeggi di oscillatori a dente di sega. Il numero di note, la gamma di registri e il profilo melodico dell'arpeggio aumentano con l'aumentare delle dimensioni dell'esercito del giocatore. Inoltre, in base al tipo di razza dell'armata si hanno diversi modelli di arpeggio.

Infine, gli aggiornamenti tecnologici, che aumentano il potere offensivo di un esercito, non sono direttamente rappresentati musicalmente, ma piuttosto influenzano i parametri di altre sonorizzazioni nel sistema. Ad esempio, man mano che un giocatore accumula diversi potenziamenti, il carattere del drone e gli arpeggi vengono modificati.

Un altro esempio che spiega come un gioco si presti alla sonorizzazione lo mostra Robert Hamilton, ricercatore presso il Center for Computer Research in Music and Acoustics (CCRMA), nel suo lavoro *Q3osc* [12]. Hamilton sviluppa questo lavoro con l'intuizione che, proprio come nelle tradizionali performance musicali con più esecutori, anche in particolari tipi di videogiochi online si possono creare aspetti cooperativi tra i partecipanti permettendo così di influenzarsi sia in modo positivo che negativo.

Q3osc è un ambiente di performance musicale e visiva che fa uso di questo paradigma di conflitto e collaborazione tra giocatori permettendo l'implementazione di un modello causa-effetto in grado di influenzare la risposta musicale nello spazio uditivo fisico.

Q3osc si basa su uno dei videogiochi First-Person Shooter FPS di maggior successo commerciale ovvero *Quake 3 Arena* realizzato da Id Software, il cui codice sorgente è diventato open source. In questo videogioco i giocatori controllano un gladiatore futuristico e sono connessi ad un ambiente virtuale online con tutti gli altri giocatori.

Il progetto consiste in una versione fortemente modificata del codice originale open-source che permette di tracciare diverse azioni e attributi nel gioco ed esportare i dati raccolti in uno o più server audio per la sonorizzazione e la spazializzazione attraverso il protocollo OSC. I dati estratti, che rappresentano le azioni e i movimenti dei giocatori o i percorsi dei proiettili sparati, vengono inviati tramite OSC a uno o più server audio. Contemporaneamente i diversi giocatori si connettono a un server di gioco tramite connessioni di rete LAN o WAN e spostano i loro avatar attraverso l'ambiente tridimensionale.

Tradizionalmente, sia nei videogiochi a single player sia in multiplayer, si ha una rappresentazione visiva e uditiva centralizzata sul singolo giocatore: si tenta di ricreare attorno al giocatore una rappresentazione del mondo virtuale il quanto più simile a quella che avrebbe se fosse all'interno del gioco. Tale presentazione individualistica limita l'esperienza sensoriale di percepire per intero tutto quello che accade all'interno del mondo virtuale. Invertendo questo paradigma, Hamilton vuole proporre un modello di proiezione del suono incentrato sullo spazio promuovendo così un'esperienza di ascolto comune che includa tutti gli ascoltatori all'interno di uno spazio fisico condiviso, inclusi gli utenti del gioco e i membri del pubblico.

Essendo Q3osc un First-person shooter game è stata posta molta attenzione alla sonorizzazione dei proiettili. In particolare, ogni proiettile genera un flusso di dati che rappresenta, istante per istante, le coordinate, la velocità e altre proprietà come la capacità di essere attratto o respinto da un giocatore o di rimbalzare su una parete. Nel momento in cui un determinato proiettile entra in contatto con una superficie rimbalza sulla superficie trasmettendo un flag OSC di "rimbalzo"; quando il server-audio riceve questo messaggio invia un impulso ad un filtro risonante. Questa

soluzione si è dimostrata molto efficace visto l'elevato numero di proiettili che rimbalzano durante il gioco. Al momento di contatto con la superficie vengono inviate anche le coordinate spaziali di dove è avvenuto il contatto. Nello specifico, l'asse X permette di determinare la scala musicale in modo che ogni evento di collisione possa emettere anche una semplice nota; la coordinata Y indica la durata della nota; la coordinata Z viene impiegata per definire la durata del decadimento sul riverbero.

Q3osc fu presentato per la prima volta nel maggio 2008 con il brano *Nous sommes tous Fernando...* eseguito dalla Stanford Laptop Orchestra. La particolarità di questa composizione è la somiglianza tra l'ambiente virtuale e quello reale. Infatti, la composizione prevede l'utilizzo di cluster di altoparlanti a forma di semisfera che vengono posizionati nello spazio dove si svolge la performance e la stessa superficie semisferica viene riportata anche nella mappa di gioco. I giocatori e le loro postazioni di gioco sono posizionate in prossimità di questi cluster mentre i membri del pubblico sono seduti intorno e guardano lo svolgimento del videogioco da un videoproiettore all'interno della configurazione degli altoparlanti.



**Figura 2.3:** Q3osc nella composizione "Nous sommes tous Fernando..."

I performer in *Nous sommes tous Fernando...* sono rappresentati come gigantesche lucertole verdi che si muovono in un ambiente dove tutte le superfici (ad eccezione del pavimento) sono costituite da blocchi di angoli e dimensioni casuali. In questo modo, qualsiasi proiettile che rimbalzerà sulle pareti o sul soffitto verrà riflesso in maniera del tutto imprevedibile riducendo al minimo le possibilità di semplici sequenze di note periodiche o ripetitive all'infinito. Inoltre, ogni esecutore ha la possibilità di cambiare alcuni parametri del gioco, ad esempio la sua velocità di movimento, la gravità dell'ambiente e la velocità dei proiettili sparati. Infine, tutti gli esecutori possono controllare se tutti i proiettili nella mappa persistono o se vengono distrutti.

Da notare che, mentre i vari esecutori possono essere considerati come dei musicisti classici, il più delle volte l'operatore della telecamera virtuale svolge il ruolo di direttore d'orchestra inviando



nella chat messaggi agli artisti tentando di modellare la performance dell'ensemble in una forma coerente.

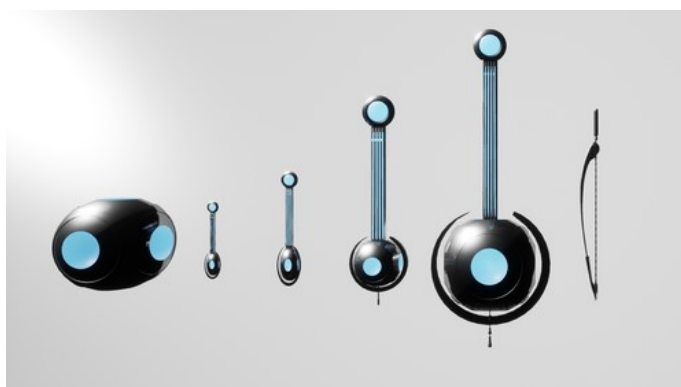
## 2.4 Videogiochi come strumenti musicali virtuali

L'uso di ambienti di realtà virtuale come spazi per l'esecuzione musicale, la creazione e la diffusione di contenuti aggiunge un ulteriore livello di complessità e possibilità per comporre musica elettronica ed elettroacustica.

La composizione *Trois Machins de la Grâce Aimante* [13] di Rob Hamilton è una composizione che punta ad esplorare i paradigmi tecnologici e musicali del ventunesimo secolo utilizzando lo strumento virtuale *Coretet*.

Il Coretet [10] è uno strumento virtuale, commissionato dal progetto GAPPP, che modella le interazioni di base degli strumenti ad arco violini, viole e violoncelli. La particolarità di questo strumento è che può essere modellato e ridimensionato dagli artisti in diverse configurazioni. I parametri come la lunghezza del manico, le dimensioni del corpo e il numero di corde possono essere manipolati in tempo reale per ricreare strumenti a corda tradizionali come violino, viola o violoncello o per creare strumenti nuovi e fisicamente impossibili.

Per poter utilizzare il Coretet è necessario che ogni esecutore abbia a disposizione un Oculus Rift HMD con i suoi Touch controller. Coretet si basa su un'architettura client-server quindi tutti i dati che i controller emettono vengono inviati ad un terminale collegato in rete per l'elaborazione del suono.



**Figura 2.4:** Configurazioni base dello strumento virtuale Coretet

*Trois Machins de la Grâce Aimante* è stato composto parallelamente allo sviluppo dello strumento Coretet per esplorarne le caratteristiche e individuare le pratiche esecutive e le strategie d'insieme tra gli esecutori.

*Trois Machins de la Grâce Aimante* è una composizione per quattro esecutori, assume la forma di tre movimenti distinti ognuno dei quali esplora diverse capacità dello strumento e richiede diverse forme di comunicazione e collaborazione tra ciascun esecutore. In ogni movimento vengono uniti materiali improvvisati e precomposti in modi fondamentalmente diversi.

Il primo movimento funge da introduzione alla performance in cui gli artisti usano il Coretet nella sua configurazione a “sfera”. La struttura del movimento è improvvisata e ritmica con un ritmo metronomico stabilito dall’ensemble. Le note vengono generate mediante la collisione dell’avatar virtuale dell’esecutore, definito dai controlli touch dell’Oculus Rift, sulla superficie virtuale dello strumento creando così un singolo tono percussivo. Se l’esecutore passa dalla simulazione di movimenti percussivi a movimenti per inclinare lo strumento allora si otterranno suoni simile a quello di una piastra d’acciaio che viene colpita. Il movimento si conclude quando ogni esecutore inchina il globo risolvendosi in un accordo statico di quattro note.



**Figura 2.5:** Esempio di utilizzo del Coretet durante l’esecuzione di “Trois Machins de la Grâce Aimante”

Il secondo movimento esplora la funzione del Coretet che permette di determinare le posizioni delle dita lungo il manico virtuale dello strumento avendo accesso così a un gran numero di modalità e di scale. Per indicare, all’esecutore, in quale modalità si trova sono resi visibili lungo il manico dello strumento dei segni della scala in modo da restituire un feedback più verosimile come se si suonasse una viola o una chitarra. Inoltre viene usata una partitura preparata dal compositore che stabilisce quali modalità, scale e configurazioni dello strumento deve eseguire ogni esecutore. Tale partitura offre solo alcuni riferimenti sulla macrostruttura del movimento lasciando ampio spazio all’improvvisazione.

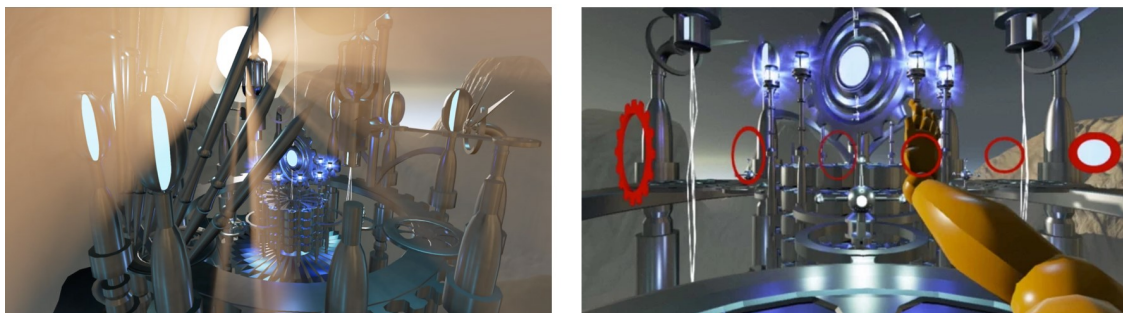
Il terzo movimento è stato composto utilizzando pratiche di notazione tradizionali lasciando meno spazio all’improvvisazione, si concentra sulla struttura armonica e sulla sincronicità ritmica.

Dato che gli esecutori indossano un casco per la realtà aumentata, fondamentale per poter

percepire lo strumento, non è possibile l'utilizzo di una partitura tradizionale, di conseguenza il Coretet mostra le note dello spartito, in tempo reale, segnandole con indicatori blu luminosi lungo il manico dello strumento. Le partiture sono sincronizzate su ciascuno dei client dove le singole tracce MIDI sono state esportate da una partitura principale.

Le tradizionali pratiche esecutive strumentali, sviluppate nel corso di secoli di evoluzione musicale, si sono basate sul controllo fisico dello strumento e dell'ambiente circostante. Tali pratiche, con l'avvento degli ambienti virtuali, visualizzabili attraverso caschi di realtà aumentata, risultano essere superflue considerando che tutte le interazioni dell'esecutore avvengono all'interno di ricchi ecosistemi autonomi. In questi ambienti forze che simulano la gravità, agenti artificialmente intelligenti o avatar controllati da altri giocatori collegati in rete, possono modificare e influenzare notevolmente le interazioni dell'esecutore. L'utilizzo degli ambienti virtuali in ambito musicale apre a compositori ed esecutori la strada per esplorare gli ambiti, le possibilità e i limiti di questo nuovo approccio.

Un esempio particolare di interazione tra ambienti virtuali e composizione è la composizione *Carillon* [11] di Rob Hamilton. Questa composizione è una live performance per tre solisti e computer orchestra. Carillon è stato creato utilizzando il motore grafico per la creazione di videogiochi 3D, Unreal Engine, e utilizza il protocollo Open Sound Control per collegare le azioni all'interno dell'ambiente di gioco con un motore musicale dedicato basato su Pure Data. Carillon si basa interamente sulla realtà virtuale, infatti, per la sua corretta esecuzione ogni esecutore dovrà quindi indossare un Oculus Rift per la realtà aumentata e il Leap Motion Controller per l'identificazione e il tracciamento dei movimenti.



**Figura 2.6:** Ambiente virtuali di Carillon

L'ambiente virtuale creato per Carillon consiste in un'enorme macchina/strumento virtuale formato da un complesso sistema di ingranaggi e leve la cui configurazione possono essere modificata da ogni esecutore attraverso i movimenti delle mani. Inoltre, lo strumento è stato progettato per essere collaborativo in quanto ciascun esecutore è collegato ad un server centrale permettendo così

all'intero ensemble, di modificare contemporaneamente più paraametri dello strumento. La particolarità di Carillon è la non sempre correlazione tra ciò che svolgono gli esecutori e ciò che percepisce il pubblico. Mentre gli artisti sul palco sono chiaramente visibili al pubblico, può sembrare a volte che ci sia poca o nessuna correlazione diretta tra le loro azioni e gli eventi sonori percepibili in primo piano. Questo avviene dato che ogni ingranaggio o leva dell'enorme strumento virtuale presente nella scena modifica uno più parametri di un sintetizzatore additivo che simula il suono di una campana. La sonorizzazione del movimento degli ingranaggi e la non correlazione diretta dei gesti degli artisti portarono l'attenzione del pubblico a concentrarsi principalmente sul movimento degli ingranaggi piuttosto che sugli artisti stessi.

In questa composizione la natura collaborativa dello strumento aggiunge un elemento di potenziale conflitto in quanto più esecutori possono tentare contemporaneamente di manipolare un singolo ingranaggio. Questo approccio competitivo tra ciascun esecutore porta a una non correlazione tra ciò che viene configurato e la risposta udibile che l'azione, teoricamente, avrebbe dovuto suscitare.

## 2.5 La rivalutazione dell'orchestra

Lo sviluppo di nuovi strumenti musicali e la ricerca dei compositori in campi di espressione diversi ed esterni a quello musicale hanno portato alla rivalutazione dell'orchestra tradizionale. Infatti, l'orchestra classica risulta non essere più in grado di eseguire o sperimentare le composizioni dei nuovi compositori.

Per questi motivi, nel 2006, è stata fondata la *Princeton Laptop Orchestra: PLOrk* [19] che prende ispirazione dal modello tradizionale dell'orchestra per poi reinventarlo e adattarlo alle esigenze del 21° secolo.



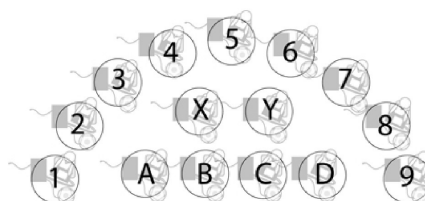
**Figura 2.7:** La Princeton Laptop Orchestra durante una performance al Alexander Hall's Richardson Auditorium, Princeton USA

Originariamente fondato da Dan Trueman e Perry Cook, il gruppo è attualmente diretto dal compositore e designer di strumenti Jeff Snyder il quale, grazie all'orchestra, presenta nuovi strumenti elettronici che derivano dalla sua ricerca. Alla guida dell'ensemble di laptop si distinguono Jason Treuting come Direttore Associato e Matthew Wang come Assistente Direttore.

In questa orchestra ogni strumento è costituito da un laptop, un altoparlante emisferico multicanale e una varietà di dispositivi di controllo. Inoltre, gli strumentisti, che compongono l'ensemble, vanno ben oltre la figura di semplici studenti in quanto ricoprono anche le funzioni di esecutore, ricercatore, compositore e sviluppatore di software.

L'ensemble rappresenta il culmine della ricerca e della pratica nelle aree dell'esecuzione di musica al computer dal vivo, improvvisazione di gruppo, spazializzazione, modellazione fisica di strumenti, linguaggi di programmazione della musica per computer, performance in tempo reale e pedagogia della musica per computer.

Generalmente, per la maggior parte delle performance eseguite, l'ensemble è composto da quindici musicisti di meta-strumenti disposti secondo un ordine ben preciso come mostrato nella figura 2.8. Questa è la configurazione predefinita di PLOrk, con quattro davanti (A,B,C,D), due al centro (X,Y) e nove in un arco che circonda gli altri.



**Figura 2.8:** Disposizione standard dei strumentisti della Princeton Laptop Orchestra PLOrk

I componenti di PLOrk sono in grado di comunicare tra loro e con il direttore d'orchestra attraverso lo scambio, in rete, di messaggi di testo, partiture e altre notazioni. Inoltre, vengono inviati anche messaggi di controllo per gli ambienti di performance come Max/MSP o ChucK.

PLOrk è un ensemble di strumentisti basati su laptop con sorgenti sonore localizzate in un palcoscenico che producono uno spazio sonoro paragonabile a un grande insieme di strumenti, quindi, il suono di ogni musicista si irradia in tutte le direzioni. Gli altoparlanti, sviluppati appositamente per l'ensemble PLOrk, possono produrre suoni diversi in ciascuna delle sei direzioni offrendo la possibilità di creare una sorta di modello spaziale tridimensionale di uno strumento o di un oggetto sonoro.

Come riportato nel paper [17] comporre per PLOrk è una sfida non indifferente. Infatti, oltre a dover comporre per un gran numero di esecutori, si riscontrano anche problematiche legate all'invenzione degli strumenti che suoneranno gli esecutori, alla ricerca del metodo adatto per per-

mettere un apprendimento efficace e proficuo di tali strumenti, alla scelta del miglior modo per organizzare la composizione. Un'ulteriore difficoltà è rappresentata dalla necessità di decidere la modalità di gestione e coordinamento dell'ensemble ovvero se affidare il coordinamento a un direttore d'orchestra o a messaggi di controllo inviati in rete.

Una delle aree maggiormente indagate dai componenti di PLOrk riguardano i pezzi che utilizzano elementi di videogiochi. L'ensemble non è interessato a questo ambito per l'utilizzo stretto di elementi di videogiochi all'interno della composizione bensì per l'idea di "paesaggio sonoro condiviso" che si crea nei giochi elettronici.

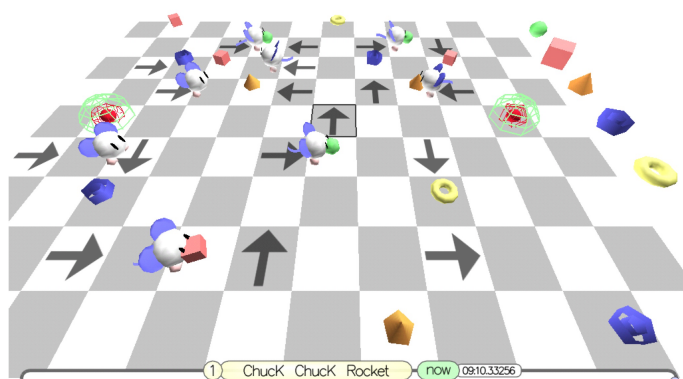
Il primo di questi pezzi concepiti per PLOrk è stato *On the Floor* di Scott Smallwood in cui l'obiettivo era ricreare l'ambiente sonoro di un casinò di Atlantic City. Ogni giocatore riceve 30 "crediti" all'inizio del gioco e può scommettere da 1 a 3 crediti ogni turno. Ovviamente, più crediti si scommettono, più se ne possono vincere tuttavia in questo modo vengono esauriti anche più rapidamente. All'inizio della performance, quando un giocatore spende dei crediti, il programma genera i caratteristici suoni di una slot machine successivamente, quando il giocatore raggiunge una certa soglia di crediti residui, il suono inizia a cambia prendendo la forma di un arpeggio casuale di note. I suoni delle slot machine sono recuperati da un vero "paesaggio sonoro" di un casinò e scelti casualmente da un set di 16 file sonori diversi. Ciascuno di questi file è stato creato da una selezione di sample provenienti da un insieme di registrazioni più lunghe effettuate all'interno di un casinò nella stessa sera dal compositore con lo scopo di riportare momenti e luoghi diversi all'interno dello stesso spazio della composizione.

Nel momento in cui un giocatore perde perché finisce tutti i crediti in suo possesso, viene emessa una nota casuale appartenente alla triade di Do maggiore. La lunghezza di questo pezzo è determinata dalla velocità di perdita dei singoli esecutori e quindi da quanto velocemente questi perdono i crediti in loro possesso.

La composizione prevede anche la figura del direttore d'orchestra il quale deve monitorare le vincite dei giocatori regolandone le probabilità di vittoria e determinando così la vera durata del pezzo.

Da un certo punto di vista questa composizione può essere considerata come un pezzo "antiorchestra" dato che agli esecutori viene chiesto solo di giocare e quindi non hanno nessuna responsabilità musicale sulla riuscita del pezzo. Infatti oltre a non padroneggiare uno strumento concreto i musicisti non vengono considerati neanche come parte di un ensemble con cui devono fondersi e interagire. In conclusione, la si potrebbe definire una composizione sonora composta da un gruppo di persone che svolgono le stesse attività individualmente.

Un'altra composizione, realizzata per l'ensemble, che fa uso di elementi provenienti dal mondo dei videogiochi è *Chuck Chuck Rocket* scritta da Ge Wang e Scott Smallwood e si ispira al famoso gioco "Chu Chu Rocket" sviluppato da Sega.



**Figura 2.9:** Illustrazione dell'ambiente virtuale creato per la composizione *Chuck Chuck Rocket*. Si possono vedere oltre ai topi e alle frecce per determinare la direzione che seguono i topi anche i diversi oggetti che fungono da trigger per attivare determinati eventi sonori

In questo gioco proposto da Ge Wang e Scott Smallwood ogni giocatore ha il controllo di una sezione specifica di una grande griglia che è simile ad una scacchiera. Nella sua sezione di griglia ogni giocatore può rilasciare dei topi che cominceranno a muoversi in modo casuale. Per regolarne il movimento il giocatore può posizionare nella griglia delle frecce che determinano la direzione. Oltre alle frecce il giocatore può posizionare degli oggetti particolari che fungono da trigger per eventi sonori specifici quando il topo gli calpesta. Intrappolando i topi all'interno di loop nella scacchiera ogni esecutore può creare un particolare "strumento musicale". Inoltre i giocatori hanno anche la possibilità di inviare e ricevere topi tra di loro tramite portali, condividendoli così all'interno di tutto il gruppo.

Anche in questo caso è presente la figura del direttore d'orchestra il quale ha il compito di coordinare le singole azioni degli esecutori, infatti, attraverso delle indicazioni, può indirizzare gli esecutori nel creare un certo tipo di pattern sul loro pezzo di griglia. Differentemente dalla composizione precedente, in questo caso i giocatori interagiscono tra loro attraverso le azioni di gioco, ma viene anche chiesto di essere consapevoli del proprio suono e della struttura generale della musica prodotta.

## 2.6 Interfacce virtuali per l'espressione musicale

Le caratteristiche della realtà virtuale la rendono una tecnologia particolarmente idonea nel campo dell'intrattenimento, tuttavia, questa tecnologia non è da considerarsi appartenente solo al mondo dei videogiochi in quanto, attraverso la ricerca che è stata estesa a diversi campi, ha trovato impiego in applicazioni con lo scopo di far apprendere attraverso il gioco. Queste applicazioni vengono comunemente chiamate “edutainment o serious games”.

Le tecniche di simulazione vengono utilizzate per costruire mondi virtuali in cui gli utenti sono immersi e per ingannare i sensi umani in modo che gli stimoli percettivi che arrivano al cervello siano allineati con una realtà alternativa. Questi segnali percettivi possono essere di natura diversa e includono stimoli acustici, visivi, tattili, olfattivi e di movimento. La realtà virtuale è una tecnologia multimodale e interattiva poiché gli utenti devono interagire con il mondo simulato nella maniera più naturale possibile e farlo in modo simile a come si comporterebbero nelle situazioni reali.

Simulare l'ambiente reale in uno virtuale è piuttosto complesso, ne deriva quindi che, in alcune applicazioni di realtà virtuale, l'interazione è limitata in una certa misura o coinvolge solo uno o due sensi come, ad esempio, circoscrivendo l'uso di stimoli solamente visivi e sonori. Infatti, a causa delle attuali barriere tecnologiche e/o problemi di costo, molte applicazioni di realtà virtuale non sono completamente immersive e pertanto, non forniscono una realtà alternativa credibile al mondo naturale.

Dal punto di vista artistico la realtà virtuale continua a guadagnare importanza come mezzo per l'espressione artistica e ciò è dimostrato anche dal fatto che un numero sempre più crescente di progetti esplora l'uso di questo tipo di realtà per la progettazione di nuove interfacce musicali interattive. Tali applicazioni vengono comunemente chiamate *Virtual Interfaces for Musical Expression (VIME)*.

Le nuove esperienze interattive, consentite dalle moderne piattaforme di realtà virtuale, aprono nuovi orizzonti e possibilità ai progettisti di strumenti musicali digitali. Infatti, negli ultimi decenni, la ricerca e lo sviluppo in questo settore hanno portato alla nascita di nuove interfacce per l'espressione musicale. I lavori di ricerca per e lo sviluppo e di nuove interfacce musicali interattive si dividono in due macrocategorie:

- *Interfacce sviluppate per Realtà aumentata;*
- *Interfacce sviluppate per Realtà virtuale;*

Con il termine *Realtà Aumentata* si intende la realtà, così come percepita sensorialmente e intellettualmente dall'individuo, arricchita di dati in formato digitale. Ci si riferisce quindi a un



potenziamento delle possibilità fornite dai cinque sensi attraverso dispositivi elettronici multimediali.

Il *ReacTable* [14] è un esempio di interfaccia musicale interattiva basata sulla realtà aumentata che permette di ricreare lo strumento utilizzando oggetti semplici e accessibili sia agli utenti occasionali che a quelli professionisti. L'interazione avviene attraverso la manipolazione di oggetti fisici, identificati da un particolare Qr code chiamato "Fiducial" che, ruotandoli e spostandoli su una superficie, innescano un cambiamento diretto nella musica che il sistema produce. Ciascuno di questi oggetti rappresenta un singolo sintetizzatore che viene tracciato da una telecamera, la quale riesce a percepirne le modifiche dalla sua posizione e rotazione grazie alla presenza di un componente software.

Un altro esempio di interfaccia che usufruisce della realtà aumentata è *Illusion* [1]. Il sistema consente ai suoi utenti di disegnare forme e associarle a loop registrati funzionando come un sequencer. Questa interfaccia è stata progettata con l'obiettivo di far immergere l'utente in un ambiente giocoso incoraggiandolo a esplorare nuove idee.

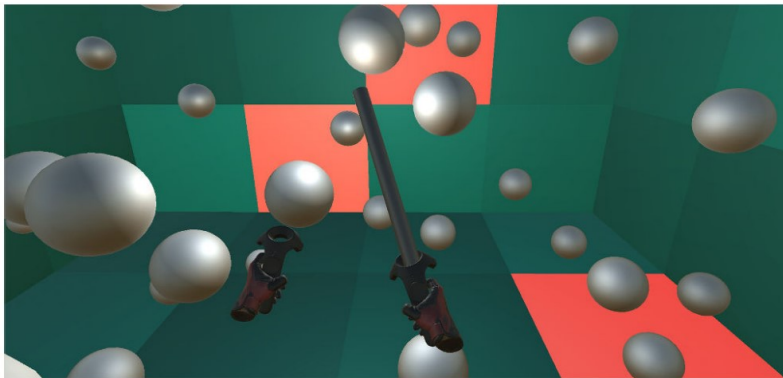
Per quanto riguarda le interfacce sviluppate per realtà virtuale nel paper *Exploring the Affordances of VR for Musical Interaction Design with VIMes* [2] vengono presentate tre diverse alternative. I VIME discussi sono progettati per esperienze virtuali su scala locale, ovvero spazi virtuali della dimensione di una stanza, e utilizzano le piattaforme Oculus Rift S e HTC Vive per far percepire all'utente l'ambiente virtuale. Sebbene l'Oculus Rift S offra un sistema per tracciare le azioni dell'utente attraverso dei particolari controller, queste azioni vengono rilevate solo se i controller rientrano nel campo visivo dell'utente. Per ovviare a questa limitazione e per poter tracciare le azioni dell'utente in modo più accurato viene utilizzato anche l'HTC Vive.

Ciascuna interfaccia descritta è stata sviluppata secondo tre punti cardini:

- L'interfaccia deve essere implementabile solo per la realtà virtuale;
- L'interfaccia può essere governata attraverso azioni riconducibili ad una esperienza musicale tradizionale;
- La dimensione dell'interfaccia può variare passando dalle dimensioni di uno strumento a quella di un ambiente.

La prima interfaccia presentata è *Ball Pit* ed è un'interfaccia musicale che rappresenta un ambiente con le dimensioni simili ad una stanza di medie dimensioni. In questa camera l'utente si

trova in uno spazio chiuso dove può muoversi liberamente, inoltre su ogni parete dell'ambiente sono posizionate delle particolari piastrelle. Utilizzando il controller della mano sinistra, l'utente può generare un numero arbitrario di palline di tre diverse dimensioni. Una volta generate, le palline vengono lanciate nella stanza e non subiscono l'influenza dalla gravità. A questo punto l'utente può afferrare le palline a mezz'aria o colpirle con un bastone virtuale mappato sul controller della mano destra.



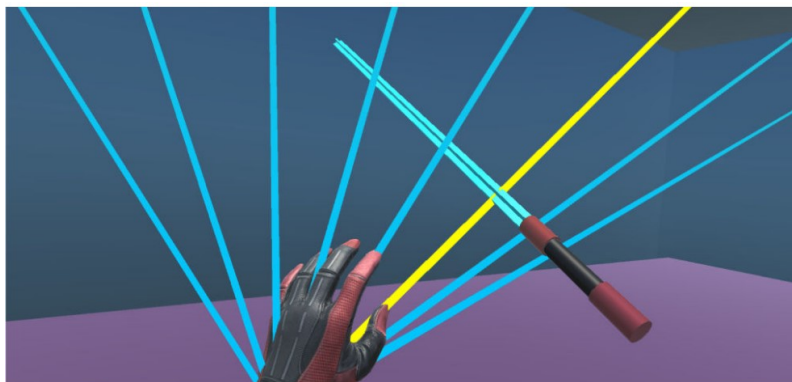
**Figura 2.10:** Interfaccia virtuale Ball Pit

Quando una piastrella, posizionata sulle pareti dell'ambiente, viene colpita da una pallina, si illumina di rosso ed emette un suono che ricorda il rimbalzo di una pallina da ping-pong. Ogni piastrella è associata con un pitch diverso e la dimensione delle palline che ci collide ne determina lo spostamento in ottave: più la pallina è piccola più il suono si troverà alzato di un'ottava.

Dopo una fase di test che ha previsto l'utilizzo di questa interfaccia in alcune performance si è notato che sebbene sia possibile regolare la mira e la forza del lancio delle palline per ottenere determinate qualità ritmiche e di intonazione, una volta che lo spazio è popolato da un numero considerevole di palline diventa più difficile e complicato esercitare il controllo sul risultato musicale. Questa caratteristica determina la macrostruttura delle composizioni degli utenti, infatti, dopo una prima fase più strutturata e organizzata la composizione diventa caotica e caratterizzata da un numero significativo di elementi sonori.

Un altro esempio di interfaccia presentata nel paper [2] è *Laser Harp*, ovvero un'interfaccia che reinventa il tradizionale strumento a corde mostrando all'utente un insieme di otto corde che si aprono a ventaglio e si estendono da un ponticello vicino ai piedi dell'utente fino al soffitto della stanza.

Il suono delle corde viene generato utilizzando l'algoritmo di Karplus-Strong per ottenere così suoni di corde pizzicati. Inoltre, l'utente, attraverso il controller posizionato sulla sua mano sinistra, può scegliere tra quattro diverse scale musicali, ovvero scale maggiori, minori, cromatiche e di tono



**Figura 2.11:** Interfaccia virtuale Laser Harp

intero. La rotazione della mano sinistra controlla la frequenza di taglio di un filtro passa-basso che consente all'utente di alterare il timbro dello strumento.

Prendendo ispirazione dai reali strumenti a corda, l'utilizzo di questo strumento virtuale richiede una conoscenza più specifica e meno intuitiva del precedente e risulta quindi essere più adatto a utenti esperti.

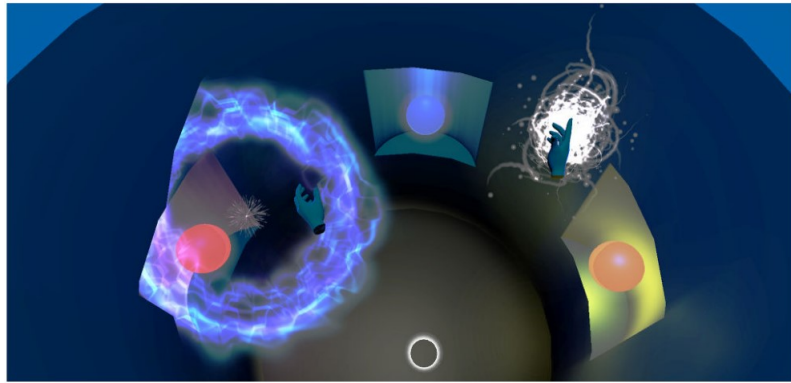
Per quanto riguarda l'interfaccia *Orbits* [2] si è voluto intrappolare l'esecutore in un ambiente chiuso e stretto a forma cilindrica. All'interno dell'ambiente l'utente può trovare:

- Quattro oggetti sferici collegati a dei sintetizzatori;
- Due “aure” che funzionano come effetti sonori.

L'utente può afferrare questi oggetti e spostarli in qualsiasi posizione riesca a raggiungere. Dopo avere rimosso dalla posizione iniziale gli oggetti sferici, questi cominceranno ad emettere una sorta di drone. In base alla posizione dell'oggetto, all'interno dell'ambiente, vengono cambiati i parametri del sintetizzatore collegato agli oggetti. I due oggetti “aura” rappresentano sostanzialmente un filtro passa-basso e un effetto di distorsione il cui comportamento viene modificato in base alla posizione fisica dell'oggetto all'interno dell'ambiente. La vicinanza di un'aura a un oggetto sferico ne determina la forza del suo effetto sul suono dell'oggetto.

L'approccio utilizzato per realizzare questa interfaccia è stato più tradizionale e corrisponde a un approccio pitch-height in cui l'intonazione del suono emesso dipende dalla posizione, in questo caso l'altezza, dell'oggetto associato nell'ambiente virtuale. Dalle diverse performance svolte che hanno impiegato *Orbits* si è potuto notare che gli esecutori adottavano principalmente due approcci performativi:

- Nel primo approccio gli utenti si sono concentrati sulla relazione armonica tra più sfere poste a quote diverse creando così delle serie di accordi;

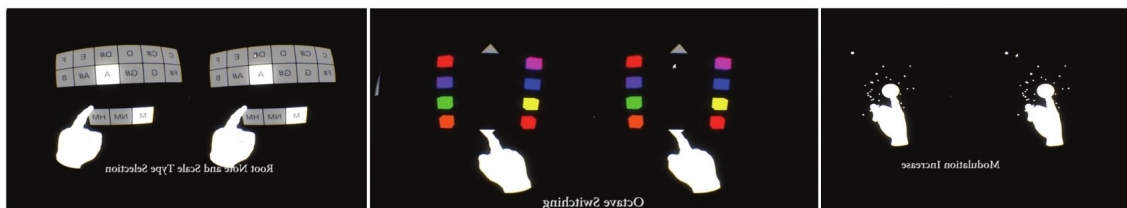


**Figura 2.12:** Interfaccia virtuale Orbits

- Nel secondo approccio, invece, gli utenti spostavano continuamente gli oggetti sferici all'interno dello spazio per creare strutture melodiche.

Queste similitudini, nell'utilizzo dello strumento Orbits, sono dovute principalmente alla sua intuitività e facilità nel controllo, infatti, non essendoci eventi sonori casuali come in Ball Pit, l'esecutore ha più consapevolezza del risultato musicale che vuole ottenere.

Un altro esempio di interfaccia sviluppata per realtà virtuale è *ChromaChord* [9] che si avvale della combinazione tra il visore Oculus Rift e il controller Leap Motion per creare un ambiente 3D coinvolgente. Questa interfaccia è stata interamente sviluppata utilizzando Max/MSP come generatore del materiale sonoro e Unity come motore grafico per realizzare l'ambiente virtuale.



**Figura 2.13:** Interfaccia virtuale ChromaChord. Nell'immagine di destra la finestra di controllo, in quella in centro l'area di performance mentre nell'immagine a sinistra la "modulation sphere"

L'interfaccia grafica che vede l'utente è divisa in tre parti distinte che sono raggiungibili attraverso l'inclinazione della testa.

- La parte più a sinistra permette di interagire con la "modulation sphere", ovvero un controller virtuale che ha il compito di controllare la frequenza di taglio e il parametro Q di un filtro. Toccando la sfera l'utente genera particelle all'interno dell'ambiente e può rimuoverle semplicemente trascinandole fuori. Senza particelle, il filtro viene impostato con una frequenza di taglio più bassa possibile, ma sempre interna al campo dell'udibile, creando un

timbro molto scuro. Man mano che si accumulano le particelle, il filtro si apre consentendo il passaggio delle frequenze più alte e producendo un timbro più luminoso e ricco.

- Il modulo centrale è l'area di performance principale dell'interfaccia. All'interno di questa finestra ci sono due colonne di tasti colorati che rappresentano le note. Per creare suoni l'utente deve solo mettere le mani verticalmente davanti a sé e "toccare" i tasti determinando così singoli suoni o gruppi di accordi. Sono presenti, per ogni colonna, delle frecce rivolte verso l'alto e verso il basso che l'utente può toccare per alzare o abbassarsi di ottava.
- La parte più a destra è una finestra di controllo dalla quale l'utente può selezionare la nota fondamentale della scala in cui desidera trovarsi. Successivamente, ha la possibilità di scegliere la modalità di scala desiderata tra cui scala maggiore, minore naturale e minore armonica.

### 2.6.1 Ergonomia ed esperienza utente

Gli strumenti acustici sono degli strumenti che permettono ai musicisti di agire direttamente sui meccanismi di produzione del suono in modo fisico. Questa interazione è la principale differenza rispetto agli strumenti musicali virtuali che, invece, si basano su sistemi di cattura delle azioni dell'utente attraverso sensori di input e le traducono in parametri per i sintetizzatori digitali. Pertanto, come riportato nel paper [6], la grossa difficoltà nel realizzare strumenti musicali virtuali è la mancanza di ergonomia e praticità di questi strumenti dovute principalmente alla perdita di tangibilità tra l'esecutore e lo strumento. Questa problematicità non riguarda solo il feedback tattile verso lo strumento, ma anche l'incapacità di percepire la vibrazione e la pressione dello strumento e l'assenza della sensazione che il suono provenga dallo strumento stesso. Per questi motivi è molto importante focalizzarsi sull'esperienza utente nella creazione di strumenti musicali virtuali.

Con l'obiettivo di realizzare un'interfaccia musicale utile sia ai musicisti che ai non musicisti e che fosse focalizzata nell'offrire una esperienza utente più completa è stato realizzato *Songverse* [6]. *Songverse* può essere definito come un ambiente di realtà virtuale che permette all'utente di realizzare un proprio universo formato da stelle, pianeti e satelliti per esprimere un concetto musicale. L'intero progetto è stato sviluppato in Unity, come motore grafico e prevede utilizzato l'Oculus Rift per far percepire la realtà virtuale all'utente.

All'inizio, l'utente viene calato in un universo oscuro e vuoto con la presenza di qualche piccola stella. Il fatto di immergere completamente l'utente all'interno di un nuovo ambiente offrendogli la sensazione di fluttuare ha reso l'esperienza molto immersiva. Premendo un pulsante nel controller

della mano sinistra l'utente può far apparire uno speciale menu di configurazione dove può scegliere quale oggetto tridimensionale aggiungere all'universo. La posizione di questi menu di configurazione non è casuale: sono state testate molte soluzioni, ma nessuna è risultata essere sufficientemente accessibile e rapida. Come riportato nel paper [6], se tale menu fosse stato posizionato nell'ambiente virtuale come una sorta di pulsante sarebbe stato difficile da trovare all'interno di un insieme ampio di oggetti tridimensionali nel momento in cui l'universo creato dall'utente avesse raggiunto un grado di complessità non indifferente.



**Figura 2.14:** Interfaccia virtuale Songverse

Posizionando un pianeta nella scena viene creata un'orbita vuota che può essere utilizzata per sistemare i suoi satelliti. Nel momento in cui un elemento viene inserito in un'orbita, esso inizierà a produrre uno sample audio associato a quello specifico oggetto. È stato scelto di utilizzare dei campioni sonori preregistrati per la maggiore qualità rispetto al materiale sonoro creato usufruendo delle librerie interne di Unity. Le prime versioni dell'interfaccia prevedevano che, al momento in cui un oggetto veniva inserito in un'orbita, l'utente poteva scegliere anche in quale battito della battuta il suono venisse riprodotto come in un classico step sequencer.

Tuttavia, durante le prime fasi di test fatti dagli utenti per determinarne l'usabilità, si è notato che ciò richiedeva alcune conoscenze tecniche e limitava, pertanto, l'utilizzo dell'interfaccia ad un gruppo di utenti esperto. Inoltre, questa interazione richiedeva molto tempo per ottenere il risultato musicale desiderato e rendeva l'esperienza meno fluida e più complicata visto il gran numero di impostazioni da fare per ogni posizionamento di corpi celesti all'interno dell'universo virtuale. Per questi motivi è stato deciso di adottare un differente approccio in cui un oggetto attaccato ad un'orbita inizia ad emettere suono solo al termine della prima orbita.

Particolare attenzione è stata posta anche alle modalità di navigazione dell'utente all'interno dell'universo. Infatti, oltre a spostarsi liberamente all'interno dell'ambiente, l'utente può rimpic-

ciolire l'intera scena avendo così una panoramica complessiva e la possibilità di immergersi in aree prestabilite dell'universo da lui creato. Tuttavia, questa modalità di navigazione ha creato delle difficoltà per alcuni utenti, soprattutto per quelli che non possedevano esperienza con ambienti di realtà virtuali. L'opinione più comune era un senso di instabilità, nausea e di disorientamento.

Come riportato nel paper [6], dal punto di vista degli utenti è risultato facile e interessante comporre musica attraverso la creazione di un universo virtuale. Tuttavia, è emersa la difficoltà nel comporre in quanto durante la selezione dei corpi celesti da inserire nella scena non è presente nessuna anteprima del sample sonoro associato a quell'oggetto e, di conseguenza, si è costretti ad inserire l'oggetto all'interno della scena.





## Capitolo 3

# Hallway

In questo capitolo verrà descritta Hallway ovvero un nuovo concetto di partitura per la codifica dei movimenti della mano che utilizza tecniche ed elementi provenienti dal mondo dei videogiochi per offrire agli esecutori una esperienza semplice ed intuitiva. Successivamente viene anche presentato un esempio di sonorizzazione per Hallway che mostra quali possono essere le opportunità artistiche che si possono raggiungere.

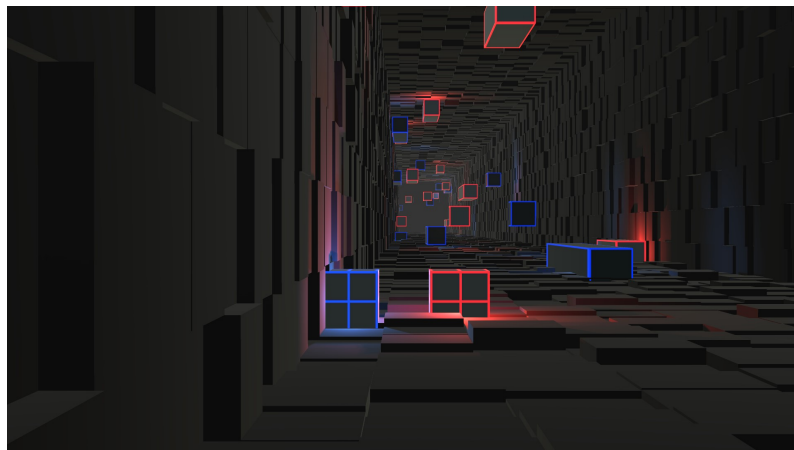
### 3.1 Interfaccia di gioco

*Hallway* è un sistema che permette la generazione di partiture in grado di codificare i movimenti della mano degli esecutori. Al fine di essere il più semplice ed intuitiva è stata strutturata come un videogioco, per questo motivo l'intero sviluppo è avvenuto utilizzando il motore grafico multi-piattaforma Unity. Hallway è stata sviluppata principalmente per funzionare con i controller Iang, descritti nella sezione 3.1.2, fino ad un massimo di quattro controller, tuttavia successivamente è stato aperto l'utilizzo a tutti quei dispositivi che possono scambiare dati mediante il protocollo Open Sound Control (OSC).

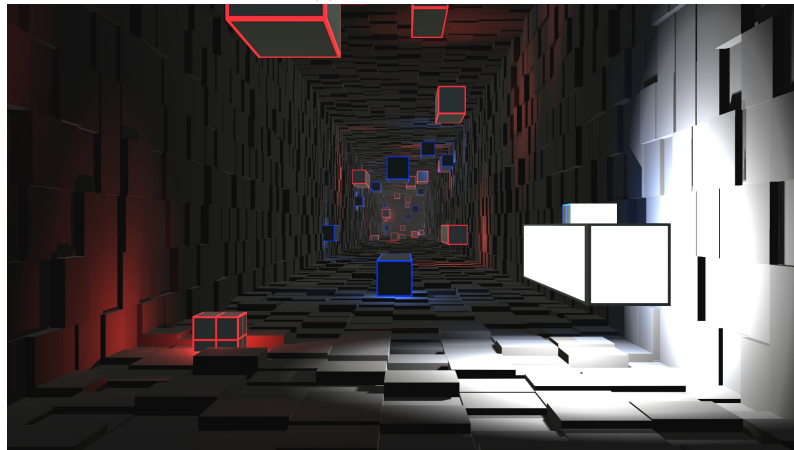
Il gioco creato in Hallway si presenta come un lungo e infinito corridoio dove ogni utente viene rappresentato da un cubo di specifico colore. Al giocatore non è permesso uscire dai confini di questo corridoio ma è costretto a proseguire dritto a velocità costante, quindi può muoversi liberamente nell'asse x e y ma entro determinati limiti. All'interno dello spazio tridimensionale del gioco vengono creati, in base a delle indicazioni specifiche fornite in precedenza, dei cubi, che fungono da trigger ovvero degli attuatori, che vengono rappresentati con lo stesso colore dei vari giocatori. Lo scopo del gioco è di ottenere il massimo numero di collisioni tra il cubo che rappresenta il giocatore e i cubi generati nell'ambiente. Tuttavia non tutte le collisioni sono permesse

ma solo quelle tra cubi con lo stesso colore che vengono identificate mediante una emersione di luce bianca da parte del cubo colpito. Il gioco termina quando non vengono generati più cubi da colpire.

Hallway nasce con l'idea di esplorare le vere potenzialità del controller Iang. Durante le prime fasi di studio ci si è accorti di come il dispositivo riesca a riconoscere la totalità delle posizioni che un utilizzatore può fare mediante il movimento del polso. Dal punto di vista compositivo questo comporta ad una infinita quantità di azioni che possono essere associate a specifici eventi sonori. Ad esempio si può immaginare di associare i movimenti catturati dal controller ai parametri di configurazione di un sintetizzatore, così facendo si possono generare un gran numero di sonorità tutte diverse tra di loro fornendo al compositore un ampio insieme di materiale sonoro.



(a) Interfaccia di gioco



(b) Collisione dell'avatar di un giocatore con un trigger

**Figura 3.1:** Esempio di partitura per due esecutori realizzata in Hallway

Se dal punto di vista compositivo il controller permette di creare strumenti musicali complessi con potenzialmente un elevato numero di elementi sonori raggiungibile, dal punto di vista esecutivo invece risulta essere difficile comunicare ad un esecutore quali posizioni deve raggiungere. Quello che si è notato è che creare composizioni che utilizzano il controller Iang e non fanno uso di elementi

di improvvisazione risulta essere complicato perché non esiste una notazione leggibile e pratica che possa comunicare ad un esecutore in che modo ruotare la mano per ottenere una definita posizione.

Per questo motivo è stato creato, come sistema di notazione, l'interfaccia di gioco Hallway che permette, mediante i diversi cubi generati nella scena, di identificare specifici movimenti che gli utenti devono fare per raggiungere quindi determinate sonorità. Dai diversi studi fatti per ottenere questa interfaccia è risultato essere più pratico dare agli esecutori degli obiettivi da raggiungere e non delle indicazioni scritte. Infatti il cubo che raffigura l'avatar del giocatore all'interno del gioco descrive, in un certo modo, come l'utente stia impugnando il controller Iang, mentre i cubi colorati da colpire rappresentano la posizione che il compositore vuole fare ottenere per quel esecutore.

Tale sistema di notazione permette al compositore di definire, all'interno del mondo tridimensionale del gioco, come posizionare i cubi da colpire e fornisce agli esecutori un modo pratico e intuitivo sulle azioni che devono effettuare per raggiungere le posizione desiderate dal compositore. Inoltre questo sistema, lascia ampi spazi improvvisati per gli esecutori dato che i cubi posizionati dal compositore non devono essere per forza tutti colpiti ma tracciano solo un percorso e quindi definiscono una idea musicale sul risultato finale che il compositore voleva ottenere.

Dato che Hallway è stato ideato come un videogioco è la natura competitiva degli esecutori che determinano la messa in opera dell'idea musicale voluta dal compositore, infatti il gioco viene vinto dal giocatore che riesce ad ottenere il numero maggiore di collisioni. Dando questo obiettivo agli esecutori si cerca di spronarli a seguire il percorso tracciato dal compositore.

### 3.1.1 Unity

Unity [18] è un motore per la creazione di videogiochi 2D e 3D nato nel 2005. Sviluppato da Unity Technologies, è stato creato per fornire, agli sviluppatori, un accesso più rapido agli strumenti per la creazione di videogiochi. Nel corso della sua lunga vita, il motore è cambiato e si è espanso notevolmente, riuscendo a stare al passo con le pratiche e le tecnologie più recenti.

Ancora oggi, l'obiettivo principale di Unity è di fornire un set di strumenti, per lo sviluppo di giochi, il più robusto possibile mantenendo comunque un livello di accessibilità basso permettendo così a tutti gli sviluppatori, principianti e non, un facile utilizzo. Inoltre, negli ultimi anni è stata ampliata la portata anche allo sviluppo di videogiochi per ambienti virtuali in 3D rendendolo uno dei motori più potenti disponibili. Infatti sono disponibili numerose librerie software che permettono l'integrazione di quasi la totalità dei visori per la realtà virtuale rendendo così il problema dell'incompatibilità meno rilevante.

In base alla tipologia di gioco che si è deciso di implementare, Unity fornisce tutta una serie di librerie specifiche che permettono allo sviluppatore di creare ogni aspetto del gioco come ad esempio materiali personalizzati, effetti d'ombre, illuminazione della scena, generazione di mappe tridimensionale ecc.

Inoltre Unity permette di realizzare giochi, partendo da un unico codice sorgente, per un grandissimo numero di piattaforme come ad esempio Android, iOS, Windows, MacOS, Linux, PS4, Xbox One e molte altre.

### 3.1.2 Iang



**Figura 3.2:** Il controller Iang

Il controller sul quale è stata sviluppata attorno Hallway e che viene utilizzato per tracciare i movimenti dei giocatori all'interno dell'interfaccia di gioco è *Iang* [16]. *Iang* si presenta come un cilindro nero sul quale sono posizionati cinque pulsanti e ricorda un controller per il tracciamento dei movimenti della console Nintendo Wii. Prendendo ispirazione dai diversi controller già presenti nel mondo delle console per videogiochi, *Iang* è stato studiato per avere una impugnatura ergonomica e pratica. Infatti è codificato per l'utilizzo di una sola mano specifica ovvero è identificabili se essere impugnati con la mano sinistra o destra.

*Iang* è stato presentato ufficialmente nel progetto artistico *Spherical tendency of wrist movement (STOWM)* di Julian Scordato. La composizione si focalizzava sul mettere in relazione il gesto dell'esecutore nel mondo reale con uno spazio audiovisivo tridimensionale astratto basato sulla mappatura dei dati gestuali acquisiti in tempo reale.

I dati raccolti da *Iang* sono poi inviati in rete utilizzando il protocollo OSC. In particolare ogni messaggio inviato da *Iang* ha il formato mostrato in figura 3.3

```
\ian\x_value, y_value
```

**Figura 3.3:** Messaggio OSC inviato da Iang

Con *x\_value* si intende l'inclinazione del controller rispetto all'asse x mentre con *y\_value* invece si intende il movimento sull'asse y. Per avere un buon grado di accuratezza i valori emessi sono valori interi compresi in una scala da -16000 a 16000.

Il cuore di questo controller il chip *Lolin 32 Lite* che è basato sull'architettura del microcontrollore ESP32. Questo chip permette di avere, in uno spazio ristretto, un processore dual-core ad architettura a 32 bit con frequenza di clock di 240MHz. Saldato nel chip, sono presenti una unità di memoria flash da 4MB e un modulo Wi-fi e Bluetooth. Inoltre può essere alimentato tramite micro USB o batterie ai polimeri di litio con una corrente di carica massima di 500 mA. Queste sue caratteristiche, insieme alla presenza di diverse porte per l'installazione di interfacce esterne e la programmabilità in più linguaggi lo rendono un chip particolarmente adatto per applicazioni nel mondo del Internet of Things.

Per permettere anche il tracciamento del movimento dell'utente, oltre alle sue iterazioni mediante i cinque pulsanti di Iang, al chip *Lolin 32 Lite* è stato installato anche un accelerometro MPU6050.

### 3.1.3 Dettagli implementativi

L'interfaccia Hallway è stata sviluppata per adattarsi alle esigenze dei compositori ovvero non impone limiti sul numero minimo o massimo di cubi da generare. Infatti attraverso un file di configurazione in formato JSON il compositore, per ogni esecutore, può impostare sia il numero di cubi sia la loro posizione all'interno del mondo creato dall'interfaccia.

Un file in formato *JavaScript Object Notation (JSON)* è un formato di interscambio di dati leggero facile sia per gli esseri umani da leggere e scrivere sia per le macchine da analizzare e generare. Il formato JSON prevede una struttura nome-valore ovvero associa ad un nome uno specifico valore che può variare da una stringa a un numero a strutture dati più complesse come array o dizionari. In particolare ogni oggetto rappresentato in questo formato è un insieme non ordinato di coppie nome/valore, dove ogni oggetto inizia e termina con l'apertura e la chiusura di una parentesi graffa. Inoltre il nome e il valore dell'oggetto devono essere separati da i due punti.

Il file JSON di configurazione per Hallway è formato da due oggetti principali:

- *Terminals*, un oggetto per la configurazione dei controller Iang. Attraverso la lista *InPort* è possibile configurare le porte, del protocollo UDP, per l'input dei dati inviati da Iang, in

particolare per ogni porta viene creato uno specifico socket che rimane in ascolto. Invece attraverso il parametro *Ip* e la lista *OutPort* è possibile configurare a quale indirizzo ip, e quindi a quale device, inviare i dati di posizione degli avatar dei giocatori all'interno dell'interfaccia specificando le porte del protocollo UDP.

- *Players*, è una lista di oggetti dove ogni elemento rappresenta la configurazione per un singolo giocatore.

L'oggetto di configurazione per un singolo giocatore prevede i seguenti campi:

- *Id*, un identificatore univoco del giocatore di tipo Guid. Un *Globally unique identifier* detto Guid è una stringa di testo a 128 bit che rappresenta un'identificativo.
- *LeftHand*, un valore booleano che specifica in quale mano il giocatore utilizzerà il controller *Iang*, in particolare viene impostato a "true" se il controller verrà utilizzato nella mano sinistra.
- *Obstacles*, una lista di oggetti che identifica i cubi associati per uno specifico giocatore. Ogni elemento della lista rappresenta la configurazione di un cubo all'interno dell'interfaccia.

Ogni cubo per essere configurato correttamente richiede i seguenti dati:

- *Id*, un identificatore univoco dell'oggetto di tipo Guid.
- *Position*, un oggetto che rappresenta le coordinate x, y e z del cubo all'interno del mondo creato dell'interfaccia.
- *Duration*, un valore intero che determina la lunghezza del cubo.

Per garantire una massima portabilità in una molteplicità di device con caratteristiche hardware diverse è stata posta molta attenzione anche all'ottimizzazione. Dai primi prototipi dell'interfaccia Hallway si è notato come la generazione di molti oggetti, all'interno del mondo tridimensionale dell'interfaccia, richiedeva risorse significative in termini di memoria ad accesso casuale. Per questo motivo viene utilizzata la tecnica di *Lazy initialization* ovvero ogni oggetto che sia un cubo o le pareti del mondo viene inizializzato solo nel momento in cui serve. Inoltre quando un oggetto non viene più visualizzato dagli utenti, perché esce dal loro campo visivo, viene subito rimosso.

L'adozione di queste tecniche permette di avviare il gioco in modo rapido dato che non devono essere generati tutti gli oggetti al momento dell'avvio dell'interfaccia. Inoltre permettono di richiedere al sistema un quantitativo limitato di risorse dato che un oggetto non rimane in memoria fino

alla fine del gioco ma solo fino quando rimane visibile all'unente.

Hallway non è un sistema chiuso ma permette di collaborare con altri algoritmi esterni, infatti, invia tramite protocollo OSC, nella rete, dati relativi alle interazione dell'esecutore all'interno del mondo virtuale. In particolare invia la posizione del giocatore quando entra in contatto con un determinato cubo permettendo così ad algoritmi esterni di determinare quando un esecutore entra in collisione con un trigger.

## 3.2 Esempio di sonorizzazione

Dopo la realizzazione dell'interfaccia di gioco Hallway si è deciso di approfondire e analizzare anche come l'utilizzo di tale strumento potesse influenzare la composizione musicale e quali scelte artistiche avrebbe suscitato nel compositore studiando una sua possibile sonorizzazione.

Tuttavia Hallway nasce principalmente come videogioco con l'obiettivo di fornire una interfaccia fisica che permetta di codificare in modo intuitivo i movimenti che i giocatori devono fare. Per questo motivo, quindi, si è deciso di mantenere l'interfaccia quanto più svincolata possibile dalla generazione sonora permettendo così ai futuri utilizzatori di usare il proprio ambiente per la creazione di materiale musicale. Dunque la sonorizzazione di Hallway è stata realizzata attraverso un algoritmo esterno costruito su una patch di *Max/MSP* [8].

L'idea alla base dell'algoritmo di sonorizzazione è nel mettere in relazione la posizione dell'avatar del giocatore, all'interno del mondo virtuale generato da Hallway, con il materiale sonoro inserito come input per l'algoritmo. L'obiettivo è quello di assegnare una coordinata spaziale al suono per ottenere una sua mappatura all'interno dell'interfaccia. Per fare questo è stato necessario realizzare un algoritmo apposito che permettesse di associare a dei sample audio un coordinata spaziali bidimensionale in modo da poterli ordinare in un sistema di assi cartesiane. In pratica quando un avatar di un giocatore collide con un trigger la sua posizione viene utilizzata per ricercare, all'interno dello spazio bidimensionale sonoro, il sample audio più vicino. Dato che l'algoritmo di codifica di coordinate spaziali, per i sample musicali, non assegna le coordinate in modo casuale ma attribuisce valori simili a sample con caratteristiche spettrali paragonabili, si vengono a creare così in Hallway zone in cui cubi con posizione simile metteranno in esecuzione solo un sottoinsieme specifico di sample che avrà quindi caratteristiche timbriche comparabili.

### 3.2.1 Dettagli implementativi

L'algoritmo di sonorizzazione si basa sull'utilizzo di una libreria esterna chiamata *FluCoMa*. Il Fluid Corpus Manipulation project (FluCoMa) è un insieme di librerie che consente a musicisti e non di integrare aspetti di machine learning e machine listening, ovvero quel campo di ricerca che tenta di attribuire ad un computer la capacità di percepire l'audio come un essere umano, nella pratica creativa musicale all'interno di software molto comuni come Max, SuperCollider e Pure Data. FluCoMa offre una serie molto ampia di algoritmi per:

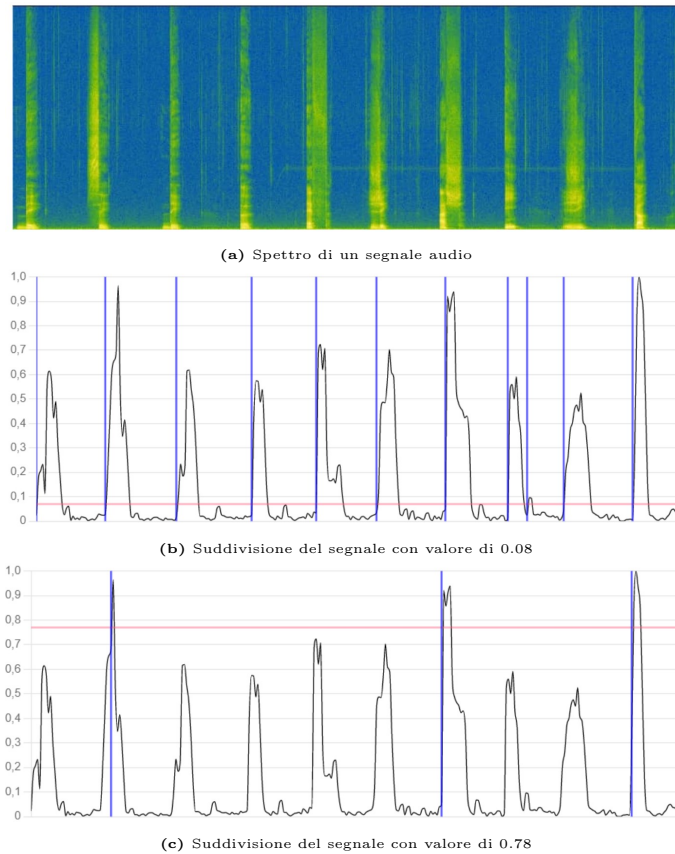
- Separazione dell'audio in componenti;
- Decomposizione spettrale;
- Analisi audio;
- Rilevazioni di pattern;
- Navigazione espressiva di set di dati;
- Morphing e ibridazione dell'audio per il remix audio, l'interpolazione e la creazione di variazioni.

Al fine di ottenere un gran numero di sample audio a cui poter assegnare una coordinata bidimensionale è risultato più facile ottenerli da un unico file audio di durata maggiore piuttosto che da diversi file audio con durata breve, riducendo così drasticamente il tempo di editing per il loro ottenimento. Per fare questo è stato necessario fare una analisi spettrale del file audio dal quale ottenere i vari sample. In particolare attraverso una metriche è stato possibile determinare cambi nello spettro e se questo cambiamento supera un valore di soglia prestabilito allora viene identificato. Da ciò ne deriva una serie di indici che identificano nel file audio originale quando una sample inizia e finisce.

Tuttavia i sample così ottenuti non sono da considerare ne unici a livello timbrico ne di dimensione uguale dato che il processo di suddivisione è puramente empirico ovvero la scelta della metrica e del valore di soglia determina fortemente sia il numero, la durata e il tipo di timbro dei sample. Infatti come mostrato nella figura 3.4 si può notare come per uno stesso valore di metrica ma diverso valore di soglia l'algoritmo riconosca in modo differente quando suddividere i sample.

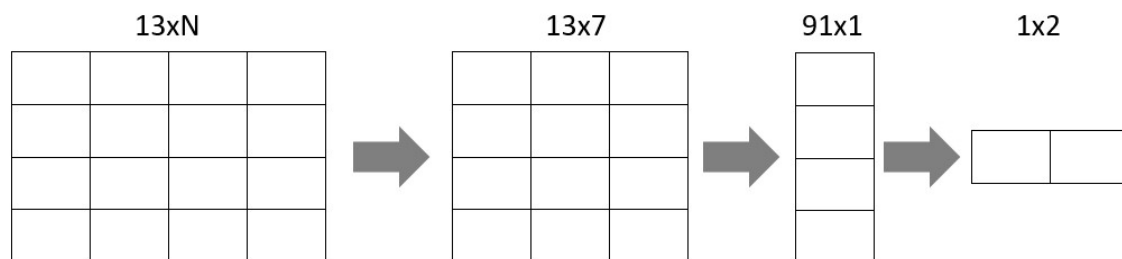
Dopo aver ottenuto gli indici viene applicata, ai singoli sample così identificati, un ulteriore analisi per determinarne dei valori di features ovvero dei parametri univoci che esprimono le loro caratteristiche spettrali. Per fare questo viene utilizzata la *Mel-frequency cepstral coefficients* (MFCC), processo descritto nel paragrafo 3.2.1.1. Per come è stato configurato questo processo





**Figura 3.4:** Esempio di come l'individuazione di diversi sample audio cambi in base al valore di soglia. Nelle figure 3.4b e 3.4c si possono notare due linee rosse che esprimono il valore di soglia corrente mentre le diverse linee blu rappresentano gli indici temporali che individuano quando un sample finisce e quando inizia il successivo.

permette di estrarre tredici coefficienti per singolo valore di campionamento del sample. Tuttavia i dati così ottenuti hanno dimensionalità troppo elevata per essere utilizzati quindi prima vengono estratti dei valori statistici dai dati in modo da poter esperire una panoramica generale e successivamente attraverso un processo di riduzione basato su machine learning i dati vengono ulteriormente ridotti ottenendo solo due valori. Questi due valori esprimono quindi le coordinate all'interno del piano cartesiano. Infine per rappresentare i sample in un piano cartesiano uniforme le coordinate vengono normalizzate in una scala di valori compresi da -1 a 1.



**Figura 3.5:** Processo di riduzione delle features estratte mediante MFCC. Nell'immagine a sinistra le features estratte ovvero 13 features per ogni campione. Nell'immagine centrale il primo processo di riduzione che comprende il calcolo di sette parametri statistici per ogni coefficiente MFCC. Infine nelle ultime due immagini la riduzione a soli due valori attraverso un processo di machine learning.

### 3.2.1.1 Mel-frequency cepstral coefficients

I Mel-frequency cepstral coefficients (MFCC) di un segnale audio sono un piccolo insieme di features, di solito circa 10-20, che descrivono la forma complessiva dell'involucro spettrale. Gli MFCC sono stati spesso utilizzati nel campo del riconoscimento vocale [15] e come tecnica per la comprensione e analisi dell'audio rimanendo come stato dell'arte fino all'utilizzo di tecniche di deep learning [20]. Per comprendere cosa realmente è la MFCC è necessario introdurre cos'è uno *Spettrogramma di Mel*

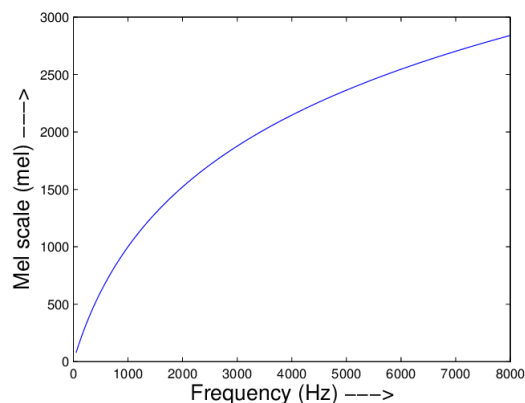
Tipicamente un segnale audio è formato da un insieme di onde sonore che hanno una specifica frequenza. Tuttavia quando registriamo un segnale audio e quindi acquisiamo dei campioni del segnale nel tempo, viene solo catturata l'ampiezza della somma delle singole onde sonore. Attraverso il teorema di Fourier, che asserisce che ogni segnale audio è il risultato della somma di segnali sinusoidali e cosinusoidali più semplici, è possibile scomporre un segnale nelle sue singole frequenze ovvero convertirlo dal dominio del tempo nel dominio della frequenza, il risultato che si ottiene è comunemente chiamato spettro. A livello intuitivo uno spettrogramma non è altro che una sequenza di trasformate di Fourier sovrapposte tra di loro (tipicamente questa operazione viene fatta con la *Short-time Fourier transform*) quindi è un modo per rappresentare visivamente il volume o l'ampiezza di un segnale non periodico, ovvero che cambia nel tempo, a frequenze diverse.

Diversi studi hanno dimostrato che gli esseri umani non percepiscono le frequenze su una scala lineare, ma quello che si è notato è che per un essere umano è più facile rilevare cambiamenti di frequenza in uno spettro più grave rispetto a quello acuto. Ad esempio, si può facilmente distinguere un cambiamento da 300 a 600 Hz, ma se lo stesso intervallo viene spostato tra i 2000 e 2300 Hz la differenza risulta essere meno marcata. Per questo motivo nel 1937 i ricercatori Stanley Smith Stevens, John Volkman e Edwin Newman proposero una nuova unità di tono tale che distanze uguali in tono suonassero ugualmente distanti all'ascoltatore, questa unità viene chiamata *Scala Mel*. Attraverso la formula 3.1, ricavata empiricamente è possibile convertire una frequenza in Hz ad una frequenza nella scala di Mel.

$$F_{mel} = 2595 \cdot \log \left( 1 + \frac{f}{500} \right) \quad (3.1)$$

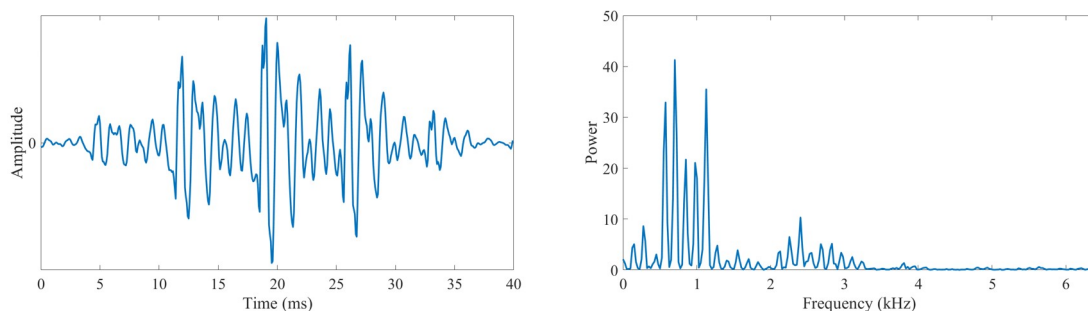
La figura 3.6 invece compare la scala Mel con frequenze in Hertz. Come si può notare più le frequenze diventano acute più il comportamento diventa meno lineare assumendo una somiglianza con la funzione logaritmo.

Come visto in precedenza lo spettro descrive le caratteristiche fisiche di un segnale audio,



**Figura 3.6:** Confronto tra frequenze in Hz e in scala Mel

tuttavia come mostrato in figura 3.7.a la sua lettura risulta essere non facile a causa dei suoi valori che sono non omogenei. Per questo motivo si preferisce utilizzare un *spettro logaritmico*. Lo spettro logaritmico, mostrato nella figura 3.7.b risulta essere una rappresentazione molto più accessibile non solo dal punto di vista visivo, ma soprattutto, perché il logaritmo approssima la sensibilità dell'orecchio umano. Quindi lo spettro logaritmico visualizza il contenuto spettrale in modo tale che l'ampiezza dei valori sia approssimativamente uniforme in tutto lo spettro.



**Figura 3.7:** Confronto tra spettri. A sinistra lo spettro normale mentre a destra lo spettro logaritmico

Dallo spettro logaritmico di un segnale audio si possono identificare due strutture principali: una "struttura periodica" che corrisponde alla struttura armonica del segnale causata dalla frequenza fondamentale mentre la seconda è una struttura a più di alto livello creata collegando i picchi della struttura armonica forando quindi delle vette e degli avvallamenti. Questi picchi nel campo della Musical information retrieval sono detti *formants* e sono molto importanti perché possono essere usati per identificare in modo univoco un frammento audio.

Un modo per determinare e valutare queste strutture è attraverso il *Cepstrum*. In particolare questa rappresentazione, descritta nella formula 3.2, deriva dall'applicazione della trasformata discreta di Fourier (DFT) o della trasformata discreta del coseno (DCT) dello spettro logaritmico. Il nome cepstrum deriva dalla parola spectrum e tenta di essere un divertente riflesso del fatto che

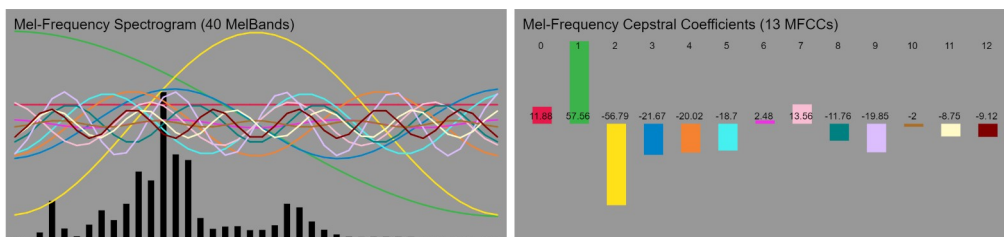
questa rappresentazione è un complicato riarrangiamento di trasformazioni dal dominio del tempo a quello della frequenza e viceversa. Nella formula 3.2 viene espressa l'idea di come venga calcolato lo cepstrum

$$C(x(t)) = F^{-1}[\log(F(x(t)))] \quad (3.2)$$

dove  $x(t)$  rappresenta il segnale nel dominio del tempo mentre  $F$  e  $F^{-1}$  sono reciprocamente la trasformata di Fourier e la sua funzione inversa.

Per migliorare ulteriormente la rappresentazione del cepstrum, vengono incluse nel modello informazioni relative alla percezione uditiva umana. Nello specifico, introducendo informazioni sulla percezione umana, il modello si focalizza solo sulla parte dell'informazione che gli ascoltatori umani ritengono più importante. Lo spettro logaritmico tiene già conto della sensibilità percettiva sull'asse delle magnitudo, esprimendo le magnitudo attraverso una scala logaritmica, quindi la rimanente dimensione è quella sull'asse delle frequenze che viene espressa attraverso la scala mel. Da questa unione nasce la *Mel-frequency cepstral coefficients*.

Riassumendo, i valori che si ottengono dalla MFCC sono derivati calcolando prima uno spettrogramma con le frequenze in scala mel per poi utilizzare tale spettro come input per la trasformata discreta del coseno. Ciò significa che la forma dello spettro viene confrontata con un numero di forme d'onda cosinusoidali con frequenze diverse. Quindi ogni coefficiente MFCC rappresenta quanto è simile lo spettro di frequenza Mel a una di queste forme di coseno. Naturalmente più coefficienti vengono richiesti maggiore sarà l'informazione rappresentata viceversa un numero minore di coefficienti esprimeranno solo una approssimazione dello spettro di partenza.



**Figura 3.8:** I 13 valori MFCC visualizzati a destra vengono calcolati utilizzando lo spettrogramma Mel-Frequency come input per la trasformata discreta del coseno. Ogni valore MFCC rappresenta, quindi, quanto è simile lo spettrogramma Mel-Frequency a una di questi segnali cosinusoidali.

## Capitolo 4

# Conclusioni

Negli ultimi anni si è potuto notare come i compositori contemporanei facciano sempre più uso di nuove tecnologie per riuscire ad esprimere le loro idee artistiche. In particolare non si limitano soltanto a trovare nuove sonorità e timbri ma vanno anche alla ricerca di nuovi elementi, da aggiungere ai loro lavori, provenienti da diverse altre discipline. Questa continua ricerca porta i compositori a ridefinire e riprogettare concetti cardini della musica classica così come sono conosciuti, in primo luogo il modo in cui lasciare traccia delle loro composizioni. Infatti le nuove tecnologie permettono ai compositori di creare e plasmare nuovi strumenti e sistemi di controllo che alcuni anni fa non erano possibili, tuttavia la loro natura avanguardista non sempre è compatibile con la normale partitura classica che comporta l'utilizzo del pentagramma dove è possibile segnare le note di una scala.

In questo contesto è stato sviluppato il progetto di tesi che aveva l'obiettivo di creare un nuovo modo per poter codificare e riportare in una partitura i movimenti della mano catturati da un controller.

La prima fase di analisi non è stata banale perché prevedeva di trovare un modo, semplice e intuitivo, per comunicare all'esecutore in quale posizione mettere la mano. Diversi altri lavori sono stati analizzati ma nella maggior parte dei casi tali sistemi prevedevano una fase di studio iniziale, da parte degli esecutori, per comprendere la simbologia presente nella partitura. Altri lavori invece lasciavano una interpretazione più libera della partitura lasciando ampio spazio di decisione all'esecutore.

Costruire Hallway come se fosse un videogioco è stata la decisione migliore dato che una architettura a videogioco permette di definire regole e obiettivi in modo chiaro e intuitivo. Infatti durante la fase di test, dove diverse persone hanno potuto provare l'interfaccia di gioco, non è stata necessaria nessuna spiegazione per far comprendere le regole. Questo perché la conoscenza

tacita presente già nelle persone, che si è formata con l'esperienza nell'utilizzo di altri videogiochi comuni o banalmente guardando altre persone giocare, ha fornito tutte le informazioni necessari per comprendere come interagire nel mondo virtuale creato da Hallway.

Attribuire un simbolo per ogni posizione che si può ottenere ruotando la mano non sarebbe stato oltre che possibile anche pratico per l'esecutore dato che avrebbe dovuto ricordare un gran numero di simboli. Il fatto che un giocatore può colpire uno determinato trigger nel gioco gli permette inconsciamente di assumere una determinata posizione pensata dal compositore, quindi non è rilevante come il giocatore arrivi ad ottenere quella posizione ma si è certi che la otterrà. Inoltre colpire i diversi trigger è una possibilità e non un obbligo quindi agli esecutori viene lasciata la possibilità di dare una interpretazione al lavoro del compositore. L'introduzione, come nei videogiochi, di un punteggio alla fine della partiture permette di instaurare negli esecutori uno spirito competitivo portandoli ad essere rigorosi nell'esecuzione. Dato che il "gioco" avrà come vincitore colui che otterrà un punteggio maggiore sarà l'esecutore che avrà interagito con il maggior numero di trigger a vincere.

Una delle difficoltà riscontrata nell'utilizzo di Hallway è come creare una partitura. Hallway, infatti, richiede un file di configurazione in formato Json dove tutti gli oggetti definiti devono essere identificati da un Guid. La decisione di configurare l'intero ambiente di gioco mediante un file di testo è stata presa per non dover far impostare, ai futuri compositori, i diversi elementi virtuali direttamente dal codice sorgente dell'interfaccia permettendo così un uso più semplice. Sfortunatamente creare questo file di configurazione iniziale è complicato specialmente se il numero di trigger da definire per i diversi giocatori è considerevole. Inoltre la decisione di utilizzare un Guid a discapito di un semplice numero intero come identificativo dei diversi oggetti ha complicato ulteriormente la creazione della file di configurazione. Il motivo per cui è stato scelto di utilizzare un Guid è puramente tecnico al fine di evitare problemi di identificativi duplicati ovvero l'utilizzo dello stesso valore per identificare diversi oggetti.

Per rendere la creazione del file di configurazione più semplice è stata sviluppata anche una applicazione console che lascia all'utente impostare solamente i valori più basilari come la posizione di un ostacolo o il numero di esecutori, permettendo di trascurare tutte le altre impostazioni più specifiche. Tuttavia si è notato che anche con questo strumento, compositori non molto esperti in materia di programmazione è risultato difficile relazionare una partitura.

## 4.1 Sviluppi futuri

I risultati raggiunti indicano che è possibile utilizzare Hallway come sistema di partitura e la sua sonorizzazione per creare nuove composizioni audio-visive. Inoltre i risultati ottenuti invitano a procedere nella ricerca per continuare a migliorare questo sistema, ad esempio sarebbe interessante:

- Identificare una nuova strategia, non più basata su un file in formato Json, per riportare i dati all'interno di Hallway in modo da migliorare la semplicità di utilizzo.
- Sperimentare nuove forme di spazializzazione del suono che vanno oltre l'immagine stereofonica.
- Sperimentare nuovi sistemi di sonorizzazione in modo da investigare ulteriormente sulle potenzialità e sui limiti di questo sistema di partitura.
- Permettere la configurazione di più esecutori eliminando il vincolo di massimo quattro giocatori per singola composizione.





# Bibliografia

- [1] J. Barbosa et al. «Illusio: A Drawing-Based Digital Music Instrument». In: (2012).
- [2] Anıl Çamcı, Matias A. Vilaplana Stark e Lusi Wang. «Exploring the Affordances of VR for Musical Interaction Design with VIMes». In: (2020).
- [3] Mark Cerqueira, Spencer Salazar e Ge Wang. «SoundCraft: Transducing StarCraft 2». In: (2013).
- [4] Marko Ciciliani. «Music in the Expanded Field – On Recent Approaches to Interdisciplinary Composition». In: (2017).
- [5] Marko Ciciliani e Barbara Lüneburg. «Gamified Audiovisual Works – Composition, Perception, Performance». In: (2018).
- [6] Willams Costa et al. «Songverse: a music-loop authoring tool based on Virtual Reality». In: (2019).
- [7] Stuart Cunningham, Steffan Owens e Steve Nicholls. «The Development of New Technology in Creative Music Application». In: (2017).
- [8] Cycling74. *Max/MSP*. URL: <https://cycling74.com/products/max>.
- [9] John Fillwalk. «ChromaChord: A Virtual Musical Instrument». In: (2021).
- [10] Robert Hamilton. «Coretet: A Dynamic Virtual Musical Instrument for the Twenty-First Century». In: (2019).
- [11] Robert Hamilton. «Mediated Musical Interactions in Virtual Environments». In: (2019).
- [12] Robert Hamilton. «q3osc or: how i learned to stopworrying and love the bomb game». In: (2009).
- [13] Robert Hamilton. «Trois Machins de la Grâce Aimante: a Virtual Reality String Quartet». In: (2019).
- [14] Sergi Jorda et al. «The reactable». In: (2008).

- [15] Lindasalwa Muda, Mumtaj Begam e I. Elamvazuthi. «Voice Recognition Algorithms using Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) and Dynamic Time Warping (DTW) Techniques». In: (2010).
- [16] Julian Scordato. *Spherical tendency of wrist movement*. URL: <https://nime.pubpub.org/pub/8jz7u949/release/1>.
- [17] Scott Smallwood et al. «Composing for Laptop Orchestra». In: (2008).
- [18] Unity Technologies. *Unity*. URL: <https://unity.com/>.
- [19] Daniel Trueman et al. «PLOrk: The Princeton Laptop Orchestra, Year 1». In: (2009).
- [20] Dong Yu e Li Deng. «Automatic Speech Recognition». In: (2016).