

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

FACOLTÀ DI SCIENZE MM.FF.NN.

Corso di Laurea in Informatica

Materia di Tesi: Intelligenza Artificiale

L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE
NELLA MUSICA JAZZ

Tesi di Laurea di

RENATO CARUSO

Relatore

Chiar.mo Prof. MAURO GASPARI

Sessione III

ANNO ACCADEMICO 2005–2006

Alla mia famiglia e al maestro Pietro Aldieri

Indice

Introduzione	7
1 AI e Arte	9
1.1 Il nuovo Golem	9
1.2 Arte e filosofia	10
1.2.1 Benedetto Croce	10
1.2.2 Georg Wilhelm Hegel	11
1.2.3 Pablo Picasso	12
1.3 AI, Filosofia e Matematica	13
1.3.1 Boole e Frege	13
1.3.2 Kurt Godel	15
1.3.3 Alan Turing	15
1.3.4 Probabilità	16
1.4 AI e musica: dalla musica elettronica alla musica informatica .	17
1.4.1 Musica concreta e musica elettronica	18
1.4.2 Dagli automatismi al sintetizzatore	19
1.4.3 La musica elettroacustica	21
1.4.4 L'elaboratore elettronico	21
1.4.5 Il live electronics	22
1.4.6 Musica informatica in tempo reale	23
1.5 Robot Music	24
1.5.1 L'esperienza di Suguru Goto	25
1.5.2 I robot superano gli umani	26

1.5.3	L'aspetto emozionale	26
1.5.4	La sincronizzazione	28
1.5.5	Progetti futuri	28
1.6	Conclusioni	29
2	Elementi di base della musica	31
2.1	Il problema della classificazione in generi	31
2.2	Le origini della musica	32
2.2.1	Black music	32
2.2.2	Musica popolare e Musica etnica	33
2.2.3	Musica classica	33
2.2.4	Jazz	34
2.3	I nuovi generi musicali e la loro classificazione	34
2.3.1	Musica pop	35
2.3.2	Rock	35
2.3.3	Punk	36
2.3.4	Metal	37
2.3.5	Dark / Gothic	37
2.3.6	Musica New Age	37
2.3.7	Musica elettronica	38
2.3.8	Ska	39
2.4	Teoria musicale	40
2.4.1	Nota	40
2.4.2	Melodia	40
2.4.3	Intervallo	41
2.4.4	Accordo	41
2.4.5	Armonia	42
2.4.6	Pitch shift	43
2.4.7	Contrappunto	44
2.4.8	Ritmo	46
2.4.9	Tempo	46

2.4.10	Frequenza	47
2.4.11	Onda sonora	48
2.4.12	Armonici naturali	50
2.4.13	Standard	51
2.5	Scala musicale	51
2.5.1	La Scala Cromatica	52
2.5.2	La Scala Pentatonica	53
2.5.3	La Scala Blues	54
2.5.4	La Scala Esatonica	55
2.6	Conclusioni	55
3	Il Jazz	57
3.1	Storia del jazz	57
3.2	L'improvvisazione jazz	61
3.2.1	Cenni storici	61
3.2.2	Stili d'improvvisazione	64
3.2.3	Tematica	65
3.2.4	Armonica	65
3.2.5	Modale	68
3.2.6	Free	69
3.2.7	L'improvvisazione a sigle nel jazz	69
3.3	Struttura dell'improvvisazione	71
3.3.1	La pratica	71
3.3.2	Lo studio	72
3.4	Conclusioni	73
4	L'AI nella musica Jazz	75
4.1	Introduzione	75
4.2	Reti Neurali	76
	Le reti neurali applicate alla musica	77
4.2.1	NeuroSwing	85
	Core di NeuroSwing	85

	Principio di funzionamento	86
4.3	Algoritmi evolutivi	89
	Gli algoritmi genetici	90
	Concetti fondamentali degli Algoritmi Genetici	93
	Il Teorema degli Schemi e il Parallelismo Implicito	94
	Formulazione generica di un Algoritmo Genetico	94
	Codifica dei problemi	96
4.3.1	GenJam	96
	Core di GenJam	97
	Principio di funzionamento dell'algoritmo	97
4.3.2	IlTur	99
	Core di IlTur	99
	Interfaccia di IlTur	100
	Conclusioni	102
4.3.3	SoundWorld	104
	Paola Magillo	105
	Musicalità nelle lingue	105
4.4	Swarm	106
4.4.1	Swarm	106
	Principio di funzionamento	107
	Sistema multi-swarm	108
4.5	Altri sistemi	109
4.5.1	NèOpus	109
	Regole	110
	Meta-Regole	111
	Strategie	112
4.5.2	Improvisation Builder	114
	Core di Improvisation Builder	115
5	Un agente jazz	127
5.1	Introduzione	127

5.2	ReC	128
5.2.1	L'idea	128
	Ascoltare e P2P	129
5.2.2	Il progetto	130
5.2.3	Core di ReC	130
	Un agente Jazz	131
	La griglia jazz	132
	L'ambiente jazz	132
	Funzionamento	133
5.3	Conclusioni	133
	Conclusioni	135
	Ringraziamenti	137
	Bibliografia	138

Introduzione

La motivazione della scelta di questa tesi è “molto semplice e molto complessa”.

La musica per me ha significato molto, fin dalla nascita, da quando mio padre suonava ed io ascoltavo, ascoltavo senza capire che sarebbe nata in me questa grande passione, fino agli studi di chitarra classica in conservatorio. Amo qualsiasi melodia sento fischiettare, cantare, danzare e memorizzandola, provo a suonarla in un secondo momento. Vorrei ricordare con delle belle parole come Oscar Wilde definisce la musica, “La musica è il genere di arte perfetto. La musica non può mai rivelare il suo segreto più nascosto”, così come anche Schopenhauer.

Insieme a questa passione ne nascondo un'altra, la matematica, i numeri, il mistero dei numeri, le scoperte nella scienza, la curiosità di capire come arrivare ad un certo risultato, gli enigmi, i numeri primi, i teoremi, le dimostrazioni matematiche, la bellezza matematica.

Come si studia dai libri di storia, di filosofia, i matematici sono ottimi filosofi, come Babbage, Galileo, Leibniz, Cartesio, Pitagora e tanti altri. Da qui nasce anche la mia passione per la filosofia, non solo per il semplice motivo che mio padre è insegnante di filosofia. Credo di aver elencato fin qui gli elementi principali che mi hanno indotto a scrivere questa tematica.

Dall'altra parte, motivazione complessa per il fatto che oggi la musica è un mezzo di comunicazione universale che ha formato intere generazioni.

Il problema era trovare un corso, una materia con la quale poter scrivere qualcosa del genere, dove poter parlare di musica, matematica, filosofia, in-

formatica e dell'arte in generale. Mi son detto, avrò sbagliato facoltà? Un corso interessante che volevo approfondire e che sembrava il più vicino alla mia idea di tesi era quello di Intelligenza artificiale. Alla fine ho scoperto leggendo il libro di "Norvig e Russel" di "Intelligenza Artificiale" che avevo trovato esattamente quello che cercavo, infatti sfogliando le prime pagine si parla proprio di filosofia, matematica, arte.

Questa tesi, ovviamente, non sarà un trattato di musica o una breve storia della musica, o quant'altro, ma descriverà alcuni approcci dell'intelligenza artificiale applicati nella musica e in particolare nel jazz.

Questa tesi è suddivisa sostanzialmente in tre parti, la prima analizza alcuni concetti della musica e del jazz, rispettivamente i capitoli 2 e 3, la seconda parte mostrerà alcuni approcci dell'intelligenza artificiale nella musica, capitolo 4, infine la terza parte evidenzia il rapporto tra musica e intelligenza artificiale passando dalla matematica, filosofia, psicologia, etc.. e di una idea di progetto che pensavo di realizzare. Spero di essere molto chiaro e convincente, in quanto, tesi di questo carattere, ho potuto constatare dalle molte ricerche che in Italia si trova ben poco. Spero di aver fatto un lavoro che possa servire a tutti coloro che, come me, amano la musica in tutte le sue sfaccettature.

Capitolo 1

AI e Arte

Il seguente capitolo descrive il rapporto tra intelligenza artificiale e altre discipline come la musica, la filosofia e la matematica. Ci vorrebbe una tesi intera per discutere dell'argomento, ma mi limiterò ad accennare alcuni aspetti molto importanti.

1.1 Il nuovo Golem

Secondo la leggenda, Leone ben Bezabel, rabbino di Praga, costruì nel 1580 una gigantesca figura umana di argilla, a cui diede il nome di “Golem” [53]. A tale creatura, che aveva il compito di difendere il popolo ebreo dai suoi persecutori, venne data la vita magicamente attraverso la parola “emet” (verità), in ebraico, impressagli sulla fronte dal suo autore.

Quando il Golem diventava troppo violento, il suo potere risultava incontrollabile, bastava cancellare la prima lettera di emet, che così diventava “met”, “morte”, per riportare al suo stato originario e inoffensivo di “masa informe” (tale è il significato ebraico di Golem). Il mito ebraico è stato più volte ripreso nel 900, quando la rivoluzione informatica ha fatto sperare che un giorno le macchine potessero simulare il pensiero umano ed essere impiegate in numerose mansioni ordinariamente svolte dall'uomo. Come è noto, negli ultimi decenni la tecnologia dell'informazione e della comunica-

zione hanno fatto registrare progressi così grandi da soddisfare parzialmente tali aspettative, in particolare per quanto riguarda le applicazioni nel campo della telecomunicazione e della robotica.

In questo contesto il Golem, è stato assunto come metafora di un sogno antico dell'uomo, quello di dar vita a macchine capaci di imitare l'intelligenza naturale, se non addirittura di superarla.

In sintesi, il Golem rappresenta “le macchine pensanti” che (secondo il mito) possono vivere o morire a seconda da come vengono manipolate dall'uomo.

1.2 Arte e filosofia

In latino “ars”, “artis”, significava ogni “abilità materiale o spirituale” mirata a progettare o a costruire qualcosa. In italiano arte appare alla fine del XIII secolo.

È difficile dare una definizione di arte, perchè essa è visione, contemplazione, fantasia, rappresentazione, è la capacità dell'uomo di creare qualcosa che presenti caratteristiche di armonia e bellezza.

Di seguito citerò alcuni autori che danno una loro definizione di “arte”.

1.2.1 Benedetto Croce

Secondo Benedetto Croce (1866-1952):

L'arte è il primo momento della vita dello spirito: è visione, è intuizione. Essa è indipendente da ogni concetto logico, non argomenta, non adopera concetti. Essa non ha nè premessa nè conclusione e non vuole neppure dimostrare nulla. Se l'arte si trasformasse in giudizio o in riflessione morirebbe. Ma l'arte deve essere anche sganciata dall'utile e dalla preoccupazione economica.

Il “bello”, per Croce, è nel nostro spirito: così la bellezza della natura (un paesaggio, una città, una ragazza), esiste soltanto in rapporto allo spirito

che la coglie. L'attività artistica, però, non è neppure una produzione disordinata o frutto di istinto. Essa è intuizione lirica, cioè sintesi di sentimento e immagine, che sono rispettivamente, il contenuto e la forma.



Figura 1.1 ◇ **Benedetto Croce**

1.2.2 Georg Wilhelm Hegel

Secondo Georg Wilhelm Hegel (1770-1831):

È persuaso che l'arte [53] esprime “la verità, l'idea”. L'arte non è espressione dell'oggetto finito, essa è dunque “infinito, assoluto” della totalità. Essa è suscettibile di una pluralità di forme di espressione diverse che Hegel intende analizzare nella loro specificità.

Specifico dell'arte è di esprimere l'assoluto attraverso la figura visibile, la parola udibile; in generale, attraverso l'intuizione sensibile ovvero: l'arte è quella che presenta alla coscienza la verità sotto forma sensibile.



Figura 1.2 ◇ Georg Hegel

1.2.3 Pablo Picasso

Secondo Pablo Picasso (1881-1973):

Per Picasso l'arte [52] non è lirica nè sublimazione ma è problema; abbandonare la contemplazione della natura e intervenire nella realtà storica, rompere definitivamente con la cultura figurativa.

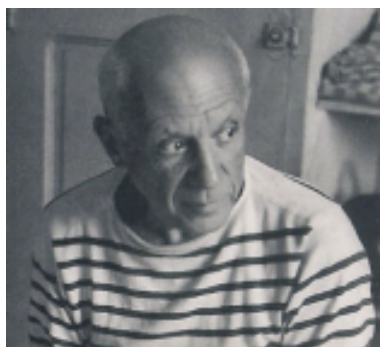


Figura 1.3 ◇ Pablo Picasso

Lo spazio è un elemento come tutti gli altri, presente e concreto, che si scompone insieme alle figure.

1.3 AI, Filosofia e Matematica

I filosofi hanno studiato la maggior parte dei concetti riguardanti l'AI [13, 14, 72, 73, 56], ma il passaggio ad una scienza formale richiedeva un livello superiore di formalizzazione matematica in tre aree fondamentali: logica, computazione e probabilità. Riassumerò in pochi passi le tappe fondamentali.

1.3.1 Boole e Frege

L'idea di una logica formale si può far risalire ai filosofi dell'antica Grecia [16, 19], ma il suo sviluppo matematico cominciò effettivamente con il lavoro di George Boole (1815-1864), che formulò i principi della logica proposizionale o booleana. Nel 1879, Gottlob Frege (1858-1925) estese la logica di Boole in modo da includere oggetti e relazioni, creando così la logica del primo ordine usata oggi come il più semplice sistema di rappresentazione della conoscenza.

Si ritiene che il primo algoritmo non banale sia quello di Euclide per calcolare il massimo comune denominatore. Lo studio degli algoritmi risale ad al-Khwarizmi, un matematico persiano del nono secolo, i cui lavori introdussero in Europa anche l'uso dei numeri arabi e dell'algebra [59, 60].

Boole ed altri considerarono lo sviluppo di algoritmi per la deduzione logica, e verso la fine del XIX secolo molti scienziati dedicavano la loro ricerca alla formalizzazione del ragionamento matematico generale sotto forma di deduzione logica.

Nel 1900, David Hilbert (1862-1943) presentò una lista di 23 problemi che (correttamente) riteneva avrebbero occupato i matematici per gran parte del secolo che iniziava. L'ultimo di tali problemi concerne la possibilità di scrivere un algoritmo per decidere il grado di verità di qualsiasi proposizione

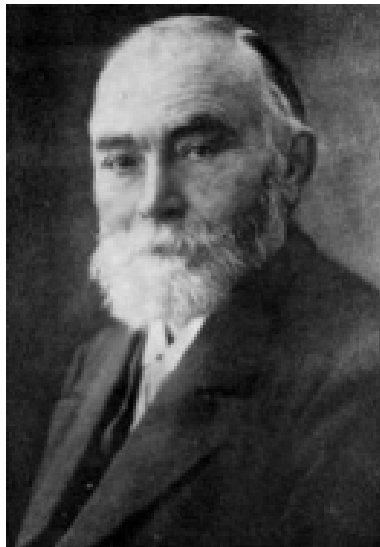


Figura 1.4 ◇ **Gottlob Frege**

logica riguardante i numeri naturali: il famoso “Entscheidungsproblem”, o problema della decisione.



Figura 1.5 ◇ **George Boole**

1.3.2 Kurt Godel

Nel 1940, Kurt Godel (1906-1978) mostrò che esiste effettivamente una procedura per dimostrare ogni proposizione vera nella logica del primo ordine di Frege e Russell, ma che tale logica non poteva esprimere il principio di induzione matematica necessario per definire i numeri naturali [32].

Nel 1931 dimostrò che esistono dei limiti reali: il suo “teorema di incompletezza” stabilisce che all’interno di qualsiasi linguaggio abbastanza potente da scrivere le proprietà dei numeri naturali esistono proposizioni vere che sono indecidibili, nel senso che il loro valore di verità non può essere stabilito da nessun algoritmo.



Figura 1.6 ◇ Kurt Godel

1.3.3 Alan Turing

Questo risultato fondamentale si può interpretare anche come la dimostrazione che esistono funzioni sui numeri interi che non possono essere rappresentate per via algoritmica, e sono quindi incomputabili.

Questo spinse Alan Turing (1912-1954) a cercare di definire esattamente quali funzioni sono computabili. Questa nozione in effetti presenta qualche problema, perchè non è possibile scrivere una definizione formale di computazione [64]. Tuttavia in generale si accetta come definizione sufficiente la tesi di Church-Turing, che afferma che la macchina di Turing (1936) è in grado di calcolare ogni funzione computabile.

Turing ha anche dimostrato che esistono funzioni che nessuna macchina di Turing può calcolare. Ad esempio, nessuna macchina può dire se in generale un dato problema, ricevuto un determinato input, restituirà un risultato o continuerà l'esecuzione per sempre.



Figura 1.7 $\diamond$ **Alan Turing**

1.3.4 Probabilità

Oltre alla logica e alla teoria della computazione, il terzo grande contributo dei matematici all'AI [27, 28, 64] è la teoria della probabilità. Gerolamo Cardano (1501-1576) fu il primo a formulare il concetto di probabi-

lità, descrivendolo nei termini dei possibili risultati degli eventi in un gioco d'azzardo.

Pierre Fermat (1601-1665), Blaise Pascal (1623-1662), James Bernoulli (1654-1705), Pierre Laplace (1749-1827) e altri svilupparono la teoria e introdussero nuovi metodi statistici.

Thomas Bayes (1702-1761) propose una regola capace di aggiornare i valori di probabilità in base ai dati via via raccolti. La sua regola e il campo di ricerca risultante, l'analisi bayesiana, sono alla base della maggior parte degli approcci moderni al ragionamento in condizioni di incertezza.

1.4 AI e musica: dalla musica elettronica alla musica informatica

Sotto il termine musica elettronica vengono spesso raggruppate esperienze musicali molto diverse fra loro: diverse come linguaggio musicale, metodologia compositiva, concezione estetica, organico di apparecchiature e strumenti impiegati, tecnica esecutiva, scelta di pubblico e funzione sociale della musica, scelta del luogo e dello spazio di ascolto, ecc. Tali esperienze, comunque, trovano un denominatore comune nell'utilizzazione dei mezzi elettroacustici e nell'accettazione del pensiero tecnologico-scientifico [1,4] come supporto concettuale alla realizzazione dell'opera per diventare talvolta fonte di stimoli prettamente musicali.

La musica elettronica, comunque, non nasce tanto per la spinta egemonica della cultura scientifica rispetto a quella umanistica, quanto per un processo di convergenza che è maturato nel corso della prima metà del novecento e che ha cominciato a dare i primi frutti nel secondo dopoguerra.

Già alla fine del secolo scorso troviamo in maniera sempre più frequente accavallarsi visioni profetiche, dimostrazioni scientifiche, sperimentazioni musicali, innovazioni tecnologiche, esposizioni di esigenze, azzeramenti e for-

mulazioni di nuove teorie che si possono considerare le premesse all'esperienza elettronica.

1.4.1 Musica concreta e musica elettronica

È dagli anni '50, comunque, che si comincia a parlare di musica concreta, musica elettronica, tape music. I luoghi di nascita sono Parigi, Colonia, alcuni centri dell'America, seguiti da numerosi altri Studi che, spesso all'interno di emittenti radiofoniche, continuano tale esperienza apportando, com'è il caso dello Studio di Fonologia della Rai di Milano, un contributo originale e determinante.

A Parigi, rifacendosi alle proposte di Russolo e di Varese, si elabora elettronicamente qualsiasi materiale sonoro preesistente, sia rumore che musica tradizionale, per costruire, con una tecnica che sa molto del collage, opere musicali definite concrete che segnano un primo momento di rottura con il processo evolutivo della musica occidentale, basata essenzialmente sul controllo dei parametri altezza e durata.

A Colonia viene rivolta l'attenzione esclusivamente ai mezzi elettronici, con un rigore che deriva da un lato da Schoenberg e Webern e dall'altro dalla prassi della ricerca scientifica. Più che arrivare alla musica attraverso una "selezione" (dal rumore), si è preferito determinarla per mezzo della "costruzione", partendo dall'onda sinusoidale ed agendo con una mentalità totalmente strutturalista. Queste impostazioni opposte, e in un certo senso complementari di Colonia e Parigi, sono presenti negli studi che sorgono negli anni successivi in Europa e nel mondo, trovando spesso anche un giusto equilibrio e un naturale sviluppo.

In questi anni il compositore lavora artigianalmente operando soprattutto con i magnetofoni, mediante tagli di nastro, sovrapposizioni di eventi sonori con successivi missaggi, variazioni di velocità dello scorrimento del nastro, ecc. Gli elettronici puri ottengono il materiale sonoro da pochi generatori di forme d'onda o dal rumore bianco.

I concretisti lo ottengono soprattutto mediante registrazione con microfono. In generale manca un sistema di notazione musicale in quanto non è necessario eseguire più volte l'opera, fissata una volta per tutte su nastro magnetico. Ciò che Edgar Varese auspicava nel 1922, "Il compositore ed il tecnico dovranno lavorare insieme", finalmente si realizza.

Negli anni '50 inizia una ricerca interdisciplinare sia nel campo degli strumenti elettronici che nel campo della percezione e dell'acustica e sono dominati da un clima di entusiasmo avveniristico: il superamento dello strumento meccanico e dei suoi condizionamenti storici; l'apertura di infiniti campi di indagine non più limitati dalle dodici note del sistema temperato; il contatto diretto del compositore con il materiale sonoro; l'eliminazione - almeno teorica - dell'esecutore e della trasmissione del pensiero musicale attraverso un metalinguaggio quale la partitura; la fiducia nella tecnologia, nella matematica, nella logica e nella scienza in genere.

Superato l'entusiasmo iniziale, molti compositori si rendono conto che le infinite possibilità teoriche offerte dai mezzi elettronici sono notevolmente ridotte in fase di realizzazione pratica e che certe costruzioni formali non sono assolutamente percepite da orecchi viziati da secoli di musica acustica.

Le apparecchiature usate sono poco docili alla volontà del musicista in quanto costruite per altre applicazioni, e la mole di lavoro richiesta per la realizzazione dell'opera molto spesso non viene ripagata dal risultato finale.

Va aggiunto che il compositore si muove su un terreno a lui sconosciuto, come d'altra parte il pubblico non trova la chiave di lettura delle opere proposte, limitandosi spesso all'ascolto degli aspetti più eclatanti e marginali.

1.4.2 Dagli automatismi al sintetizzatore

Assistiamo così negli anni '60 ad un lento ma graduale processo di integrazione fra musica elettronica e musica strumentale ed allo sviluppo della cosiddetta musica mista caratterizzata da composizioni per strumenti e na-

stro magnetico, oppure con elaborazioni dal vivo dei suoni acustici per mezzo di apparecchiature elettroniche.

Anche composizioni per un organico tradizionale risultano influenzate dalle esperienze elettroniche e dall'approfondimento teorico sui processi musicali che ne è seguito.

Coloro che rifiutano questo ritorno al “meccanico” si dedicano ad uno studio sistematico delle possibilità offerte dai mezzi elettronici, inventando nuove tecniche compositive e perfezionando quelle già in uso. Un'innovazione tecnologica di enorme importanza si affianca alle possibilità operative già esistenti: il voltage control che apre la strada ai processi automatici di generazione dei suoni.



Figura 1.8 ◇ Sintetizzatore

Nascono i primi sintetizzatori che tendono a raggruppare le principali apparecchiature di uno Studio in un unico strumento. Se da un lato il sintetizzatore si è rivelato essere riduttivo rispetto agli insiemi di apparecchiature specializzate, dall'altro, per le sue caratteristiche di trasportabilità ed i costi relativamente contenuti, ha permesso sia il sorgere di laboratori privati sia l'esecuzione dal vivo e quindi un'interazione più diretta con il pubblico. Grazie a tali peculiarità, il sintetizzatore viene utilizzato anche dal mondo

della musica jazz e pop condizionandone pesantemente l'evoluzione, tanto che la produzione industriale dei successivi modelli viene sempre più orientata verso la simulazione degli strumenti tradizionali acustici ovvero integrando nell'organo elettronico i più eclatanti effetti speciali.

1.4.3 La musica elettroacustica

Negli anni '60 le vecchie diatribe fra musicisti "concreti" e puristi "elettronici" sono già abbondantemente superate ed il termine più appropriato per identificare la musica prodotta utilizzando sia materiali acustici che sintetici sembra essere quello di musica elettroacustica.

Quando viene prodotta in studio, ossia in tempo differito, si sopprime alla mancanza del rapporto esecutore-pubblico inventando altre forme di spettacolo o di applicazione. Pur rimanendo sempre valida l'ideologia che poneva il mezzo radiofonico come veicolo privilegiato per la diffusione di massa della musica creata in laboratorio, aumentano i rapporti con le forme artistiche della visione, quali film e video; con il teatro ed il balletto; si compongono musiche per la sonorizzazione di specifici spazi architettonici, si inventano forme di spettacolo concettuale con i suoni e viene recuperato il vecchio legame fra musica e poesia anche se trasformato completamente sotto l'aspetto fonologico.

1.4.4 L'elaboratore elettronico

Sotto il profilo storico l'elaboratore viene utilizzato in musica ancora negli anni '50 in un campo che è molto più vicino all'intelligenza artificiale che alla liuteria elettronica. Le prime ricerche, infatti, non mirano alla produzione dei suoni bensì alla generazione automatica di partiture eseguibili dagli strumenti tradizionali. Infatti il computer, grazie alle sue capacità logiche di elaborazione dell'informazione, può immagazzinare regole musicali e "comporre" in maniera automatica seguendo, in genere, metodi aleatori.

Nasce così la musica stocastica e si sviluppano le ricerche nella direzione

della composizione automatica. Parallelamente si studia come rappresentare il suono in forma numerica ed avvalersi dell'elaboratore nella generazione sintetica di fenomeni acustici. Verso la fine degli anni '60 il computer diventa uno strumento musicale molto versatile in grado di produrre qualsiasi sonorità che potesse venire descritta in termini formali.

Cambia completamente il modo di pensare e di realizzare la musica e si inizia un serio lavoro di ricerca su basi scientifiche coinvolgendo parecchie discipline quali la fisica acustica, la psicoacustica, la matematica, la scienza dell'informazione, l'elettronica digitale, ecc. Se per i pionieri della musica elettronica le sedi di sperimentazione erano gli studi radiofonici, i ricercatori di computer music lavorano nei centri di calcolo e nei laboratori di ricerca universitari.

All'approccio artigianale delle prime esecuzioni con i mezzi analogici si contrappone ora la rigorosa metodologia imposta dall'elaboratore, per cui i compositori ricominciano a scrivere la musica attraverso una partitura, anche se completamente diversa da quella tradizionale.

1.4.5 Il live electronics

La musica generata mediante computer con le tecnologie degli anni '70 doveva essere necessariamente registrata su nastro magnetico per l'ascolto in pubblico, in quanto gli elaboratori utilizzati erano di grosse dimensioni e in trasportabili. Questo entrava in conflitto con le esigenze dello spettacolo musicale e riportava la computer music nella stessa dimensione esecutiva della musica elettronica degli anni '50.

Di conseguenza, se le potenzialità foniche dei mezzi digitali erano enormemente superiori a quelle della precedente generazione analogica, per molti compositori l'ascolto di lavori per solo nastro non era assolutamente soddisfacente mentre l'esecuzione di musiche miste, per strumenti e nastro, restava vincolata dalla tirannia temporale del supporto magnetico.

Il live-electronics, invece, consente all'esecutore tradizionale di interagire

con il mezzo elettronico durante l'esecuzione stessa per cui il suono acustico e la sua immediata trasformazione elettroacustica diventano la base della composizione musicale. L'esecutore, o il cantante, si trova a suonare uno strumento completamente nuovo, composto dalla parte tradizionale e dalla estensione elettronica la quale può variare notevolmente, anche nel corso dell'esecuzione, in dipendenza dal processo di elaborazione effettuato.

Viene richiesta quindi una nuova sensibilità musicale tipicamente basata sull'ascolto e sulla capacità di trasformare la prassi esecutiva in relazione al contesto elettronico.

I sistemi tecnologici utilizzati nel live-electronics sono chiamati sistemi ibridi in quanto utilizzano apparecchiature elettroniche analogiche controllate mediante processori numerici. Generalmente la parte analogica effettua le operazioni di trasformazione, miscelazione, amplificazione e diffusione dei segnali acustici mentre la parte digitale svolge le azioni di collegamento fra le varie apparecchiature e le variazioni automatiche di taluni parametri di controllo dei dispositivi di trattamento del suono.

Nelle esecuzioni dal vivo è di fondamentale importanza la regia del suono che sovrintende l'esecuzione e tutti i processi di elaborazione e spazializzazione dei suoni.

1.4.6 Musica informatica in tempo reale

Grazie al progresso della tecnologia digitale, verso la fine degli anni '70 molte funzioni che potevano essere realizzate con i sistemi ibridi visti in precedenza possono ora essere effettuate per via numerica utilizzando particolari computer appositamente progettati per la composizione e l'esecuzione della musica in tempo reale. Si può così ottenere in tempo reale ciò che con gli elaboratori in tempo differito richiedeva un tempo d'attesa più o meno lungo, e, per di più, si può intervenire direttamente sul suono nel momento stesso in cui viene generato ovvero sulla trasformazione di eventi acustici esterni.

In altre parole si può pensare la musica senza l'intermediazione del nastro

magnetico e/o le limitazioni del mezzo analogico, sfruttando, parallelamente, le possibilità del live-electronics, della generazione numerica del suono e della intelligenza artificiale in un ambiente compositivo/esecutivo integrato. Ovviamente questo è il campo di ricerca dei nostri giorni e molti compositori si stanno muovendo in questa direzione. Forse è troppo presto per dire se questa è la strada del futuro, sicuramente è quella dell'oggi.

1.5 Robot Music

Quando si sente la parola robot, probabilmente si pensa a robot industriali, o magari a quelli dei film di fantascienza, ma non è questo il caso. Si tratta più di un discorso legato alle ultime scoperte sull'intelligenza artificiale e in questo caso alle sue applicazioni all'hardware, applicate a robot che suonano strumenti con gestualità umana, e in particolare al tipo umanoide di robot che contiene sensori e programmazioni avanzate che gli consentono di controllarsi automaticamente.

È diverso dal robot-schiavo in una fabbrica, questi robot potrebbero essere considerati dei veri e propri collaboratori degli umani, nel caso specifico dei musicisti.

Quanto avviene nella Robotic Music non è solo un vantaggio artistico ma ha anche un profondo aspetto di ricerca. Di seguito riporto alcune interviste di Suguru Goto.

Nel momento in cui lavori per la maggior parte con un partner che si muove con la gestualità di un musicista, puoi scoprire come un gesto umano contenga movimenti complessi, sebbene possano a volte sembrare semplici. Ad esempio il colpire uno strumento a percussione: un musicista sa come suonare uno strumento, ma trova maggiore difficoltà a spiegare esattamente come controlla ogni parte dei suoi muscoli e in che misura aumenta o riduce istintivamente la velocità e l'intensità in un solo istante.

1.5.1 L'esperienza di Suguru Goto

Suguru Goto è compositore, inventore e artista multimediale ed è considerato il portavoce di una nuova generazione di compositori giapponesi maggiormente legati alla sperimentazione tecnica in campo artistico e all'estensione delle potenzialità artistiche esistenti nel rapporto uomo (creatore) - robot (compositore).

Una rapida visita al suo sito mette immediatamente in evidenza il lavoro di Suguru Goto, per le meno nei suoi 3 capisaldi che sono il SuperPalm (esempio di performance con un virtual musical instrument), il BodySuite (strumento di sensori per l'interazione tra movimenti del corpo, audio generato e immagini) e infine il Robot Music [17]. Nei suoi lavori più recenti le nuove tecnologie si mescolano in performance sperimentali; lui ha inventato quelli che vengono definiti gli strumenti musicali virtuali, in grado di creare un'interfaccia per la comunicazione tra la gestualità umana ed il computer, dove il suono e l'immagine video sono controllati da strumenti musicali virtuali, attraverso i computer in tempo reale.



Figura 1.9 ◇ Suguru Goto

1.5.2 I robot superano gli umani

Limiti fisici umani possono essere facilmente sorpassati dalla capacità dei robot che sono più veloci, più resistenti, più accurati. Tuttavia non si parla solo di capacità, nella musica c'è molto di più.

Se io mi occupassi solo di questo, non vedrei altri aspetti della musica: però è vero che i robot possono portare altri contributi alla musica, cose mai sperimentate prima.

Il principale vantaggio della RoboticMusic è quello di suonare interattivamente uno strumento acustico con l'ausilio di un computer. Non c'è nessuna difficoltà ad eseguire ritmi complessi con risultati facilmente superiori all'esecuzione umana e questo apre nuove possibilità all'interno della composizione per strumenti acustici. Inoltre, per quanto riguarda il suono acustico, mentre il computer non ha molte possibilità nella generazione di un suono, uno strumento acustico ha una sonorità ricca ed enormi possibilità di espressione, specialmente dal punto di vista del compositore.

Quando lo strumento è suonato su un palco, la vasta gamma delle possibilità dell'aspetto acustico sono scontate se paragonate al suono che esce dagli altoparlanti. Infine, essere bravi con uno strumento è un compito enorme per un musicista, ma suonare insieme ad altri in un'orchestra è un'ulteriore difficoltà; con cinque robot si possono ampliare le possibilità di un'orchestra. Per esempio, la RoboticMusic consente l'impiego di 5 diversi tempos contemporaneamente, perfettamente sincronizzati con la musica.

1.5.3 L'aspetto emozionale

Prima di entrare nel vivo del discorso, è meglio chiarire cosa si intende per emozione e che cosa è l'emozione nella musica. Se non ci occupiamo solo delle forme espressive, troveremo molti aspetti nella musica, come sentimenti, percezione, memoria, spazio, tempo, stati di coscienza ed incoscienza, interazione, immagini e parole; i musicisti e il pubblico danno un contesto a ciò che comprendono e sono liberi di provare qualcosa. La musica non ti forza a

Figura 1.10 ◇ **Robot Music**

provare qualcosa, è importante che ogni individuo abbia la propria percezione mentre vive l'esperienza.

Figura 1.11 ◇ **Robot Music**

1.5.4 La sincronizzazione

La perfetta sincronizzazione è uno dei termini dell'interazione, ma è una questione tecnica più che di percezione. Nel mio caso, il video interattivo non intende esprimere alcun significato particolare, esiste in parallelo con il suono. Può portare un altro livello di percezione interattiva tra l'elemento visuale e l'esperienza del pubblico.

La relazione tra il gesto e l'interazione può essere cambiata in modo flessibile nel corso dell'esecuzione e di conseguenza la percezione dell'interattività integrata in un contesto musicale. Non c'è solo questo livello di percezione astratta tra i gesti e le loro corrispondenze audio-video, ma c'è anche un approccio creativo al fatto che le azioni fisiche possono essere interpretate nel mondo digitale.



Figura 1.12 ◇ Robot Music

1.5.5 Progetti futuri

Il progetto è solo all'inizio. Sto lavorando con un robot-strumento, un ottone e lavorerò con i flauti in legno e gli strumenti a corda in futuro.

Il progetto complessivo è rivolto a formare un'orchestra. Queste possibilità tecniche e aspetti estetici hanno creato nuove potenzialità, anche se

questo non è il mio obiettivo primario: il fatto di interagire con questo sistema e creare un nuovo linguaggio e la sua relativa percezione sono gli obiettivi più importanti per una composizione.

1.6 Conclusioni

“Non è la nuova tecnologia che di per sé crea nuovo pensiero”. Non si può negare che esista un aspetto “ludico” delle nuove tecnologie, e che la sperimentazione degli strumenti sia operazione legittima. Anche di un libro apprezziamo la struttura fisica, ci piace toccarlo, sfogliarlo casualmente, annusarlo. Le persone vanno certamente rese in grado di prendere confidenza con le modalità delle nuove tecnologie e delle varie modalità di comunicazione. Ma attenzione a non aspettarsi risultati automaticamente miracolosi in termini di apprendimento e di crescita culturale.

Capitolo 2

Elementi di base della musica

I generi musicali sono categorie entro le quali vengono raggruppate, indipendentemente dalla loro forma, composizioni musicali aventi caratteristiche generali comuni, quali l'organico strumentale, il destinatario e il contesto in cui sono eseguite.

Purtroppo non esiste un parere obiettivo sulla musica, in quanto non posso dire “quello è bello, quello è brutto”, poichè tutto dipende da dove ci troviamo. Il primo esempio che mi viene in mente, le sonorità americane o inglesi saranno del tutto differenti da quelle cinesi; sia negli strumenti che nell'armonia e nella melodia. L'orecchio è abituato sin da piccolo ad ascoltare alcuni suoni invece di altri, quindi un bambino africano crescerà col ritmo ben diverso rispetto ad un bambino russo.

Tutto ciò è alla base dei diversi (centinaia) generi musicali che esistono al mondo.

2.1 Il problema della classificazione in generi

Il grado di omogenità formale e stilistica di tali raggruppamenti è molto variabile e diviene addirittura nullo nel caso di generi con alle spalle una lunga storia, quali la musica sinfonica o l'opera lirica. La loro identità si fonda piuttosto sul contesto sociale e ambientale a cui le composizioni sono

destinate (il teatro, la sala da concerto, la discoteca, la strada, la sala da ballo, la chiesa, il salotto) e sulle diverse modalità con cui la musica si coniuga di volta in volta ad altre forme di spettacolo, arte o letteratura, quali il teatro, l'immagine, la poesia, il racconto.

A conferma dello stretto legame che intercorre tra genere musicale, ricezione e fruizione, negli ultimi decenni l'industria discografica ha spesso preferito, per ragioni commerciali, inquadrare gli interpreti entro singoli generi.

2.2 Le origini della musica

Brevemente descriverò i generi musicali dalle origini. Anche perchè la musica classica è stata parte fondante della mia cultura musicale, avendola studiata dai 9 ai 19 anni negli studi di conservatorio. Ho un bel ricordo e tutt'ora l'ascolto molto volentieri.

2.2.1 Black music

Per musica afro-americana (chiamata anche black music, e un tempo nota come race music) si intende un termine generico usato per una varietà di generi musicali derivanti o influenzati dalla cultura degli afro-americani, che per molto tempo sono stati una grande minoranza etnica della popolazione degli Stati Uniti.

Questi vennero originariamente portati nel Nord America come schiavi nelle piantagioni di cotone, portando con sè tipiche canzoni polifoniche da centinaia di gruppi etnici dell'Africa occidentale e sub-Sahariana.

Negli Stati Uniti, le varie tradizioni culturali si unirono con le influenze della polka, dei valzer e di altra musica europea. In periodi successivi vi furono molte innovazioni e cambiamenti e, nel XXI secolo, i generi afro-americani sono divenuti tra i più importanti e più seguiti di tutta la scena musicale.

2.2.2 Musica popolare e Musica etnica

L'unificazione dei due sovrageri deve essere considerata una semplificazione di una realtà molto complessa e soggetta a punti di vista non facilmente conciliabili.

Da una parte è vero che il concetto di musica etnica nasce per compensare il disinteresse della cultura musicale occidentale verso tutta la musica non destinata a contesti sociali alti o estranea all'area geografica dell'Europa centrale, e che di conseguenza non tutta la musica etnica si può considerare popolare. Dall'altra, a partire dal XX secolo, la musica popolare acquista per lo più un'importanza commerciale che ne fa qualcosa di sostanzialmente diverso, e tuttavia tende spesso ad assorbire ed inglobare elementi propri della musica etnica.

2.2.3 Musica classica

In etimologia, classico significa che serve da modello, che pone le basi. Nel linguaggio comune il termine musica classica indica tutta la musica colta europea che si sviluppa fino ai giorni nostri.

I confini della categoria sono tuttavia imprecisi e opinabili, in quanto il marchio di classicità è in genere assegnato dai posteri e non riflette che in rari casi il punto di vista dei contemporanei e degli stessi compositori.

Per periodo classico si definisce invece, in modo preciso, quella stagione creativa della musica colta mitteleuropea che va dalla seconda metà del Settecento ai primi anni dell'Ottocento e che viene indicata col termine di classicismo viennese, in quanto sviluppata intorno alla capitale austriaca. I suoi protagonisti furono Haydn, Mozart, Beethoven, compositore considerato di passaggio al periodo romantico, i cui principali esponenti sono Schubert, Robert Schumann, Chopin, Liszt, Richard Wagner, Johannes Brahms ed Hector Berlioz.

2.2.4 Jazz

Il jazz (termine di origine incerta) è un genere di musica caratterizzato dalla improvvisazione, da una grande espressività, e anche da un certo virtuosismo strumentale, che nacque tra la fine dell'800 e gli inizi del '900 nel Sud degli Stati Uniti, a New Orleans, dall'incontro delle tradizioni musicali, specialmente ritmiche, portate dagli schiavi dell'Africa occidentale, con le varie forme della musica europea.

Percussionismo africano, ragtime pianistico di derivazione euro-americana, canto blues dei neri, spiritual delle chiese protestanti, canti e richiami di lavoro, musica europea per banda militare, perfino echi dell'opera lirica, sono i più importanti elementi che hanno contribuito a questa fortuita e geniale sintesi artistica. Per questo è inesatto e impreciso chiamarlo solo musica afro-americana: non lo distinguerebbe dalle tante altre musiche afro-americane.

2.3 I nuovi generi musicali e la loro classificazione

In anni recenti, alcuni generi musicali, universalmente riconosciuti come tali ma ancora non soggetti ad importanti trasformazioni storiche, sono stati classificati in base ad un insieme di criteri di tipo diverso, quali le forme musicali, le sonorità caratteristiche, gli stili, gli strumenti impiegati, i temi trattati nei testi letterari eventualmente abbinati alla musica e, talvolta, i collegamenti e le contaminazioni con generi musicali antecedenti o con tradizioni musicali provenienti da aree geografiche diverse.

La combinazione di tutti questi fattori definisce sinteticamente l'identità del genere musicale, rendendolo riconoscibile ai suoi fruitori abituali.

Analizziamo ora brevemente alcuni generi, ricordando anche:

- Musica sperimentale.

- Musica minimalista.
- Musica puntillista.
- Musica arcaicizzante.
- Musica da film.

2.3.1 Musica pop

Il termine musica pop (pop music) o semplicemente pop, era originariamente inteso come abbreviazione di musica popolare (popular music) e veniva usato in senso molto ampio per riferirsi all'intero corpus della musica "leggera" occidentale, in contrapposizione alla tradizione colta di generi come il jazz, il gospel, il blues o la musica classica.

Ai tempi dei Beatles, per esempio, pop era essenzialmente sinonimo di rock'n'roll. In seguito al frammentarsi della musica "pop" in numerosi sottogeneri, dal rock al funk all'hip hop e via dicendo, l'uso dell'espressione musica pop in questo senso ampio è andato via via perdendosi. Oggi, l'espressione musica pop viene quasi sistematicamente usata per indicare la musica spiccatamente "commerciale".

Inteso in quest'ultimo senso, il pop è caratterizzato da melodie semplici e facili da ricordare, ritornelli accattivanti, e altri "ganci" (hook) volti a catturare immediatamente l'attenzione dell'ascoltatore occasionale.

L'obiettivo di un brano pop è quello di essere facilmente accessibile a tutti, a prescindere da qualsiasi tipo di cultura musicale; fatto di particolare importanza se si pensa che il target tipico della musica pop sono i teenager.

2.3.2 Rock

Il rock and roll (scritto anche rock'n'roll, RR) è un genere di musica nato negli Stati Uniti negli anni '50 e in seguito diffusosi rapidamente in tutto il mondo. In Italia, le prime manifestazioni di un RR autoctono si hanno con

la hit “Coccinella” di Ghigo Agosti, da molti considerato il padre del rock italiano.

Letteralmente, “rock and roll” può essere tradotto con “ondeggia e ruota”; il rock’n’roll nacque infatti innanzitutto come “musica da ballare”, con uno stile specifico di danza derivata dal boogie-woogie, ballo di origine afro-americana molto diffuso nell’immediato dopoguerra.

Dal rock’n’roll derivano una grande quantità di sottogeneri, oggi spesso indicati con l’espressione abbreviata rock. Nel periodo in cui si affermò questa dizione abbreviata furono sviluppati alcuni sottogeneri del rock’n’roll che enfatizzavano gli aspetti aggressivi del rock’n’roll originario. In questo contesto, la parola “rock” iniziò a essere implicitamente letta anche col significato di “roccia”, in espressioni come “hard rock” (“rock duro”, “duro come roccia”). Quando “rock” e “rock’n’roll” non si considerano sinonimi, la seconda espressione viene generalmente intesa come indicativa della forma originaria di questo genere di musica, rappresentata dagli artisti che la svilupparono negli anni ’50 e ’60.

2.3.3 Punk

Punk è un termine inglese (che come aggettivo significa di scarsa qualità, da due soldi) nato per identificare una subcultura giovanile emersa nel Regno Unito e negli U.S.A. a metà degli ’70. Questo movimento giovanile si distingueva per atteggiamenti nichilisti e abbigliamenti non convenzionali e provocatori.

La storia molto complessa del movimento punk ha influenzato numerose forme d’arte e aspetti culturali in genere, dalla musica alla letteratura, dalle arti visive alla moda.

La cultura punk originale deriva da movimenti e correnti ideologiche quali il dadaismo, il situazionismo e l’anarchismo inteso come disordine e mancanza di schemi. Risulta impossibile però collocare l’“ideologia” punk odierna in un’unica corrente di pensiero, dato che il movimento si è suddiviso in un

infinità di diverse classificazioni, che vanno dall'anarchismo al comunismo fino al nazismo, oppure semplicemente la neutra apoliticità.

2.3.4 Metal

L'heavy metal (letteralmente ferraglia, spesso abbreviato in metal) è un genere musicale derivato dall'hard rock e caratterizzato da ritmi fortemente aggressivi, e da un suono potente ottenuto attraverso un'enfaticizzata amplificazione e distorsione delle chitarre, dei bassi, e a volte persino delle voci.

I temi musicali esplorati nelle sue sonorità, sono spesso definiti come onirici, rabbiosi, violenti o tetri.

2.3.5 Dark / Gothic

È arduo definire con precisione questo genere, universalmente riconosciuto come "gothic", in Italia invece chiamato soprattutto "dark".

Di questa tendenza musicale (e ovviamente non solo musicale) fanno parte anche gruppi di successo come Depeche Mode, The Cure, un po' alla lontana anche i Placebo. Per Dark si intende qualsiasi tipo di musica che trasmetta tristezza, depressione, malinconia, ma questo è riferito soprattutto alla New Wave e al "classico" gothic, mentre il dark moderno con le sue nuove evoluzioni tende a mischiarsi molto con il punk, con l'Elettronica e con altri generi musicali, diventando un genere decisamente ampio e dai confini indefinibili.

2.3.6 Musica New Age

La musica New Age è un termine generico per definire uno stile musicale nato negli Stati Uniti alla fine degli anni '70 e caratterizzato dall'assenza di ritmo e dal carattere meditativo, lineare e ciclico dei brani, che consentono un ascolto rilassato e poco coinvolgente dal punto di vista emotivo.

Il genere si afferma all'inizio degli anni '80 dall'incontro della musica

Ambient di Brian Eno, Robert Fripp, Harold Budd, Jon Hassell, e della Kosmische Musik dei Tangerine Dream, Ash Ra Tempel, Holger Czukay e Cluster con musiche, stili e temi di carattere etnico a sfondo genericamente spirituale, incorporando elementi del jazz di avanguardia di alcuni artisti dell'etichetta discografica ECM.

La produzione di musica New Age è comunque strettamente connessa con la diffusione delle filosofie orientali che avviene durante gli anni Ottanta: la richiesta, da parte di maestri e terapeuti, di musica rilassante e suggestiva di facile ascolto ha caratterizzato questo genere dalla programmatica assenza di ogni forma di sperimentazione musicale, nonostante tra i “padri fondatori” della musica New Age vi siano importanti musicisti contemporanei.

2.3.7 Musica elettronica

Per musica elettronica si intende, in termini generali, la musica prodotta con strumentazione elettronica. Poichè gran parte della musica contemporanea è registrata, suonata, e scritta con l'ausilio di equipaggiamenti elettronici (sequencer hardware e software), l'espressione si applica in modo più appropriato a quei generi e a quelle opere musicali in cui l'elettronica non costituisce semplicemente un mezzo utilizzato nel processo di creazione di una registrazione di un brano musicale, ma è viceversa intrinseca alla natura stessa del brano stesso, come nel caso di incisioni dominate da sintetizzatori (hardware o software), campionatori, drum machine e così via.

Anche usata in questo senso specifico, l'espressione musica elettronica si può applicare a opere e artisti con intenti musicali estremamente diversi: dall'art rock elettronico dei Tangerine Dream e dei Kraftwerk, vicini al rock progressivo e alla musica new age.

I posti nei quali è maggiormente diffusa la musica elettronica sono discoteche, club e locali a tema. Spesso la musica elettronica viene definita più generalmente come musica dance, generalizzazione collegata all'accostamento che spesso si fa di “musica elettronica = musica da discoteca” ma mai

definizione avrebbe potuto essere più erronea. Infatti la musica elettronica comprende tutti i generi di musica composti con strumentazioni elettroniche, quindi non solo generi “da ballo” come la dance, ma anche generi da ascolto come può essere la chill-out, generi più o meno melodici come la trance e la house, generi più cattivi e decisi come la hardstyle. Per avere un'idea degli innumerevoli generi elettronici basta osservare la lista sottostante.

È altresì vero però che spesso generalizzare la musica elettronica a generi più conosciuti riesce a portare al successo artisti che producono musica elettronica meno commerciale e più elaborata e che se non fosse per queste generalizzazioni non avrebbero il successo vastissimo che invece hanno.

Ma è un errore mettere in un unico calderone l'enorme varietà di generi che la musica elettronica contiene al suo interno, poichè spesso un genere elettronico ha una sua storia particolare legata alle innumerevoli sottoculture “groove” e “underground” del mondo contemporaneo. Spesso per capire un determinato genere di musica elettronica, il perchè sia costituito in quel modo e abbia quelle determinate caratteristiche, è necessario addentrarsi nel retroterra che l'ha generato.

2.3.8 Ska

La musica ska nasce in Giamaica verso la fine degli anni '50: è una sorta di miscuglio tra Rhythm and Blues, Mento, Calypso e Soul.

Fu il precursore del reggae, e come esso caratterizzato da un ritmo con accenti sul levare della battuta musicale (“offbeat”). Il nome di questo genere fu coniato da Clue J (Cluett Johnson), bassista dei Blues Blasters, che consigliava ai chitarristi del gruppo di far fare alle loro chitarre uno “ska-ska-ska”; secondo Clue J, infatti, “ska” è l'onomatopea del rumore che fa la chitarra quando le si leva l'operato. In poche parole, a differenza del rock, lo Ska Original predilige le note semplici della chitarra rispetto alle sue svariate distorsioni, questa fase venne chiamata “First Wave Of Ska”.

Per via delle caldissime estati giamaicane, secondo alcune ipotesi, il ritmo

dello ska fu in seguito rallentato e trasformato in rocksteady e reggae. Lo ska dopo questa trasformazione ebbe un momento di declino, ma alla fine degli anni '70 tornò ad essere molto ascoltato (2 Tone Ska), e durante questo periodo fu contaminato dal Rock, e Punk rock, questa fase viene detta Second Wave of Ska. Seguirono poi altre versioni più recenti, come lo Ska Punk, o Ska contaminato da forme di rock più pesanti, queste forme sono invece comprese nella Third Wave of Ska.

2.4 Teoria musicale

Introdurrò qui alcuni termini e concetti generali che riguardano la teoria musicale poichè nel capitolo 4 sono termini di uso frequente.

2.4.1 Nota

La nota musicale [18, 19, 61] è il segno con cui si rappresentano i suoni usati nella musica ed è il fondamento base su cui essa si articola. Le note rappresentano le lettere dell'alfabeto musicale. Quando sono scritte sul pentagramma, sono rappresentate da pallini o cerchietti ovali; quando sono espresse musicalmente sono dei suoni emessi da strumenti o dalla voce umana.



Figura 2.1 $\diamond$ Nota musicale

2.4.2 Melodia

Nella teoria musicale la melodia [18, 19, 61] dal greco cantare è una successione di suoni di differente altezza la cui struttura genera una figura musicale di

senso compiuto e costituisce uno dei parametri fondamentali del linguaggio musicale occidentale. Nella storia della musica il termine melodia ha assunto anche il significato di breve composizione da camera per voce e accompagnamento strumentale coltivata nella Francia soprattutto nell'800 e affine alla romana italiana



Figura 2.2 ◇ Melodia musicale

2.4.3 Intervallo

L'intervallo è la distanza che vi è tra un suono e l'altro. Spesso viene detto grado, ad esempio il 7° grado indica la distanza dalla prima nota della scala in questione; il settimo grado di Do è Si.

2.4.4 Accordo

Si definisce accordo la sovrapposizione eufonica di tre o più suoni ad intervallo di terza maggiore o minore, a partire da uno dei suoni di una tonalità

prefissata che verrà poi detto suono o basso fondamentale.

A seconda del numero di note delle quali è formato, un accordo si dirà:

- 2 suoni - Diade o Accordo di Terza (viene considerato una triade incompleta).
- 3 suoni - Triade o Accordo di quinta.
- 4 suoni - Quadriade o Accordo di settima.
- 5 suoni - Quintiade o Accordo di nona.
- 6 suoni - Sestiade o Accordo di undicesima.
- 7 suoni - Settiade o Eptiade o Accordo di tredicesima.

Due suoni sovrapposti vengono definiti bicordo e generalmente non vengono considerati come un accordo.



Figura 2.3 ◇ **Accordo o triade**

2.4.5 Armonia

Col nome di armonia [18, 19, 26, 61] si indica il ramo della teoria musicale che studia la concatenazione degli accordi e la loro funzione all'interno della tonalità.

The figure displays three systems of musical notation, each consisting of a treble, alto, and bass staff. The music is written in a key with three flats (B-flat, E-flat, and A-flat). The first system starts at measure 17 and includes chords G7 (V), Cm7 (I), and Abmaj7 (VI). A dashed line indicates a key change to C minor key. The second system starts at measure 21 and includes chords Abmaj7 (VI), Bb7 (V), Ebmaj7 (I), and Cm7 (VI). A dashed line indicates a key change to Eb key. The third system starts at measure 25 and includes chords Abmaj7 (IV), Bb7 (V), and Ebmaj7 (I). The notation includes various musical symbols such as notes, rests, and triplets.

Figura 2.4 ◇ Armonia

2.4.6 Pitch shift

In musica, il Pitch shift è la variazione di frequenza della nota musicale, ridotta o abbassata di una certa quantità. L'effetto può essere banalmente riprodotto con un elastico teso fra le mani e pizzicato. Se durante la vibrazione l'elastico viene ulteriormente allungato, il suono prodotto diverrà pi

acuto; se esso viene rilasciato, il suono diverrà più grave.

Ad esempio, con una chitarra, si può ottenere un pitch shift verso l'alto stirando la corda pizzicata, usando un'apposita leva oppure scorrendo il dito che ha pizzicato la corda sulla tastiera, ortogonale alla corda stessa.

2.4.7 Contrappunto

Il contrappunto è l'arte di combinare insieme più linee melodiche secondo determinati rapporti intervallari. Il termine deriva dal latino *punctum contra punctum*, ovvero nota contro nota (*punctum* è il termine in latino medievale equivalente al nostro termine “nota”).

L'espressione si riferisce alla pratica di contrapporre ad un *cantus firmus*, cioè ad una voce avente una melodia tratta dal canto gregoriano ed esposta a valori larghi, una nuova melodia, secondo regole che si andarono sviluppando via via nel corso della storia della musica e che giunsero a maturazione nel 1600. La nuova melodia era creata con un'idea imitativa, ovvero doveva avere caratteristiche (in genere l'incipit) che ricordassero il *cantus firmus*.

Nel contrappunto l'effetto di accordo dato dall'incontrarsi delle diverse voci è considerato incidentale.

In realtà il contrappunto si concentra sull'interazione melodica piuttosto che sull'effetto armonico (quest'ultimo doveva essere garantito dal rispetto di alcune regole di base).

La polifonia, a partire dall'*Ars Antiqua* in avanti, si corredò via via di consigli, più che di regole, seguendo i quali si poteva dar vita ad una composizione veramente polifonica, nel senso che tutte le voci dovevano essere assolutamente indipendenti l'una dall'altra. In questo senso nel corso del XVI secolo i compositori toccarono il vertice di questa concezione, fornendo il modello per le generazioni successive. L'uso sapiente e misurato degli artifici contrappuntistici è riassumibile a titolo di esempio nelle opere di Palestrina, Marenzio e Orlando di Lasso.

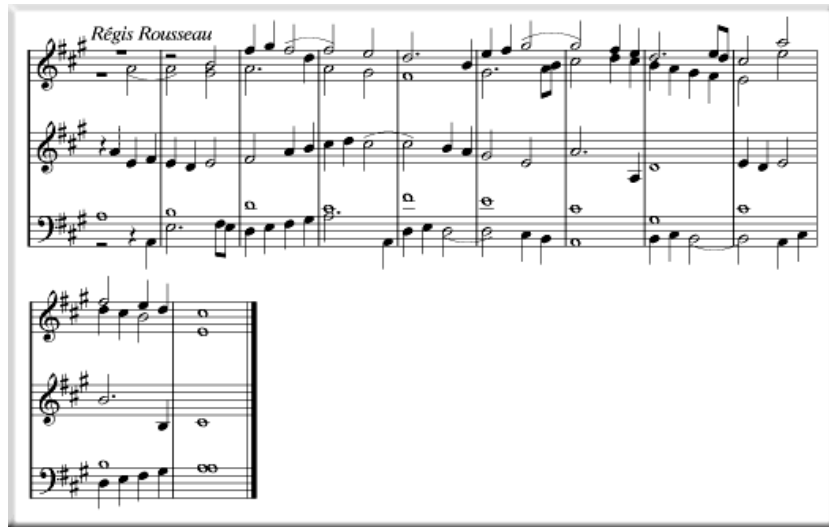


Figura 2.5 ◇ Esempio di contrappunto

Esempio magistrale dell'uso del contrappunto in epoca barocca può essere considerata anche tutta l'opera di Johann Sebastian Bach.



Figura 2.6 ◇ Sebastian Bach

Nel 1725 fu pubblicato a Vienna il celeberrimo trattato a dialogo *Gradus ad Parnassum* del teorico e compositore austriaco Johann Joseph Fux. Quest'opera ebbe ampi riconoscimenti tra i contemporanei di Fux e fu utilizzata come trattato fondamentale per l'apprendistato dei compositori delle generazioni successive. Il merito di Fux risiede nella sua capacità di aver saputo codificare nel modo più sistematico le basilari tecniche contrappuntistiche ripartendole in varie fasi (le cosiddette *species*) che procedono progressivamente dal semplice al complesso.

2.4.8 Ritmo

Il ritmo [18, 19, 61] è il susseguirsi di una serie di accenti con una periodica regolarità. Esso è basato sulla suddivisione del tempo in forme e misure variabili, talvolta regolari e simmetriche altre volte irregolari e asimmetriche.

Il variare dell'ordinamento ritmico, come detto prima, è provocato dal variare degli accenti. Per accento si intende il maggior rilievo che alcuni suoni hanno rispetto ad altri nell'ambito di una melodia, di un brano, di una frase musicale. Quindi si può affermare che la disposizione degli accenti provoca quella sensazione che viene chiamata ritmo. Così nell'ambito di un ritmo ci saranno dei suoni in rilievo e altri meno che si possono distinguere in accenti forti e accenti deboli.

Come detto prima si intende accento la maggiore intensità di forza che si dà a un suono per avere diversi ritmi ma l'accento può essere anche usato per ottenere diversi effetti espressivi. L'accento quindi si diversifica in diversi tipi: metrico, ritmico, dinamico, agogico, melodico o patetico.

2.4.9 Tempo

In musica la parola Tempo [18, 19, 61] può assumere diversi significati a seconda del contesto in cui viene usata.

- Il tempo inteso come il segno (metro) che stabilisce come è strutturata una misura. Es.: $4/4$, $3/4$, $2/8$ ecc.

- Il tempo inteso come l'unità di durata per la suddivisione di un brano, di una misura in parti simmetriche. Es.: quando si suona un brano si stabilisce che ogni battito del metronomo vale 1/4.
- Il tempo inteso come una o più parti di una composizione musicale. Es.: la sinfonia può avere tre o quattro tempi.
- Il tempo come andatura, velocità o andamento di una composizione. Es.: adagio, allegro, vivace ecc.

2.4.10 Frequenza

La frequenza è una grandezza che concerne fenomeni periodici o processi ripetitivi. In fisica la frequenza di un fenomeno che presenta un andamento costituito da eventi che nel tempo si ripetono identici o quasi identici, viene data dal numero degli eventi che vengono ripetuti in una data unità di tempo.

Un modo per calcolare una tale frequenza consiste nel fissare un intervallo di tempo, nel contare il numero di occorrenze dell'evento che si ripete in tale intervallo di tempo e nel dividere quindi il risultato di questo conteggio per l'ampiezza dell'intervallo di tempo. In alternativa, si può misurare l'intervallo di tempo tra gli istanti iniziali di due eventi successivi (il periodo) e quindi calcolare la frequenza come grandezza reciproca di questa durata.

$$f_z = \frac{1}{T_z}$$

Figura 2.7 $\diamond$ **Frequenza musicale**

dove T esprime il periodo. Il risultato è dato nell'unità di misura chiamata hertz (Hz), dal fisico tedesco Heinrich Rudolf Hertz, dove 1 Hz caratterizza un evento che occorre una volta in un secondo.

Gli strumenti usati per la misura sono l'oscilloscopio e il frequenzimetro, il primo permette una misurazione complementare ad altre, di questa grandezza

in circostanze non impegnative; per misure accurate e precise occorre usare il secondo, il quale è uno strumento elettronico specializzato per misurazioni di frequenza e di tempo. Nei decenni passati, per misure di frequenza della rete elettrica erano usati strumenti elettromeccanici.

2.4.11 Onda sonora

Per la fisica, il suono è un'oscillazione (un movimento nello spazio) compiuta dalle particelle (atomi e molecole) in un mezzo. Le oscillazioni sono spostamenti delle particelle provocati da movimenti vibratori, provenienti da un determinato oggetto, chiamato sorgente del suono, il quale trasmette il proprio movimento alle particelle adiacenti, grazie alle proprietà meccaniche del mezzo, le quali a loro volta iniziando ad oscillare trasmettono il movimento alle altre particelle vicine e queste a loro volta ad altre ancora, in questo modo, un semplice movimento vibratorio si propaga meccanicamente dando vita all'onda sonora (o onda acustica).

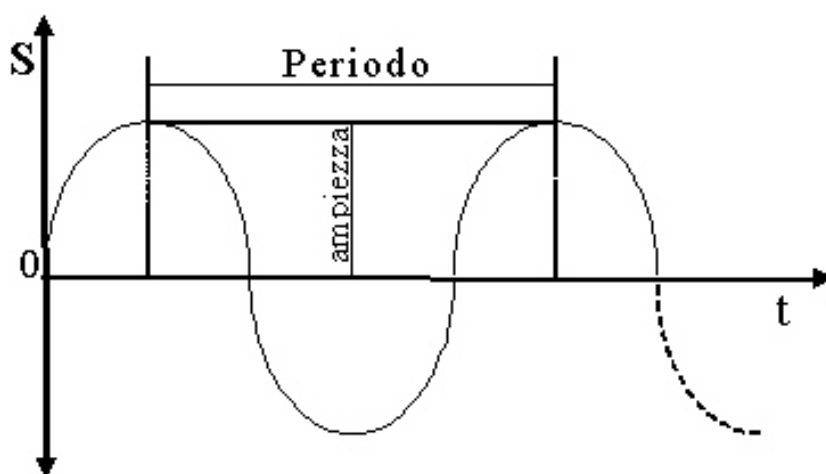


Figura 2.8 $\diamond$ Onda sonora

Per studiare le onde sonore è possibile avvalersi un supporto visivo, uti-

lizzando un grafico cartesiano, riportante il tempo (t) sull'asse delle ascisse, e gli spostamenti delle particelle (s) su quello delle ordinate.

Il tracciato esemplifica gli spostamenti delle particelle: all'inizio, la particella si sposta dal suo punto di riposo (asse delle ascisse) fino al culmine del movimento oscillatorio, rappresentato dal ramo crescente di parabola che giunge al punto di massimo parabolico. Poi la particella inizia un nuovo spostamento in direzione opposta, passando per il punto di riposo e continuando per inerzia fino ad un nuovo culmine simmetrico al precedente, questo movimento è rappresentato dal ramo decrescente che, intersecando l'asse delle ascisse, prosegue in fase negativa fino al minimo parabolico. Infine, la particella ritorna in dietro e ripete nuovamente la sequenza di spostamenti, così come fa il tracciato del grafico.

Il periodo (graficamente il segmento tra due creste) è il tempo impiegato dalla particella per tornare nello stesso punto dopo aver cominciato lo spostamento, ed indica la durata complessiva dell'oscillazione. La distanza dalla cresta all'asse delle ascisse indica, invece, l'ampiezza del movimento, in altre parole la distanza massima percorsa dalla particella dalla sua posizione di riposo durante l'oscillazione. Tuttavia, nonostante che il periodo e l'ampiezza sono due grandezze che da sole sarebbero sufficienti per descrivere le caratteristiche di un'onda, non sono frequentemente utilizzate, perlomeno non in forma pura, quando si sta trattando di un'onda sonora si preferisce, infatti, usare altre grandezze da queste derivate.

Dal numero di periodi fatti in un secondo si ottiene la frequenza, misurata in hertz, che indica il numero d'oscillazioni compiute dalla particella in un secondo. Dall'ampiezza dell'onda, invece, otteniamo l'intensità, che nel caso dell'onda sonora è intesa come pressione esercitata dalla stessa su una superficie, se, infatti, l'ampiezza è misura lo spazio, tanto più sarà estesa, tanto maggiore sarà la pressione esercitata sulle particelle vicine e dunque pure la forza esercitata contro un ostacolo; la misura d'intensità delle onde sonore sono i decibel.

2.4.12 Armonici naturali

Gli armonici naturali sono i suoni (ipertoni) emessi in genere dagli strumenti a corda e dagli ottoni.

Un suono prodotto da un corpo vibrante non è mai puro, ma è costituito da un amalgama in cui al suono fondamentale se ne aggiungono altri più acuti e meno intensi: questi sono gli armonici, che hanno una importanza fondamentale nella determinazione del timbro di uno strumento e nella determinazione degli intervalli musicali.

I suoni armonici corrispondono ai possibili modi naturali di vibrazione di un corpo sonoro (secondo un moto armonico).

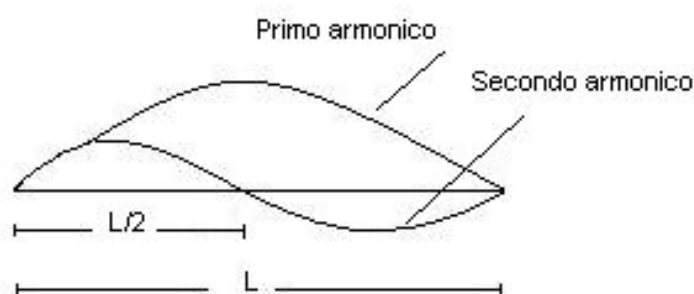


Figura 2.9 $\diamond$ Armonico

Ad esempio, se una corda di lunghezza L emette un Mi (primo armonico), la stessa corda vibra con meno intensità anche a frequenza doppia (pari alla lunghezza $L/2$, secondo armonico), emettendo un Mi all'ottava superiore, e così via, suddividendo la lunghezza d'onda in multipli interi $L/3$, $L/4$, etc. Lo stesso principio vale per le colonne d'aria che vibrano all'interno di tubi (come negli ottoni).

La serie armonica naturale, è la seguente:

Serie degli armonici naturali. Il 7 (settimo), 11(undicesimo) e 14(quattordicesimo) armonico sono calanti, il 13 (tredicesimo) è crescente.

Il suono fondamentale è un Do.

Questa serie di note è la base fisica che ha dato origine al temperamento naturale.

Notare che nel temperamento equabile il 7 (settimo), l'11 (undicesimo) e 14 (quattordicesimo) armonico suonano calanti ed il 13 (tredicesimo) è crescente.

2.4.13 Standard

Viene comunemente definito come standard un tema musicale molto noto che col tempo è divenuto un classico della musica jazz.

Originariamente erano delle semplici canzoni scritte da compositori in diverse circostanze (per Broadway e per i suoi musical) e per diverse opere musicali e teatrali, che col tempo sono entrate nel patrimonio musicale di tutti i musicisti, andando ben oltre la loro epoca per merito delle loro intramontabili idee musicali e per le continue esecuzioni.

Molti di questi brani sono raccolti in libri commerciali e non, normalmente chiamati Real book oppure Fake book, dove gli spartiti sono sintetizzati e riportano in genere solo la melodia gli accordi ed i testi, questo per facilitarne la personalizzazione. In genere ogni esecutore (jazzista) ripropone la propria versione di uno standard secondo il criterio della variazione armonica, melodica e ritmica (anche separate), e della improvvisazione, stravolgendo totalmente un brano o apportando a questo graduali variazioni.

2.5 Scala musicale

La scala musicale è una successione di suoni con un ordine preciso a seconda della scala presa in considerazione, generalmente la scala classica è formata da 7 suoni più l'ottavo che ripete il primo suono ma acuto.

PAUL DESMOND
DAVE BRUBECK TIME OUT

TAKE 5

ALTO

15

19

23

24

29

34

www.gaydos.com
2008

Figura 2.10 $\diamond$ Take five

2.5.1 La Scala Cromatica

La scala cromatica divide l'ottava in dodici parti uguali, ognuna delle quali corrispondente quindi ad un semitono. In altro modo può essere definita come la scala che contiene tutte le sette note più le relative alterazioni. Come è intuibile esiste una sola scala cromatica, perchè, comprendendo tutti i

suoni contenuti nell'ottava, le note che la compongono sono sempre le stesse qualunque sia quella scelta come iniziale.

Questa scala trae origine dal procedimento del temperamento equabile (sec. XVII), che ha reso costante la distanza tra un semitono e l'altro. Sistemi musicali diversi da quello occidentale fanno uso di scale cromatiche composte da intervalli inferiori al semitono (terzi o quarti di tono).



Figura 2.11 ◇ **Scala cromatica**

2.5.2 La Scala Pentatonica

È, come dice il nome, una scala formata da cinque suoni. Ne esistono due tipi, entrambi caratterizzati dall' assenza di semitoni. La Pentatonica Maggiore è formata dalla prima, seconda, terza, quinta e sesta nota della scala maggiore. Quindi la scala pentatonica maggiore di Do sarà:

Do - Re - Mi - Sol - La

(successione di un tono, un tono, un tono e mezzo o terza minore, un tono e un'altra terza minore per tornare a Do)

Dalla pentatonica maggiore si può ottenere la Pentatonica Minore, che ha perciò come tonica il sesto grado della relativa maggiore. Dalla pentatonica maggiore di Do si ottiene infatti la pentatonica minore di La, dalla pent. maggiore di Sol quella minore di Mi e così via.

La pentatonica minore è una scala usatissima, essendo caratterizzata del Blues, che deve gran parte della sua sonorità proprio all'uso di questa scala su tonalità maggiori. In questo contesto la nota caratteristica della pent. minore, cioè la terza minore, viene chiamata "blue note" (e spesso viene

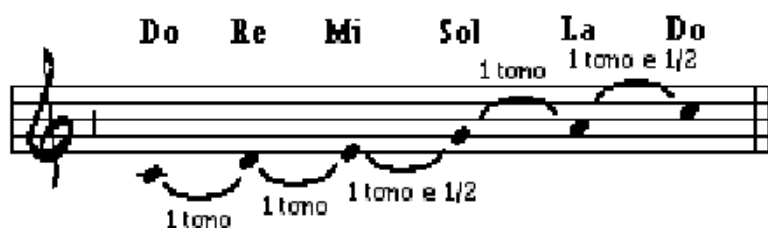


Figura 2.12 ◇ Scala Pentatonica di Do

alzata di un quarto di tono, ponendosi a metà strada tra una terza minore e una terza maggiore).

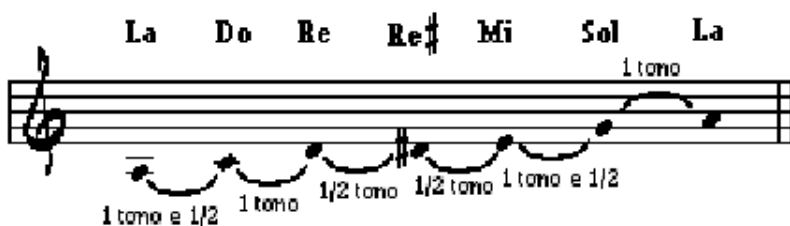


Figura 2.13 ◇ Scala Pentatonica minore di La

2.5.3 La Scala Blues

La Scala Blues deriva direttamente dalla pentatonica minore. È infatti composta dalle stesse note di questa, con l'aggiunta della quarta aumentata. L'intervallo di un tono tra quarta e quinta della scala è trasformato così in due semitoni.

2.5.4 La Scala Esatonica

La scala esatonica (o esatonale) divide l'ottava in sei intervalli uguali. Le note che la compongono sono quindi poste a distanza di un tono l'una dall'altra. È caratteristica della musica di alcuni compositori come Debussy.

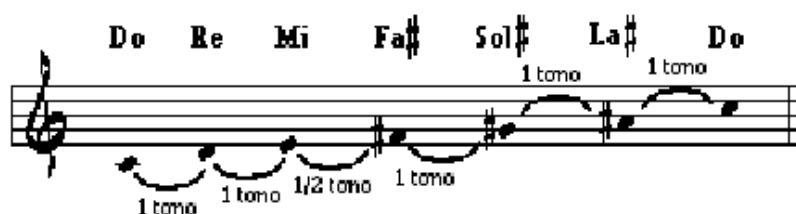


Figura 2.14 ◇ Scala Esatonica di Do

2.6 Conclusioni

Questo capitolo ha introdotto nozioni fondamentali per capire concetti che andremo ad analizzare nei software utilizzati durante la mia ricerca. Scale, note, intervalli, pitch sono termini che useremo spesso nel quarto e quinto capitolo.

Di tutti i generi visti, sopraelencati, uno è di mio particolare interesse, il jazz. Nel prossimo capitolo esamineremo alcuni aspetti del genere e nozioni fondamentali riguardanti l'improvvisazione musicale.

Capitolo 3

Il Jazz

Ho ritenuto necessario introdurre alcuni cenni storici del jazz, dalle origini a oggi. Tutto ciò è scritto nella prima parte del capitolo. Citerò alcuni frasi celebri, diversi autori, compositori e i loro pensieri sul jazz. La seconda parte é dedicata all'improvvisazione jazz.

3.1 Storia del jazz

L'etimologia della parola JAZZ [21, 22], è sconosciuta, ma il grande Dizzy Gillespie diceva che “jasi”, in un dialetto africano, significa “Vivere ad un ritmo accelerato”. Nella realtà esistono molte versioni sulle origini di questa parola, forse deriva da “chase” (caccia), o dall'inglese “jasm” (energia) o addirittura ancora da “jazz-belles”, con il quale venivano chiamate le prostitute di New Orleans.

I musicisti venivano chiamati infatti “jasbo” e “jass”, parola sconcia con la quale (nelle case di tolleranza dell'epoca) si incitavano i clienti a ballare. Il jazz è un linguaggio musicale estremamente emozionale, nato dall'improvvisazione, ma che necessita allo stesso tempo di notevole tecnica; basato sulla varietà ritmica e del fraseggio, su giri armonica e splendide melodie.

Pur essendo principalmente musica strumentale, il jazz ha espresso nel

tempo, a cominciare da quella di Bessie Smith, voci straordinarie per intensità, calore interpretativo, tecnica.

Il jazz nasce e prende forma con l'affermarsi nella società americana della minoranza nera, ma in realtà da quando gli schiavi neri d'America si erano inventati la loro musica: memorie di ricordi africani trapiantate sulle sonorità popolari dei bianchi e contaminate dai canti religiosi cristiani. Dapprima il canto accompagna il lavoro (il blues) quindi diviene preghiera (spiritual, gospel). Ma possiamo dire che l'inizio si può identificare in New Orleans.

La città di New Orleans, sul finire dell'800, era un insieme di popoli e razze, essendo stata dominata, nel tempo da spagnoli, francesi, inglesi e anche italiani. Qui é nato il jazz, anche se in molte zone degli Stati Uniti, contemporaneamente, il particolare modo di vivere la musica da parte dei neri era presente sin da epoche remote.

"New I worksongs" [21, 22] che i neri cantavano nelle campagne durante il lavoro, gli spirituals nelle funzioni religiose, i blues, si riversarono tutte assieme nelle originarie e primitive forme del jazz. Per questo New Orleans rappresentò il centro di riferimento nel quale le varie tendenze della musica nera trovarono il loro sbocco naturale.

Fino agli anni trenta i principali musicisti di jazz provenivano da New Orleans e la maggior parte di loro aveva iniziato lì la sua carriera musicale [71]. Una delle caratteristiche sicuramente più interessanti di New Orleans è che nella città convivevano due comunità nere profondamente diverse tra loro, ognuna con il proprio patrimonio etnico e culturale: i creoli e quelli che possiamo definire più genericamente i neri americani. Mentre i neri americani costituivano la parte più povera del proletariato di New Orleans, molti creoli erano ben integrati nella realtà economico-sociale della città e avevano una estrazione piccolo borghese.

Lo stile di New Orleans nacque dall'incontro tra questi diversi gruppi: nello Storyville, il quartiere riservato alle case di tolleranza, che con i suoi innumerevoli locali costituiva un incredibile punto di ritrovo e la rampa di lancio per i molti musicisti e cantanti; nelle strade della città, dove si esibi-

vano le “bands” dei cortei funebri che accompagnavano i defunti al cimitero suonando musiche di circostanza.



Figura 3.1 ◇ Storyville

Quando tornavano in città suonando musiche colorite e allegre; durante i festeggiamenti del carnevale.

La caratteristica principale dello stile di New Orleans è l’ esecuzione di linee melodiche improvvisate in collettivo su semplici e tradizionali progressioni armoniche, con la presenza centrale di tre strumenti tromba, trombone e clarinetto accompagnati da una sezione ritmica, che si inseguono alternarnandosi e innestandosi tra loro.

Tappa fondamentale quanto consequenziale a New Orleans fu Chicago. Infatti, dopo la chiusura dello Storyville di New Orleans (voluta dalle auto-

rità militari statunitensi all'entrata in guerra degli U.S.A. per non turbare i militari di leva nella città), i musicisti rimasero senza lavoro, rifugiandosi a Chicago dove trovarono ospitalità nei numerosi club, music-hall e locali, nell'ambito della più generale migrazione delle popolazioni nere verso le terre del Nord.

Durante gli anni '20, l'originario stile di New Orleans trovò la sua vera fioritura in Chicago, e qui si affermò definitivamente. Nella southside di Chicago, il quartiere nero, si sviluppò una fervente attività musicale e jazzistica. Qui vennero incisi i primi capolavori del jazz da parte delle bands guidate da King Oliver, poi da Louis Armstrong, Johnny Dodds, Jelly Roll Morton, Jimmie Noone.

Contemporaneamente a questa affermazione dello stile di New Orleans a Chicago, un gruppo di musicisti bianchi, dilettanti e professionisti maturò una propria interiorizzazione del jazz suonato dai neri, dando vita ad uno stile proprio, lo stile di Chicago.

Gli elementi della cultura occidentale e bianca contaminarono il jazz nero guidate da King Oliver, poi da Louis Armstrong, Johnny Dodds, Jelly Roll Morton, Jimmie Noone. Partendo dal modello di improvvisazione collettiva dello stile New Orleans [21, 22], a poco a poco, la sensibilità bianca derivata dai modelli musicali europei introdusse soluzioni armoniche più raffinate e sempre crescendo. La valorizzazione dell'elemento solistico che all'apice dello stile di Chicago, si tradurrà nella preponderanza dell'improvvisazione del singolo e nella dominazione del sassofono, nonchè nella nascita delle grosse formazioni (Big Bands), annunciando il jazz degli anni trenta e lo stile Swing.

Chicago fu, dunque, un centro che segnò profondamente l'evoluzione del jazz e rimase costantemente un importante punto di riferimento per i musicisti, tanto è vero che, negli anni '60, diverrà uno dei più importanti luoghi in cui si solidificheranno le tendenze d'avanguardia musicalmente e politicamente più radicali della cultura nero-americana, delle quali l'Art Ensemble of Chicago.



Figura 3.2 ◇ New Orleans

3.2 L'improvvisazione jazz

L'improvvisazione nel jazz è la procedura con la quale uno dei musicisti (il solista) costruisce una nuova melodia a partire dal materiale melodico e armonico contenuto nella partitura, ed è uno dei tratti più importanti e caratteristici del jazz stesso [3, 62]. La storia del jazz è caratterizzata dall'emergere di diversi stili d'improvvisazione che hanno caratterizzato l'evoluzione di questa forma musicale.

3.2.1 Cenni storici

L'idea di improvvisazione non è nuova nella musica. È praticamente certo che la pratica improvvisativa, nella musica occidentale, fosse massicciamente presente (e forse costituisse la parte dominante dell'esecuzione musicale) nell'epoca che va dalle origini alla codifica gregoriana della musica sacra.

Anche nei secoli seguenti la pratica improvvisativa fu sempre presente: ad esempio, certe forme musicali classiche sono basate sull'improvvisazione,



Figura 3.3 ◇ **Louis Armstrong**

come i preludi, le toccate, le fantasie (la Fantasia e fuga in sol minore BWV 542 o la fuga a 3 che apre l'Offerta musicale BWV 1079 di Johann Sebastian Bach sono probabilmente improvvisazioni trascritte successivamente su spartito).

Molti grandi clavicembalisti e organisti dal XVI secolo fino al XVIII secolo furono maestri dell'arte improvvisativa, ad esempio Domenico e Giovanni Gabrieli, Girolamo Frescobaldi, Dietrich Buxtehude e Johann Sebastian Bach. Non era raro assistere anche a gare di improvvisazione (ad esempio fra Wolfgang Amadeus Mozart e Muzio Clementi oppure tra Domenico Scarlatti e Georg Friedrich Haendel).

Il giovane Ludwig van Beethoven pianista a Vienna, partecipava a serate in cui si tenevano gare di improvvisazione.

Fino all'inizio del XIX secolo, i compositori lasciavano talvolta spazio all'improvvisazione nei loro spartiti, indicando una cadenza cioè una parte melodica che doveva essere sviluppata dal solista: diversamente da altre forme d'improvvisazione, questa veniva spesso scritta dal solista stesso prima del concerto.



Figura 3.4 ◇ Amadeus Mozart



Figura 3.5 ◇ Charlie Parker

Dal 1800 in poi nella musica classica moderna (escludendo l'avanguardia) ed in generale nella musica colta occidentale l'improvvisazione venuta ad essere considerata secondaria rispetto alla fedeltà dell'interpretazione di quanto scritto nelle partiture.

Nella tradizione jazzistica questa visione viene stravolta: gli spartiti vengono messi in secondo piano (spesso sono solo canovacci di accordi e melodie principali, oppure non esistono proprio) e quello che dona il senso ad una esecuzione è la sensibilità del musicista che improvvisa la sua "creazione estemporanea".

Molto spesso i brani eseguiti sono noti e diffusi nell'ambiente jazzistico (i cosiddetti standard) utilizzati come traccia comune per l'improvvisazione, singola o collettiva, e possono essere modificati al punto da risultare quasi irriconoscibili rispetto alle versioni precedenti.

Questo richiede una condivisione delle convenzioni musicali da parte dei musicisti e, oltre all'inventiva, una notevole padronanza dello strumento musicale e dell'armonia (siano esse istintive o derivate dallo studio teorico) da parte del jazzista.

3.2.2 Stili d'improvvisazione

La trattazione delle numerose tecniche (sostituzioni di accordi, nuove scale, pattern, frasi spostate di semitoni, eccetera), gli stili e le modalità di improvvisazione che si sono sviluppati nel tempo è materia molto estesa e di difficile classificazione.

Semplificando, si possono distinguere le seguenti categorie improvvisative:

- parafrasi (lievi modifiche del tema musicale).
- creazione di melodie originali (sviluppate seguendo le armonie e le progressioni armoniche).
- creazione libera (il musicista non fa riferimento a regole o armonie).

Oltre alle categorie sopra elencate ci sono diversi metodi standard, che vedremo in seguito.

3.2.3 Tematica

L' improvvisazione tematica, tipica del Dixieland, è una delle forme più semplici e tradizionali di improvvisazione e si basa su uno sviluppo melodico che segue le progressioni e le modulazioni armoniche (in sostanza lo schema degli accordi) del brano.

Il solista suona su uno o più giri armonici del tema, producendosi in variazioni e parafrasi del tema, usando le note delle scale musicali associate a ciascun accordo. Non è difficile eseguire assoli in questo modo, ma è molto facile cadere nella ripetizione e nella monotonia, e solo grandi artisti riescono a non annoiare seguendo questa linea improvvisativa.

Un esempio è lo stile di Louis Armstrong che si basava sulla modifica e le variazioni del tema principale.

3.2.4 Armonica

Un nuovo impulso alla tecnica dell'improvvisazione fu data dall'adozione, soprattutto da parte dei protagonisti della rivoluzione bebop (e tra i massimi Dizzy Gillespie e Charlie Parker) di tecniche d'improvvisazione fondate principalmente sull'impianto armonico del pezzo.

Il solista che adotta questo stile si svincola completamente dal materiale tematico e sviluppa il suo assolo principalmente basandosi sulla progressione degli accordi del brano (progressione che può essere la stessa del tema o essere differenziata nella sezione solistica).

In aggiunta, ogni accordo può subire delle piccole variazioni (sostituzioni armoniche) o anche dalla consuetudine e dall'evoluzione negli anni del linguaggio jazzistico.

Un approccio molto originale all'improvvisazione armonica fu quello perseguito, con largo anticipo sui bopper (che furono da lui influenzati), dal

pianista Art Tatum che nella maggior parte delle sue esecuzioni, mantiene la melodia sostanzialmente invariata, mentre improvvisa nuove armonie e impianti accordali.



Figura 3.6 ◇ **Art Tatum**

In questo stile, il ricorso ai cromatismi è molto frequente e nell'impianto complessivo dei pezzi, si nota una minore attenzione alla melodia (accade che il tema sia a volte un mero pretesto per lanciare l'improvvisazione, specialmente nell'opera di Parker) e agli arrangiamenti, mentre si esaspera la ricerca armonica e il ricorso ad accordi più esotici (di tredicesima, diminuiti etc.) rispetto al periodo precedente.

Dal punto di vista tecnico questo stile continua a prevalere per la maggior parte degli anni 50 ed è quello adottato ad esempio dalla prima maniera del quintetto di Miles Davis, ed è tuttora il favorito (assieme allo stile modale) del Mainstream jazz.

Il solista resta comunque vincolato al giro armonico del pezzo (esposto normalmente dal pianoforte) e da qui - dato il numero limitato di strutture in uso - la tendenza compositiva a costruire progressioni armoniche sempre più complesse, cui reagirà il movimento modale.



Figura 3.7 ◇ Robert Miles



Figura 3.8 ◇ Michel Petrucciani



Figura 3.9 ◇ **Pat Metheny**

3.2.5 Modale

“La musica era diventata troppo densa. Arrivava un tizio e mi dava dei pezzi pieni di accordi, che non sapevo come suonare.”

(Miles Davis)

Un nuovo approccio all'improvvisazione fu teorizzato da George Russell (compositore, pianista e musicologo) nella sua opera intitolata “Il concetto cromatico Lidio di organizzazione tonale” (The Lydian Chromatic Concept of Tonal Organization).

L'album *Kind of Blue* (1959) di Miles Davis fu uno dei primi esempi di questo nuovo stile d'improvvisazione, detto modale, in cui la preminenza viene data alle scale che il solista può utilizzare, piuttosto che alla progressione armonica del brano.

Quest'ultima, infatti, si semplifica al massimo (si veda in proposito la progressione del brano *So What*: 16 misure in Re minore, 8 battute in Mib

minore, 8 ancora in Re minore con lunghe improvvisazioni nel modo dorico) e costituisce una specie di tappeto sonoro su cui il musicista può espandere al massimo la sua inventiva melodica.

Il presentare lunghe sequenze di misure accompagnate da un solo accordo è caratteristica tanto comune della musica jazz modale da diventarne, nell'uso comune, la definizione corrente.

Lo stile modale dominò la scena del jazz d'avanguardia per tutta la prima parte degli anni 60, e venne in diversi periodi adottato, oltre che dal già citato Davis, dai massimi nomi del periodo, quali John Coltrane, Bill Evans, Herbie Hancock, diventando poi parte integrante del bagaglio tecnico mainstream dei musicisti jazz.

3.2.6 Free

Il free jazz celebrò la rottura totale da ogni struttura, melodica, armonica e ritmica.

L'improvvisazione è in questo contesto a completo arbitrio del solista (spesso dei solisti, trattandosi di episodi collettivi) che però ha un supporto minimo - a volte una tonalità o un tempo di riferimento, spesso niente del tutto - dall'ambiente musicale.

3.2.7 L'improvvisazione a sigle nel jazz

Poichè l'esecuzione di un brano nel jazz è spesso organizzata a supporto degli episodi solistici d'improvvisazione, l'impianto dei brani che vengono usati deve di solito sottostare ad alcune convenzioni.

Come quasi tutto nel jazz, si tratta di convenzioni molto elastiche, applicabili ad alcuni stili e non ad altri (in particolare lo stile free ha la convenzione di non avere convenzioni).

Quelle qui illustrate sono quelle cui si fa frequentemente riferimento nel jazz detto mainstream e che permettono ad un gruppo di musicisti di poter suonare assieme anche incontrandosi per la prima volta.

Anche chi non conosce un brano è in grado di improvvisare su un “blues in Fa minore, tre quarti, afro” o un “rythm changes” e questo costituisce il fondamento del rito tipicamente jazz che si chiama “jam session”.

In questo ambito, la convenzione di base è che lo schema armonico del pezzo possa essere ricondotto a una sequenza di accordi (la cui durata varia in genere da un massimo una misura a un minimo di un quarto) e che la linea suonata dal basso ne sottolinei l'andamento: questo permette al solista di potere fare costantemente ad un centro tonale che gli permettono di scegliere una scala (o più spesso un certo numero di scale) da usare nel corso della sua improvvisazione.

La successione degli accordi, indicati con lettere e numeri (ad esempio, l'accordo di La di dominante viene scritto La7, o pi spesso, con la notazione anglosassone A7) dà ragione della denominazione di improvvisazione a sigle.

La seconda convenzione è che la struttura del brano sia ciclica, cioè che consista di uno schema che viene ripetuto un certo numero di volte (giro del pezzo o chorus).

Le due strutture più utilizzate in assoluto a questo scopo sono la canzone di forma AABA in 32 battute e il blues in 12 battute. Inoltre le strutture utilizzate sono spesso divise in sezioni la cui lunghezza è un multiplo di 4 o 8 misure. Questa convenzione permette al solista di poter contare su uno schema di evoluzione del brano già noto.

Per quello che riguarda l'aspetto ritmico, si fa normalmente riferimento a metri semplici, spesso quattro quarti, più di rado tempi ternari (3/4, 6/4). L'uso di metri più complessi è raro e ancora più rara è la variazione di metro tra parti diverse di uno stesso brano (mentre è abbastanza frequente la variazione di stile: ad esempio sezioni in stile swing alternate a sezioni in stile latin).

Come si è detto ognuna di queste convenzioni - che sono utili a chi voglia poter suonare con appena un minimo di coordinamento tra i musicisti - può essere violata, ed infatti, in genere, è raro che gruppi stabili o grandi orchestre si esibiscano in concerti che consistano solo in una sequenza di standard

costruiti secondo le regole elencate più sopra. Ad esempio le orchestre dirette da Gil Evans e Duke Ellington sono ricordate per gli arrangiamenti complessi e raffinati, e molte ensemble stabili hanno in repertorio brani di grande complessità armonica e strutturale.

3.3 Struttura dell'improvvisazione

Essendo una composizione estemporanea un buon assolo improvvisato spesso strutturato in modo da contenere qualcuno o tutti i seguenti elementi:

- una esposizione iniziale (introduzione, presentazione, esposizione di un pattern semplice).
- interazioni con altri strumentisti (il cosiddetto interplay).
- citazioni di brani e temi noti.
- un assolo che cresce di intensità fino a raggiungere un picco.
- ripetizioni di pattern o frasi.
- una chiusura.

La ripetizione è un elemento fondamentale (sia nelle composizioni che nelle improvvisazioni), in quanto:

“Non cambia nulla nell’oggetto che si ripete, ma cambia qualche cosa nello spirito di chi la contempla.”

(David Hume)

3.3.1 La pratica

La struttura di un classico brano jazz (che sia canzone di struttura AABA, Atonale, Blues) è, nella forma più comune e convenzionale, la seguente:

- Introduzione (opzionale), a volte indicata dall'autore, spesso ricavata da esecuzioni famose del brano (esempi classici sono le introduzioni a "I mean you", Round Midnight).
- Tema: suonato all'inizio e alla fine del brano.
- Assolo: è il momento in cui a turno i jazzisti improvvisano sulla griglia armonica del brano.
- Eventuali "4+4": brevi assoli (a turno) generalmente di 4 battute (o multipli interi) ciascuno eseguiti come "botta e risposta" fra i vari solisti e la batteria (chiamati in gergo trading four o chase).

3.3.2 Lo studio

Per la pratica dell'improvvisazione, se non si dispone di un gruppo musicale, esistono in commercio alcuni software musicali che eseguono l'accompagnamento sulla base di una progressione armonica, su cui lo strumentista può esercitarsi a improvvisare. Esistono in commercio anche molti spartiti a cui è allegata una registrazione audio dell'accompagnamento (un noto ed autorevole esempio sono la serie di libri creata dal jazzista Jamey Aebersold).

La ginnastica al fine di coordinare il pensiero e la tecnica strumentale è suonare su delle progressioni armoniche. Con il pianoforte, con l'accompagnamento di registrazioni o del computer, si esegue una struttura armonica basata su modelli preesistenti, come ad esempio I - IV - IV7, oppure I - IV7 - II7 - V7.

Quando si è appreso sufficientemente il meccanismo della progressione, arpeggiando le note degli accordi, così che si esegua scioltamente, via via si aggiungono le note appartenenti alla scala musicale relativa all'accordo, secondo quello che la sensibilità dell'orecchio ci suggerisce, improvvisando così una melodia.

Questa deve essere estremamente semplice, e si arricchisce via via con "appoggi" cromatici (ovvero mezzo tono sotto o sopra) e giochi ritmici, terzine,

sestine eccetera: con la pratica si entra nel meccanismo dell'improvvisazione e ci si accorge che essa possiede come una "vita propria".

3.4 Conclusioni

Abbiamo parlato di musica e in particolare di jazz. Con questo ultimo capitolo si chiude la seconda parte della tesi, ovvero la parte "teorico-musicale".

La storia del jazz è molto complessa, non basterebbe un'enciclopedia intera per illustrarne le origini. Dal capitolo successivo introduciamo il rapporto che vi è tra musica e intelligenza artificiale.

Capitolo 4

L'AI nella musica Jazz

4.1 Introduzione

Dopo aver dato una buona base di teoria musicale e struttura d'improvvisazione di un tipico standard Jazz, analizzeremo ora come viene utilizzata l'Intelligenza Artificiale nella musica Jazz.

Gli algoritmi che vengono usati sono sostanzialmente di due tipi, genetico e rete neurale [34]. In seguito ne vedremo un terzo, studiato da alcuni ricercatori inglesi, detto "Swarm" [15], che affronta il problema ispirandosi ai movimenti di insetti.

software	strumenti	stile	Funzionalità	algoritmo
NeuroSwing	Basso, batteria, chitarra, MIDI, etc	Free Jazz, acid Jazz, Swing	Improvvisazione swing	Rete neurale
GenJam	Basso, batteria, chitarra, MIDI, etc	Jazz e standard Jazz	Improvvisazione Jazz, impara dall'ascolto	Genetico
ITur	Basso, batteria, chitarra, MIDI, etc	Jazz	Improvvisazione e composizione musicale	Genetico
SoundWorld	Basso, batteria, chitarra, MIDI, etc	Standard Jazz, Be bop	Improvvisazione	Genetico
NeOpus	Basso, batteria, chitarra, MIDI, etc	Jazz, Blues	Improvvisazione e composizione musicale	Altro
Improvisation Builder	Basso, batteria, chitarra, MIDI, etc	Jazz	Improvvisazione Jazz	Altro
Swarm	Basso, batteria, chitarra, MIDI, etc	Jazz	Improvvisazione genere misto	Altro

Figura 4.1 ◊ Lista dei programmi studiati

La tabella 4.1 mostra i programmi studiati. Prima di iniziare a spiegare il funzionamento di ogni singolo programma introduciamo brevemente le caratteristiche di un tipico algoritmo genetico e di una rete neurale [63, 65, 66, 67, 68].

4.2 Reti Neurali

Con le reti neurali si cerca di sviluppare modelli informatici che abbiano le caratteristiche e le capacità elaborative proprie del cervello umano [38, 56, 72]. Infatti un computer, generalmente, può riconoscere e rispondere solo a stimoli che sono stati codificati precedentemente; le risposte, inoltre, sono sempre rigidamente decise a priori. Per tentare di risolvere questo problema, è stato introdotto il concetto di rete neurale (artificiale), preso in prestito dalla biologia, precisamente da ciò che sappiamo sul funzionamento cerebrale.

Una rete neurale artificiale è formata da un gran numero di unità indipendenti, connesse le une alle altre mediante dei collegamenti. Questo è simile alla struttura del nostro cervello, in cui le unità sono i neuroni e i collegamenti tra questi ultimi sono gli assoni e le sinapsi. Un impulso (elettrico) viaggia all'interno del cervello seguendo i collegamenti: quando un neurone riceve l'impulso, se questo è abbastanza forte, il neurone si “attiva” e a sua volta invia il segnale a tutti i neuroni ad esso collegati, che si comporteranno nella stessa maniera.

Esistono varie tipologie di reti neurali e vari modi per classificarle (architettura della rete, modalità di apprendimento, ecc.). Un tipo di classificazione può essere fatto sulla base del modello di neurone utilizzato e/o dell'architettura, cioè nel modo di connettere i neuroni. Sulla base dell'architettura, in particolare, vengono individuate le seguenti classi:

- Reti feedforward: in cui i neuroni sono organizzati in strati ed esistono connessioni esclusivamente da uno strato al successivo.

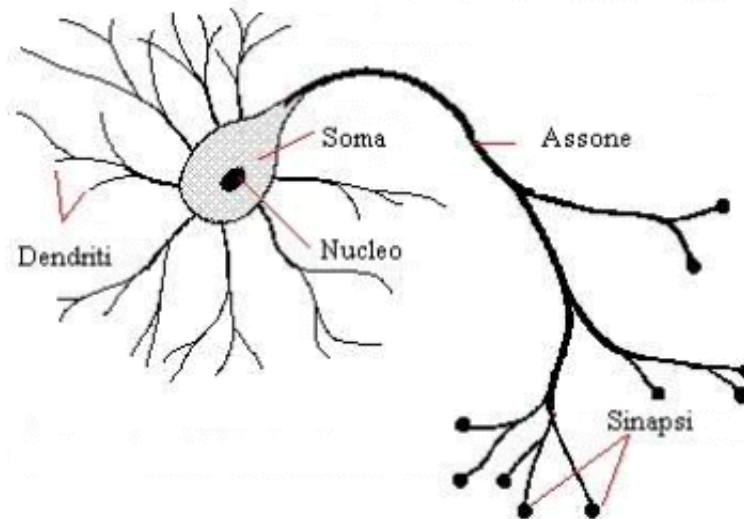


Figura 4.2 ◊ I neuroni del cervello umano

- Reti ricorrenti: in cui l'ingresso di un neurone dipende anche dall'uscita dello neurone stesso.

Tra i modelli di tipo feedforward vanno annoverate le reti multistrato, cioè quelle reti che risultano composte dal più semplice modello di neurone artificiale, il cosiddetto perceptrone.

Le reti neurali applicate alla musica

Le reti neurali sono state spesso utilizzate in ambito artistico. In questa sezione si passano in rassegna vari approcci utilizzati a tal fine che delinino quello che è oggi lo stato dell'arte in questo campo di ricerca.

Quello che risulta in questo ambito è che il settore in cui sono state realizzate il maggior numero di applicazioni è proprio il campo della musica. Le applicazioni sono state moltissime: dai modelli psicologici di note, accor-

di e percezione melodica, alle reti per la composizione algoritmica e per il controllo delle performance.

Allo studio ed alla catalogazione dei lavori eseguiti in questo ambito hanno contribuito in maniera consistente Peter M. Todd e Niall Griffith, i quali nel 1991 hanno pubblicato il libro “Music and Connessionism” che raccoglie gran parte degli studi effettuati sul tema musica e reti neurali. Sulla base di questo libro e di altri articoli successivi dello stesso Todd, vengono, di seguito, classificati e citati i lavori più autorevoli realizzati su questo argomento.

Peter M. Todd nell’articolo “Neural Network for Applications in the Arts” suggerisce una prima classificazione delle diverse tipologie di lavori realizzate nell’ambito delle reti neurali in rapporto alla musica. In generale, dice Todd, le applicazioni in questo campo (ma anche in altri) possono essere suddivise in due classi: “input” ed “output”.

Il gruppo “input” include reti per il riconoscimento e la comprensione di certi stimoli, per esempio il riconoscimento del linguaggio o la modellazione di come gli umani ascoltino o processino una determinata melodia. Questo tipo di applicazioni sono utili per la comunicazione tra umani e macchine e per l’analisi artistica (musicologia o storica) di un insieme di input.

Il gruppo “output” include la produzione di nuovi lavori, applicazioni quali la composizione musicale o la generazione di disegni. I lavori “input” tendono ad essere più complessi di quelli di tipo “output”, così la maggior parte delle applicazioni si focalizza sulla generazione di output, ma le ultime ricerche stanno cominciando a compensare questo sbilanciamento.

Nel gruppo “input” nell’ambito delle applicazioni musicali sono da menzionare i lavori di Sano e Jenkins (1991) che hanno modellato la percezione delle note nell’uomo; Bharucha et al. (1991) che hanno modellato la percezione ed il processamento dell’armonia e degli accordi; Gjerdingen (1991) il quale ha esplorato le reti che comprendono pattern musicali più complessi; Desain e Honing (1991) che hanno realizzato una rete neurale per il riconoscimento del tempo e del ritmo musicale. Dolson (1991) ha suggerito, infine, alcuni approcci per il processamento di segnali musicali includendo il rico-

noscimento di strumenti, la generazione e la modifica. In questo ambito le applicazioni musicali delle reti neurali hanno guadagnato molto dalla vasta letteratura esistente sul riconoscimento del linguaggio (Lippmann 1989).

Per quanto riguarda il gruppo “output” sono stati realizzati molti modelli per la composizione musicale, tra questi vanno menzionati quelli di Todd(1991) e Mozer(1991) che hanno creato ed addestrato reti per comporre nello stile di Bach o in quello di Joplin (o di entrambe!) qualora fossero opportunamente addestrate. Lewis(1991) e Kohonen et al.(1991) hanno presentato altri metodi di composizione basati su grammatiche libere dal contesto che modellassero esempi musicali.

Infine, le reti neurali sono state usate anche per generare parametri ed istruzioni circa le performance musicali, come ha dimostrato Sayegh (1991) in un suo articolo sui metodi per scegliere la diteggiatura di una semplice melodia. Molte altre applicazioni in questo ambito sono possibili, dal controllo di sintetizzatori, ai generatori di accompagnamento ritmico: Todd (1991) ha discusso alcune di queste possibilità e delle applicazioni future delle reti neurali.

Questo lavoro rientra in entrambe i gruppi discussi precedentemente, in quanto la prima parte del lavoro, dedicato al riconoscimento della tonalità di un brano e degli accordi è classificabile come lavoro appartenente al gruppo “input”, la seconda parte, dedicata all’accompagnamento dovrebbe, invece, rientrare nel gruppo di “output”.

Sempre con l’intento di classificare in maniera organica i vari studi eseguiti in ambito musicale e delle reti neurali Todd e Griffith pubblicano il loro libro nel 1991. In questo volume vengono esplorati vari aspetti legati allo studio del fenomeno musicale in tutta la sua complessità, coinvolgendo aspetti legati all’ambito culturale, all’estetica, al sistema percettivo umano ecc. Il libro, ancora una volta, organizza i contenuti attraverso una interessante classificazione dei vari campi in cui le reti neurali sono state utilizzate. Vari sono i problemi che sono stati investigati da quando nel 1986 è stato introdotto il PDP: il suono e la tonalità, il problema del ritmo, il problema

della memorizzazione e comprensione di strutture musicali complesse, e da ultimo il problema della composizione.

L'aspetto maggiormente enfatizzato nel libro è la complessità intrinseca di tutte queste attività, e, gli studi citati, sono tutti volti a dimostrare essenzialmente come l'introduzione dei modelli PDP (Parallel Distributed Processing) del 1986 ad opera di Rumelhart e McClelland, possano aiutare enormemente la comprensione del comportamento musicale umano riproducendo il comportamento del cervello. Questo tipo di studi ha ripercussioni anche e soprattutto in ambito psicologico, in quanto le reti neurali hanno reso possibili studi difficilmente realizzabili con i primi modelli psicologici utilizzati. Per via della complessità del comportamento musicale umano molte sono le discipline coinvolte dagli studi effettuati in questo ambito: la psicologia, le neuroscienze, lo studio delle percezioni, l'intelligenza artificiale, la musica ovviamente, e, infine, l'antropologia.

Nella classificazione realizzata da Todd e Griffith, tra gli studi passati in rassegna nell'ambito dell'attività di percezione del suono e della tonalità viene citato quello di Taylor e Greenhough, i quali hanno utilizzato le tecniche di apprendimento supervisionato per insegnare alla rete neurale a discriminare non solo il suono ma anche la fonte del suono, cioè a riprodurre la capacità tipicamente umana di discriminazione del timbro di un suono e quindi della possibilità di riconoscere differenti strumenti musicali. Questo lavoro presenta, inoltre, una stretta relazione con la capacità di individuare differenti voci umane ed associarle a differenti individui. Soprattutto, attraverso il modello di rete neurale ARTMAP, i due autori dello studio hanno potuto indagare i rapporti esistenti tra la percezione del suono e la identificazione della fonte, problema, per altro, tuttora aperto.

Un secondo problema legato alla percezione del suono è la capacità dell'orecchio umano di attribuire delle funzioni specifiche ai suoni stessi e di riconoscere dei cosiddetti centri tonali. Questo tipo di attività è particolarmente complessa e coinvolge aspetti legati alla cultura dell'individuo: già il concetto di tonalità, ad esempio, sottende l'assunzione che si sta trattando

di musica occidentale.

L'altro campo di interesse è la produzione del suono; a tal proposito, viene citato un lavoro di Casey, il quale presenta un modello che mappa il suono desiderato in una data posizione sul violino per permettere di produrre effettivamente tale suono. Oltre allo studio citato, ad oggi, sono stati realizzati numerosi studi in questo ambito nell'articolo di Costalonga viene presentato un sistema che simuli l'accompagnamento chitarristico basato su agenti costituiti da reti neurali.

Un secondo ambito di ricerca è costituito dall'investigazione delle caratteristiche del senso ritmico. Nonostante l'istintività e la semplicità della sensazione ritmica, la riproduzione a livello di rete neurale degli aspetti che implicano la possibilità di riprodurre o seguire un ritmo da parte dell'uomo è molto complessa. Large e Kolen hanno modellato il processo di produzione del ritmo usando un'unità connessionista integrata oscillatoria che impara a modificare le sue oscillazioni per farle coincidere con le variazioni di ritmo che sono percepite durante un certo periodo. L'abilità di seguire un certo ritmo è ovviamente un requisito fondamentale per far sì che un musicista possa suonare con altri, ma è anche una dote innata dell'uomo. I sistemi elaborati per studiare gli aspetti relativi al ritmo si basano essenzialmente sulla predizione della lunghezza e della periodicità degli eventi che seguiranno, basata sulla valutazione degli eventi precedentemente osservati.

Per quanto concerne l'ambito della memorizzazione di melodie, dell'intuizione di strutture musicali e del completamento di queste ultime, gli studi eseguiti in questo ambito devono tenere conto delle difficoltà legate alla capacità di ascoltare una sequenza di suoni comprendendo innanzitutto l'ordine di accadimento dei vari eventi sonori cos da organizzarli in successioni di senso compiuto. L'analisi del modo in cui il cervello umano realizza l'ascolto musicale è, dunque, un altro degli ambiti di interesse che rientrano negli studi di musica e connessionismo. Grossberg [3, 45] ha realizzato studi in questo ambito descrivendo un modello di flusso di suoni attraverso l'uso della cosiddetta teoria adattiva di risonanza (ART). Il problema del flusso di suoni

è strettamente legato al modo attraverso il quale l'uomo percepisca la transizione tra i suoni stessi. A tal proposito Gjerdingen viene citato da Todd per aver proposto un modello in cui una nota uditiva stimoli altre note vicine e tale attivazione di suoni permetta di percepire la continuità del fenomeno sonoro. L'importanza della frase musicale prevale, quindi, su quella della singola nota come sostiene Cook, che pure viene citato nel libro. Basandosi su tale principio di frase musicale Michael Page ha proposto un modello chiamato SONNET che è un'architettura che impara ad aggregare melodie in frasi gerarchiche per permettere a una rete neurale anche di riprodurre una melodia ascoltata ricordando l'ordine delle singole note e la loro durata. Il problema della memorizzazione di brani musicali esula, chiaramente, da ogni forma di giudizio estetico su i brani stessi.

Ma gli studi sul connessionismo si sono spinti fino al tentativo di introduzione del concetto estetico nelle reti neurali. Bruce Katz ha descritto, ad esempio, un modello di giudizio estetico di una melodia basato su misurazioni della diversità. In un articolo del 2001, il tentativo di classificazione di vari generi musicali richiama questo principio di "gusto", l'autore Paul Scott illustra la progettazione di una rete neurale in grado di discriminare fra vari generi musicali: pop, rock, R'n'B ecc. È d'obbligo notare come questa tipologia di studi si riveli sicuramente tra le più complesse, in quanto la soggettività stessa del concetto di gusto e la necessità di codificare tale concetto per la rete neurale porta comunque alla scelta di un qualche criterio di discriminazione che però non è affatto ovvio nella realtà. Vale a dire che è difficile comprendere quali siano le variabili che entrano in gioco quando si esprime un giudizio estetico su qualcosa (cultura, società, età, esperienze ecc.), ed altrettanto difficile è codificarle per una macchina.

L'altra tematica indagata nel lavoro di Todd e Griffith è l'abilità di comporre. Il problema viene sviscerato sotto vari punti di vista. Il primo aspetto trattato è quello legato alla composizione di linee melodiche, viene citato a tal proposito lo studio di Mozer. L'architettura sviluppata da quest'ultimo, chiamata CONCERT è costituita da una memoria sequenziale inserita

in una rete ricorrente semplice modificata. L'approccio di Mozer, il quale si dice molto soddisfatto dei risultati ottenuti, è basato sull'uso di melodie di esempio per comporre nuove melodie. Tuttavia, nonostante l'entusiasmo di Mozer, il suo operato è ritenuto lacunoso da altri autori, tra questi Douglas Eck e Jrgen Shmidhuber, i quali criticano il modello di Mozer per la sua incapacità di produrre composizioni che abbiano una struttura uniforme nella loro totalità, per via dell'uso di un metodo compositivo del tipo note-by-note basato sulle probabilità di transizione tra le singole note che, appunto, ignora la struttura globale del brano composto.

Da questi autori viene proposta una nuova soluzione al problema della composizione musicale attraverso l'uso delle reti neurali basata su un altro paradigma, il cosiddetto LSTM (Long Short-Term Memory). Questo paradigma consente di introdurre il concetto di memoria difficilmente codificabile negli altri modelli di reti neurali come ad esempio le RNN (Recurrent Neural Networks) usate proprio da Mozer o i modelli BPTT (Back-Propagation Through Time) e RTRL (Real-Time Recurrent Learning), utilizzati da altri autori sempre al fine di risolvere questo problema.

L'architettura ideata da Douglas Eck e Jrgen Shmidhuber impara, grazie al LSTM, la struttura globale di una certa forma musicale ed utilizza questa informazione per comporre nuovi brani in quella data forma. Una seconda tipologia di esperimenti effettuati nell'ambito delle abilità compositivi è, invece, basato sulla capacità di armonizzazione. A tal proposito viene citato il lavoro di Matthew Bellgard e C.P.Tsang, i quali hanno utilizzato la macchina di Boltzmann per generare l'armonizzazione di corali come un processo di completamento di pattern contestuali. In questo lavoro, un esperimento riguardante questo ambito viene condotto analizzando la possibilità da parte di una rete neurale di accompagnare una certa linea melodica.

La terza tipologia di esperimenti realizzati sempre in questo ambito è costituita dalla possibilità di riconoscere melodie simili o di produrre variazioni su una struttura melodica data. Nascono così due problematiche: quella già citata, che riguarda la memorizzazione di una certa melodia e quella

nuova, che consiste nell'utilizzare una melodia nota per produrre un nuovo arrangiamento o una nuova variazione. A tal proposito vengono citati gli autori Edward Large, Caroline Palmer e Jordan Pollack che hanno introdotto un meccanismo basato su una rete con memoria ricorsiva auto-associativa (RAAM) per identificare elementi strutturalmente importanti nei passaggi musicali. Tali elementi sono definiti sulla base dei passaggi più frequenti e stabili che si presentino in una certa composizione e che possono quindi essere utilizzati al fine di costruire variazioni o di memorizzare una certa musica.

Sempre in questo ambito rientra la modellazione di come il cervello umano ricordi e richiami melodie o musiche polifoniche. Questa tematica è affrontata nel libro da diversi punti di vista: basandosi sulle dipendenze temporali, come nell'approccio di Mozer, sul chunking come, invece, fa Page, sulla riduzione della rappresentazione (Large et al.) o sul completamento di pattern come proposto da Bellgard e Tsang. Ognuno di questi approcci enfatizza un particolare aspetto di questa problematica esaltandone ancora di più l'estrema complessità.

Sempre basandosi sulla capacità di un compositore di ascoltare musica e di trarne ispirazione per nuove composizioni viene effettuato uno studio su come tale processo avvenga. Il connessionismo è basato proprio sul principio del learning, vale a dire sulla possibilità di imparare a partire da esempi, quindi un articolo di Todd e Werner indaga, a tal proposito, come possano essere combinate le capacità di apprendimento e di evoluzione al fine di ottenere composizioni di nuove melodie. Studi analoghi sono stati realizzati anche in ambiti diversi da quello musicale, ad esempio Shumeet Baluja, Dean Pomerleau e Todd Jochem hanno applicato lo stesso principio alla produzione di nuove immagini basate anche sulle preferenze estetiche di un umano.

L'ultima area esplorata nel libro di Todd e Griffith riguarda le performance musicali, a tal proposito è citato lo studio di Garrison Cottrell il quale ha elaborato una interfaccia per performance musicali basata su una rete neurale che impara a suonare una certa musica.

4.2.1 NeuroSwing

NeuroSwing [36, 38] è un sistema che riesce a creare ritmi Swing e Jazz prendendo in input griglie armoniche di un tono standard e restituendo come output una rete che rappresenta dati di tipo musicale.

Il sistema simula vari strumenti, piano, sax, la batteria, cercando di imitare il più possibile un tipico ritmo swing o Jazz, creato da Denis L. Baggi.

Core di NeuroSwing

NeuroSwing può simulare molti aspetti della sezione ritmica del Jazz. Ciascun quadrato, nelle figure a seguire, corrisponde ad una battuta e contiene alcuni simboli che rappresentano le note della struttura armonica e non le note reali. Il significato dei simboli, scritti nei quadrati, è anche spesso usato in notazione musicale nei guitar-tab della letteratura Jazz.

B♭	B♭	B♭	B♭	B♭/B♭7	E♭/Ed	B♭/F7	B♭
Am7	D7	G	G7	C7	C7	F7	F7
B♭	B♭	B♭	B♭	B♭/B♭7	E♭/Ed	B♭/F7	B♭

Figura 4.3 ◇ Griglia degli accordi

In pratica, da queste note si riesce a capire la tonalità con la quale si sta eseguendo uno standard Jazz oppure una qualsiasi armonia. L'aspetto importante da capire è che note non sono reali e non vengono suonate, ma rappresentano la tonica di ogni possibile eventuale progressione di una scala Jazz o di un'improvvisazione Jazz.

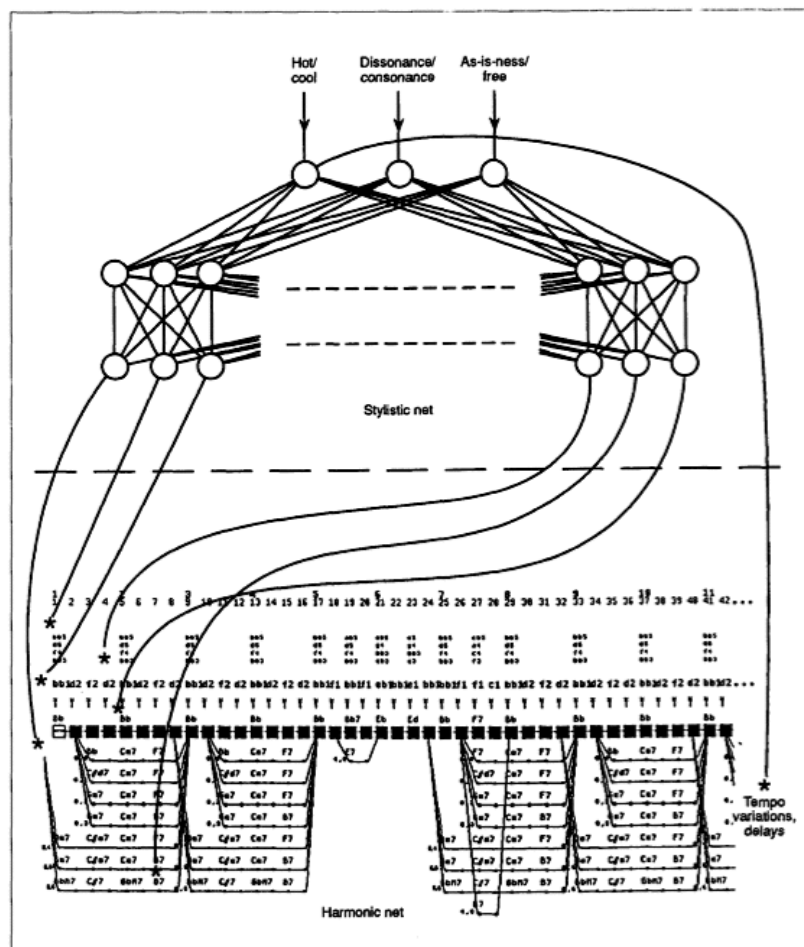


Figura 4.5 ◇ Architettura del sistema

- cambiare il ritmo del pezzo.
- introdurre il suono spezzato di uno strumento.
- cambiare stile.
- prendere in input un file MIDI.
- cambiare di tonalità.

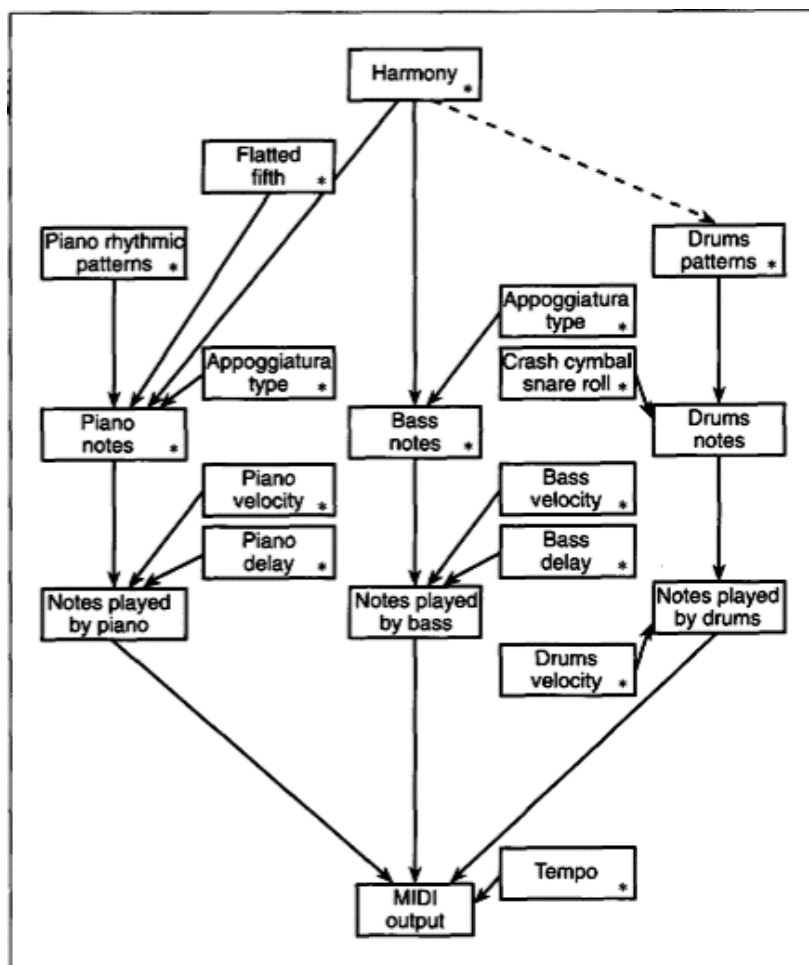


Figura 4.6 ◇ Gerarchia

- scegliere frasi brevi o molto lunghe.
- abbassare il pitch di una nota.
- scegliere la forma d'onda di un suono.
- scegliere gli Hertz di una nota.
- creare uno standard Jazz.

Tutte queste scelte, denominate “ganci”, sono sotto diretto controllo della rete stilistica.

La figura 4.3 mostra la struttura armonica a griglia di un cambiamento di ritmo.

La figura 4.4 mostra la rete armonica costruita dalla griglia. Dall’alto in basso: misure e numero di beat, note del piano, note del basso, note della batteria, armonia (quadrati) e sostituzioni di armonia.

La figura 4.5 mostra l’architettura del sistema divisa in rete stilistica e rete armonica. L’input della rete stilistica produce in output dei cosiddetti “ganci” indicati con gli asterischi nella figura 4.6. L’output riguarda la possibilità di piccoli cambiamenti nella rete armonica a runtime come ad esempio l’incremento o decremento del tempo oppure del delay del piano o della batteria.

4.3 Algoritmi evolutivi

Gli Algoritmi Evolutivi sono procedure di ricerca ispirate ai meccanismi dell’evoluzione biologica. Negli Algoritmi Evolutivi viene mantenuta una popolazione di “strutture dati”, chiamate cromosomi, che codificano soluzioni candidate per un problema.

L’algoritmo seleziona i cromosomi genitori dalla popolazione e opera su di essi in modo da produrre cromosomi che progressivamente rappresentano soluzioni migliori. Il processo di selezione è ispirato alla selezione naturale. I cromosomi che rappresentano migliori soluzioni hanno maggiore probabilità di diventare genitori. La ricombinazione e la mutazione genetica ispirano gli operatori che producono nuove soluzioni candidate. L’operatore con cui un Algoritmo Evolutivo combina il materiale genetico di due cromosomi genitori per produrre un figlio è chiamato crossover. La mutazione modifica un singolo cromosoma genitore.

I principali tipi di Algoritmi Evolutivi sono gli Algoritmi Genetici, la Programmazione Evolutiva, le Strategie Evolutive e la Programmazione Ge-

netica. Gli Algoritmi Evolutivi da soli o eventualmente in combinazione con altre tecniche del Soft Computing come le Reti Neurali e la Logica Sfumata, permettono di affrontare problemi complessi in vari domini applicativi come routing, scheduling, allocazione ottimale di risorse, progettazione automatica, controllo, identificazione di sistemi, analisi di immagini, stock prediction, credit scoring, risk assessment, ecc.

Gli algoritmi genetici

Non esiste una definizione rigorosa di Algoritmo Genetico. Si può solo dire che quelle tecniche indicate con tale nome hanno in comune alcune caratteristiche: hanno una popolazione di cromosomi, la selezione viene fatta in base all'idoneità, utilizzano l'incrocio e la mutazione per produrre nuovi discendenti e creare nuove popolazioni di potenziali soluzioni. Gli Algoritmi Genetici sono, quindi, tecniche euristiche atte a risolvere problemi di ricerca e di ottimizzazione. L'elevata applicabilità ha portato ad un loro esteso utilizzo nel campo ingegneristico, dall'ottimizzazione del traffico telefonico alla risoluzione di problemi di scheduling in alternativa ad altri argomenti meno efficienti.

Negli anni Cinquanta e Sessanta furono numerosi gli studi realizzati sui sistemi evolutivi fondati sull'idea che i meccanismi tipici dell'evoluzione potessero soddisfacentemente essere applicati ai problemi tipici dell'ingegneria.

Inventati negli anni Sessanta da John Holland e sviluppati da lui stesso e dai suoi collaboratori dell'University of Michigan, gli AG trovano una prima sistematica trattazione nel volume: "Adaptation in Natural and Artificial System", edito nel 1975. I concetti fondamentali espressi in questo testo furono utilizzati da altri studiosi in numerosi altri campi: Bagley li applicò alla realizzazione di programmi di game-playing, Rosenberg alla simulazione di processi biologici. Lo scopo di Holland era lo studio del fenomeno dell'adattamento, come avviene in natura, e dei suoi meccanismi tipici all'interno dei sistemi informatici. Il nome "Algoritmi genetici" ha origine dall'analogia tra

la rappresentazione di strutture complesse per mezzo di vettori di componenti e l'idea, familiare ai biologi, delle strutture genetiche di un cromosoma.

Nella riproduzione selettiva di piante ed animali, per esempio, sono ricercati dei figli che abbiano certe caratteristiche, determinate a livello genetico dalla combinazione dei cromosomi dei genitori. Analogamente, ricercando soluzioni di problemi complessi, gli Algoritmi Genetici (che nel prosieguo saranno indicati semplicemente con il loro acronimo GA, Genetic Algorithms) combinano fra di loro pezzi di soluzioni esistenti.

In biologia lo sviluppo di idee moderne relative ai processi coinvolti nell'evoluzione è iniziato nel 1859 con la pubblicazione degli studi di Charles Darwin in "On the origin of species by means of natural selection", studi successivamente sviluppati dall'abate Gregor Mendel, colui che per primo propose un approccio scientifico alla natura, alle proprietà e all'identificazione del materiale ereditario.

Darwin, facendo sue le teorie di J.B. Lamarck (fondate sulla legge dell'uso e non uso degli organi e su quella d'ereditabilità dei caratteri acquisiti) e quelle dell'economista inglese Th. Maltus ("ogni popolazione tende a moltiplicarsi all'infinito"), dedusse che la gran maggioranza degli individui muore prima di potersi riprodurre e ciò avviene per il possesso di caratteri sfavorevoli. Questa è la selezione naturale darwiniana. La lotta per l'esistenza, per il cibo, per l'acqua, o il territorio, funge da filtro per individuare i pochi individui destinati a sopravvivere ed a riprodursi. Dato che le esigenze ambientali cambiano continuamente, la selezione naturale favorisce caratteri via via diversi e così gli esseri viventi si trasformano lentamente di generazione in generazione (Lamarck aveva illustrato l'esempio delle giraffe che, costrette dalla necessità di trovare cibo, hanno modificato nei secoli le caratteristiche del loro collo).

Nella lotta per la sopravvivenza non sono favoriti necessariamente gli individui più forti o veloci o i più intelligenti, ma solo quelli che riescono a riprodursi di più, quelli che hanno sviluppato un migliore adattamento all'ambiente. Privo delle conoscenze di genetica e di biologia molecolare

necessarie, Darwin aveva compreso la necessità dell'esistenza di variazioni ereditarie, ma non era in grado di spiegarle.

In perfetta analogia con gli eventi descritti, i GA partendo da un'iniziale popolazione di cromosomi, ognuno dei quali rappresenta una possibile soluzione del problema, associano ad ognuno di questi un certo livello d'adattamento, il "fitness score", dipendente dalla bontà della soluzione del problema. Gli individui migliori, in altre parole con maggiore fitness, si riproducono combinandosi con altri individui e si ottiene così una nuova popolazione di possibili soluzioni, prodotta dalla selezione degli individui migliori della generazione corrente. In questo modo, dopo molte generazioni, le buone caratteristiche vengono propagate a tutta la popolazione. Favorendo l'accoppiamento tra gli individui più adatti vengono esplorate le aree più promettenti dello spazio di ricerca.

Per avere una maggiore comprensione di tale argomento è necessario dare alcune indicazioni: il vettore componente, o cromosoma, è una stringa, scritta in codice binario, di 0 e 1. La codifica è la più utilizzata per varie ragioni; la principale è storica: Holland e i suoi collaboratori concentrarono il loro interesse su di essa. Fornirono una giustificazione teorica; infatti confrontarono due codifiche capaci di trasportare la stessa informazione, una con pochi alleli e stringhe lunghe (ad esempio, stringhe binarie di lunghezza 100) e l'altra con pochi alleli e stringhe corte (ad esempio, stringhe decimali di lunghezza 30). Holland sosteneva che la prima permettesse un più elevato grado di parallelismo implicito. Goldberg ha rilevato come tale rappresentazione contenga sufficienti vantaggi, anche se negli ultimi anni alcuni studiosi, principalmente Antonisse, hanno evidenziato una sua difficile applicazione in problemi di più complessa schematizzazione.

Per riferirsi ai cromosomi, secondo il contesto, si possono utilizzare termini quali stringhe, vettori o soluzioni. Ogni cromosoma può essere pensato come un punto dello spazio di ricerca (insieme delle soluzioni candidate). Continuando l'analogia genetica, le variabili saranno geni, i possibili valori di ognuno di loro alleli, e la posizione di una variabile in una stringa verrà indi-

cata come locus. Inoltre, cos come in genetica si parla di genotipo per riferirsi alla costituzione genetica di un organismo o di un virus, e di fenotipo per indicare le proprietà osservabili in un organismo che risultano dall'interazione tra il genotipo e l'ambiente, nel linguaggio dei GA il primo termine indicherà una stringa codificata, il secondo sarà il set decodificato di parametri.

Concetti fondamentali degli Algoritmi Genetici

Sono tre gli elementi fondamentali della teoria degli Algoritmi Genetici di Holland: il Teorema degli Schemi, la Building Block Hypothesis e il Parallelismo Implicito. I GA, per funzionare adeguatamente, secondo Holland, devono scoprire, ricombinare e favorire in modo “altamente parallelo”, buoni “blocchi costitutivi” di soluzioni, cioè combinazioni di valori di bit conferenti maggiore idoneità alle stringhe nelle quali sono presenti.

Il concetto principale è il concetto di schema. Uno schema viene costruito introducendo un simbolo $*$ nell'alfabeto dei geni e rappresenta l'insieme di stringhe che possono essere descritte dal modello costituito da 0, 1 e $*$. Ad esempio, lo schema $1***0$ rappresenta l'insieme di stringhe di 5 bit che cominciano con 1 e finiscono con 0. Le stringhe che corrispondono a tale modello sono dette istanze.

Altri due concetti importanti sono l'ordine e la lunghezza.

Per ordine di uno schema $o(S)$ si intende il numero di posizioni fissate nello schema, cio il numero di “1” e “0”. È un indice della specificità dello schema. Considerando ad esempio lo schema di lunghezza 10, $S1=***001*110$ si ha un ordine $o(S1)=6$. Tale nozione è molto importante nel calcolo della probabilità di sopravvivenza di uno schema alla mutazione. Con lunghezza definita $\sigma(S)$, si intende, invece, la distanza tra la prima e l'ultima posizione fissata del cromosoma. Essa è indice della compattezza dell'informazione contenuta. In precedenza $\sigma(S1)=10-4=6$. Sarà usata per la probabilità di sopravvivenza dello schema a seguito dell'applicazione del crossover. Il comportamento dei GA è stato formalizzato da John Holland nel Teorema degli schemi.

Il Teorema degli Schemi e il Parallelismo Implicito

Per Holland “schemi brevi, di basso ordine, con un'idoneità media superiore alla media saranno rappresentati da un numero di istanze crescente in modo esponenziale nel tempo.” Il Teorema degli Schemi costituisce un limite inferiore perchè contempla solo gli effetti distruttivi del crossover e della mutazione. In realtà, il crossover è considerato il mezzo principale dei GA per la sua capacità di ricombinare istanze di buoni schemi per costruire istanze di schemi di ordine superiore.

La supposizione che il processo in base al quale operano i GA sia questo fu detta da Goldberg Building Block Hypothesis: “Un GA raggiunge performance vicine all'ottimo attraverso la giustapposizione di schemata corti, di basso ordine e di elevata performance detti building block.”

Infine, la valutazione implicita simultanea di un gran numero di schemi di una popolazione di n stringhe fu definita da Holland “parallelismo implicito”. Per Holland, inoltre, i GA permettono di trovare il giusto equilibrio tra exploitation ed exploratio; il sistema deve continuare ad esplorare nuove possibilità, ma deve anche incorporare e sfruttare le soluzioni già trovate e più promettenti.

Formulazione generica di un Algoritmo Genetico

In generale il processo evolutivo simulato da un AG pu essere raffigurato da

- $t \leftarrow t + 1$
- select $P(t)$ from $P(t - 1)$
- recombine $P(t)$
- evaluate $P(t)$

Un semplice GA funziona così:

- Si inizi con una popolazione di n cromosomi formati da p bit.

- Si calcoli l'idoneità $f(x)$ di ogni cromosoma. Per ogni problema da risolvere viene costruita una funzione fitness. In base al valore di tale parametro è decisa la sopravvivenza del cromosoma. Per costruire tale funzione si deve valutare il grado di adattamento al problema. Il valore numerico fornito da essa si suppone proporzionale all'utilità o abilità dell'individuo rappresentato dal cromosoma.
- Si ripetano i passaggi seguenti finchè non vengono creati n discendenti, uno per ogni cromosoma:
 1. Selezione di una coppia di cromosomi genitori dalla popolazione iniziale
 2. Realizzazione, con probabilità P_c (probabilità che i due genitori si incrocino), dell'incrocio della coppia da un punto scelto a caso per formare i due figli
 3. Mutazione dei 2 discendenti in ogni locus con probabilità P_m e inserimento dei nuovi cromosomi nella nuova popolazione.
- Si sostituisca la nuova popolazione a quella corrente.
- Si torni al passo 2.

Dal passo tre viene realizzata la “riproduzione”. Per quanto riguarda i due operatori di combinazione dei cromosomi si parla di “crossover” e di “mutazione”. Dopo aver aggiornato la popolazione, e quindi i parametri che la caratterizzano, e aver creato la nuova generazione si applica un “test d'uscita”. Consiste evidentemente nel controllo di uno o più di questi parametri per stabilire se interrompere o continuare la reiterazione del GA. Alcuni parametri possono essere la numerosità della popolazione o il numero massimo di generazioni consentite. L'insieme di generazioni è indicato con il termine di “esecuzione”.

Codifica dei problemi

Anche se non esiste un buon metodo per stabilire anticipatamente il potenziale di un GA, spesso questo si è dimostrato competitivo e capace di fornire performance migliori di altri metodi. La sua prestazione, infatti, dipende notevolmente dai dettagli, in pratica dal tipo di codifica scelta, dagli operatori adottati, dal criterio per stabilire il successo. Negli ultimi anni, proprio per questo motivo, è stata riaperta la discussione sulla migliore metodologia di representation dei cromosomi.

Codifica binaria

È in assoluto la più utilizzata, i cromosomi sono stringhe di 1 e 0. Sono state realizzate numerose estensioni dello schema di codifica binaria di base adottato da Holland, qui citiamo la Codifica Grey e quella diploide di Goldberg ed Hillis.

Binaria 0000 0001 0010 0011 0100 0101 0110

Grey 0000 0001 0011 0010 0110 0111 0101

Pur essendo considerate da Holland le più adatte spesso, tali tipi di codifica risultano inapplicabili, come nel caso, ad esempio, del commesso viaggiatore e quello dell'evoluzione dei pesi nelle reti neurali. Sono invece utili nel Knapsack problem. In tali casi vengono utilizzati i classici operatori di crossover e mutazione. Codifica con permutazione Può essere usata in problemi di ordinamento, come il TSP. Tutti i cromosomi sono una stringa di numeri.

CROMOSOMA A 12345678

CROMOSOMA B 85647321

Di seguito analizzeremo alcuni programmi sviluppati con tali algoritmi.

4.3.1 GenJam

GenJam è un programma che utilizza un tipico algoritmo genetico basato sullo sviluppo di alcune griglie jazz. Le griglie vengono usate dal sistema per imparare la sequenza degli accordi da utilizzare per improvvisare musica. Il

sistema è utilizzato soprattutto da debuttanti di musica Jazz, per conoscere gli stili, le scale, gli intervalli e molte altre tecniche utilizzate nella musica Jazz.

Core di GenJam

Il sistema, data una sequenza di accordi, è in grado di improvvisare su alcuni temi e standard Jazz. All'inizio il sistema prende in input il giro iniziale, ad esempio uno standard in 7/8 su C7+, crea il suo giro armonico e in loop si ripete tutto. Per improvvisare, il sistema, parte da una nota iniziale e su questa crea tutte le possibili progressioni usate negli standard, iniziando a variare la dimensione delle scale e il ritmo della sequenza delle note [38, 57].

Un importante aspetto del sistema è il fatto di poter scegliere se improvvisare ritmicamente o melodicamente; in entrambi casi la progressione delle note è Jazz ma lo stile cambia: da free Jazz a acid Jazz.

23	-12	57	57	11	38

Figura 4.7 ◊ Esempio di frase

GenJam può leggere anche file dove vi è tracciato uno stile e un ritmo Jazz così da poter seguire una linea melodica abbastanza orecchiabile. GenJam è stato realizzato in ambiente Mac, scritto in C nel 1993 da John A. Biles.

Principio di funzionamento dell'algoritmo

Tutto ciò avviene tramite una serie di bit su stringa tipo cromosoma che mappano una sequenza di melodie e le trasformano in parametri.

Una frase è implementata come una sequenza di 4 misure, queste due popolazioni formano una gerarchia dipendenti da strutture melodiche.

11	6	9	7	0	5	7	8	7	5
38	-4	7	8	7	7	15	15	15	0
57	22	9	7	0	5	7	15	15	0

Figura 4.8 ◇ Frase e sue misure

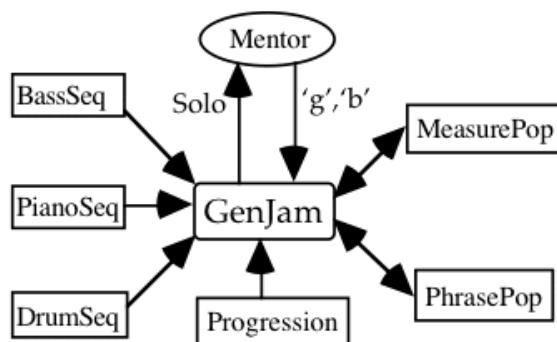


Figura 4.9 ◇ Architettura del sistema

Mentre ascoltiamo un assolo il mentor può registrare una o più “g” se una melodia è giudicata buona; una o più “b” se una melodia è giudicata cattiva. La funzione fitness per una data misura o frase è ottenuta incrementando alcuni valori o contatori, dipendenti dalle sequenze in arrivo, ogni volta che una “g” è registrata oppure decrementando ogni volta che una “b” è registrata.

I valori modificati della funzione fitness vengono poi riscritti in un file

Cmaj7	Major (avoid 4th)	C D E G A B
C7	Mixolydian (~ 4th)	C D E G A Bb
Cm7	Minor (avoid 6th)	C D Eb F G Bb
Cm7b5	Locrian (~ 2nd)	C Eb F Gb Ab Bb
Cdim	W/H Diminished	C D Eb F F# G# A B
C+	Lydian Augmented	C D E F# G# A B
C7+	Whole Tone	C D E F# G# A#
C7#11	Lydian Dominant	C D E F# G A Bb
C7#9	Altered Scale	C Db Eb E F# G# Bb
C7b9	H/W Diminished	C Db Eb E F# G A Bb
Cm7b9	Phrygian	C Db Eb F G A Bb
Cmaj7 #11	Lydian	C D E F# G A B

Figura 4.10 ◇ Tabella delle scale possibili sui diversi toni

dopo che l'assolo termina. La figura 4.3 mostra l'architettura di GenJam e permette di visualizzare alcune sue importanti operazioni, dove in input prende un file di progressione e il mentor improvvisa. La figura 4.4 mostra tutte le possibili varianti di scale che possono essere usate nel sistema.

4.3.2 IlTur

IlTur è un sistema composto da una parte hardware fondamentale, alcuni dispositivi chiamati “beatbug” [44] che registrano musica live da un input MIDI o da strumenti acustici in real time, trasformandoli come output in temi e variazioni musicali.

Core di IlTur

Per sviluppare il programma sono stati presi in considerazione algoritmi genetici basati sul modello d'improvvisazione musicale di Pressing, Rowe e

Lewis.

Il sistema è composto da due parti principali, la prima è studiata per gli utenti esperti mentre la seconda per utenti meno esperti. La prima è composta da varie sezioni specifiche, quali la progressione di scale, accordi armonizzati, toniche che modulano, modulazione su temi vari mentre la seconda è composta dai classici standard Jazz, così da poter improvvisare. Sono tre le fasi principali del programma:

- recording
- triggering
- transmutation

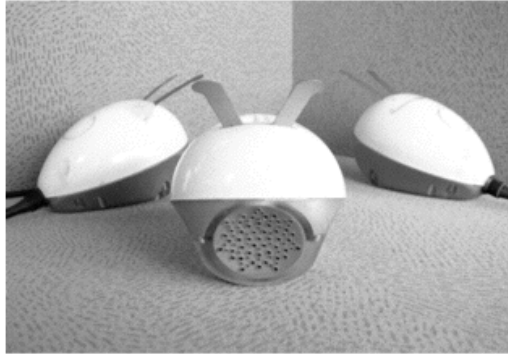
Nella prima fase vengono registrati i dati sul sistema, dopo inizia la fase di sviluppo di questi ultimi e infine avviene la trasformazione dei dati restituendo in output eventi MIDI.

Il tutto dipende da alcuni controller detti “beatbugs” che analizzeremo fra breve.

Interfaccia di ITur

Vediamo ora in cosa consistono i controller detti “beatbug”. Nella figura 4.11 e 4.12 si può vedere un controller beatbug. Il Beatbug è composto da sensori pizzico-elettrici a forma di antenne sulle quali poggiando le mani si dà inizio alla fase di riproduzione e registrazione di un suono. Piegando le antenne si decide l’inizio e la fine della registrazione di un evento. Per leggere i dati dalle antenne viene usato un PIC programmabile 16f876, controllati da alcuni Led e codificati tramite dati MIDI.

La parte di registrazione può iniziare con due musicisti che usano i beatbugs controllando due procedure differenti, una per la ritmica e una per la melodia o armonia; oppure potrebbe iniziare dapprima la registrazione del suono di un pianoforte, dopodiché, con la piegatura delle antenne, si può modificare il suono.

Figura 4.11 ◊ **Beatbug**Figura 4.12 ◊ **Beatbug**

Potremmo avere una composizione scritta in $11/8$, iniziando con una melodia della tromba MIDI interfacciata al sistema, questa viene registrata, la persona che ha in mano il controller modifica l'ampiezza del suono della tromba, mentre da un altro lato un'altra persona può interagire col piano MIDI, così da creare un effetto di improvvisazione-virtuale tra due “musicisti beatbugs”.



Figura 4.13 ◇ Esecuzione con la tromba muta



Figura 4.14 ◇ ITur in fase recording

Conclusioni

ITur è stato spesso testato con diverse sessioni orchestrali, anche in concerti di un certo livello, quali il Festival Electro-Acoustic di San Diego nel 2004, il congresso internazionale di musica per computer a Miami nel 2004 e il concerto per le macchine che imparano al Eyedrum Atlanta 2005.



Figura 4.15 ◇ International Computer Music Conference, Miami 2004

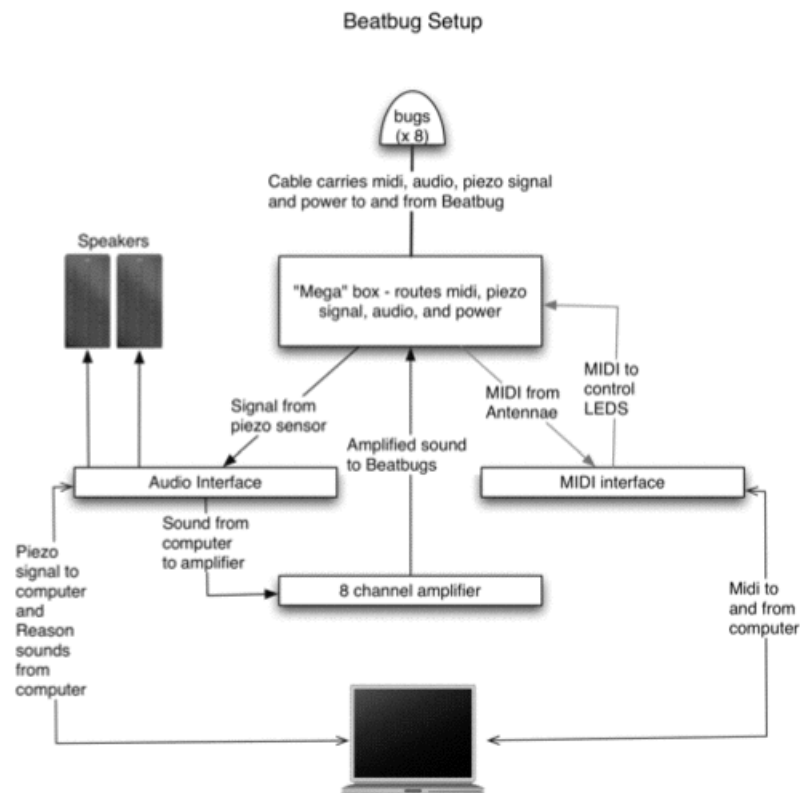


Figura 4.16 ◇ Architettura di IITur

Parecchi musicisti, debuttanti e non, hanno trovato riscontri positivi su questo sistema, due i principali:

- la possibilità per un musicista debuttante di imparare da una macchina in grado di suonare Jazz.
- formare un'esperienza che unisce musicisti debuttanti e professionisti.

4.3.3 SoundWorld

Vediamo ora brevemente un altro programma che usa algoritmi genetici [12, 19]. SoundWord è un programma che può trasformare gli Sms in melodie. Le parole diventano bit e I bit musica.

Un computer dell'Università di Genova materializza una magia postmoderna: poesie, racconti, rime e versi scorrono lentamente sul monitor e si trasfigurano in note musicali. Accade con Dante e Shakespeare, Goethe e Manzoni, Borges e Pasolini e con tante altre opere della letteratura mondiale.

Eppure l'incantesimo è solo apparente e ha un nome fin troppo banale: SoundWord, un programma "genetico", capace di trasformare testi di tutte le lingue in note e di suonarle poi come uno strumento. È stato realizzato dai ricercatori del Dipartimento di Informatica dell'Università di Genova. I brani generati da SoundWord sono stati ribattezzati "meta-musica" e solo in parte seguono i canoni tradizionali. Insomma non è una vera e propria una sinfonia classica. Il risultato somiglia piuttosto a certe "suite" contemporanee: suggestive, a volte un pò inquietanti, ma sorprendentemente gradevoli all'ascolto.

Molto dipende dalla lingua dalla quale avviene la traduzione testo-musica. Più melodiche, infatti, sono le lingue neolatine, italiano, spagnolo e francese in testa. Più ricche di ritmo, ma anche di dissonanze, quelle anglosassoni e slave. L'idioma inglese, tradotto in suoni, crea poi composizioni lunari, simili ad alcuni capolavori nel Novecento. Insomma, ogni linguaggio trasmette emozioni diverse.

Paola Magillo

L'idea della "meta-musica" nasce da una domanda: come creare note senza conoscere il pentagramma? "la risposta - spiega Paola Magillo, docente di Informatica all'Università di Genova - è stata molto pragmatica: trasformare le parole in suoni".

"SoundWord - prosegue Paola Magillo - traduce ogni parola in una battuta della durata di 4/4 (quattro quarti). Ciascuna lettera della parola genera una nota all'interno della battuta stessa. Parole più lunghe producono battute con molte note brevi, mentre parole più corte producono battute con poche note di maggiore durata. Il programma ha inoltre un elemento di "creatività" e sceglie autonomamente la distribuzione della durata delle note in una battuta".

Il percorso della traduzione testo-musica funziona anche al contrario. In altre parole, qualsiasi melodia può diventare testo. Il risultato è ovviamente molto surreale. "Il programma crea idiomi totalmente nuovi e originali - continua Magillo - e può essere utile anche per crittografare testi, trasformarli in musica e poi nuovamente in lettere".

Un aspirante compositore dilettante può ottenere dal programma una prima melodia e poi ritoccarla manualmente a suo piacimento, grazie alle indicazioni e ai suggerimenti del programma. Un compositore esperto può invece trarre spunti dai suoni ottenuti, modificandoli con precise regole armoniche e creando una composizione originale. Inoltre, SoundWord può essere usato come mezzo ludico per avvicinare i bambini alla musica, perchè i piccoli, giocando, possono scoprire l'analogia fra la struttura di una frase espressa con un linguaggio naturale (parole, lettere) e la struttura di un brano musicale (battute, note).

Musicalità nelle lingue

SoundWord analizza anche la musicalità delle lingue. "La differente lunghezza media delle parole di testi in italiano, inglese, francese, tedesco, spagnolo,

portoghese e altri idiomi - spiega Paola Magillo - crea melodie diverse. Considerazioni analoghe si possono fare riguardo alla prevalenza di certe lettere nelle parole di una particolare lingua. Si potrebbero aprire nuovi spunti nello studio della filologia”.

La “meta-musica” è anche uno strumento di comunicazioni e SoundWord può essere usato per trasmettere messaggi all’interno di una melodia: “Anche Bach inseriva nei suoi capolavori la sua data di nascita, il suo nome e altre indicazioni sulla sua attività - sottolinea Magillo - Per il popolo del computer non servirà studiare contrappunto e matematica, ma sarà sufficiente avere la stessa configurazione di SoundWord per rendere univoca la traduzione inversa”.

Grazie a una versione “per cellulari” è stato possibile inviare sms e tradurli in musica. E magari, utilizzando la stessa tecnologia, creare melodie personalizzate partendo da piccoli messaggi.

4.4 Swarm

Ora vediamo brevemente un altro tipo di approccio utilizzato per creare un programma d’improvvisazione. Swarm è un programma d’improvvisazione jazz che impara dagli insetti [35].

4.4.1 Swarm

Due docenti dell’University College di Londra Tim e Peter Bentley [24, 25] hanno messo a punto un programma d’improvvisazione jazz (The Swarm Music) che simula uno sciame d’insetti nella sequenze di note create. O meglio, come suonerebbero se i loro movimenti venissero tradotti in suoni.

La coppia infatti studia come modellare processi naturali in programma, e crede che la musica improvvisata si autorganizzi nello stesso modo in cui lo fanno gli sciami d’insetti e gli stormi di uccelli. Studiando modelli a computer che riproducono fenomeni naturali, e Bentley [39, 40] sono partiti dall’ipotesi

che la musica improvvisata segua gli stessi modelli organizzativi degli insetti e degli uccelli.

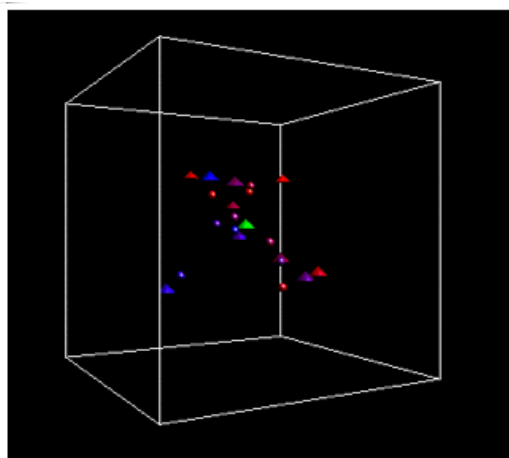
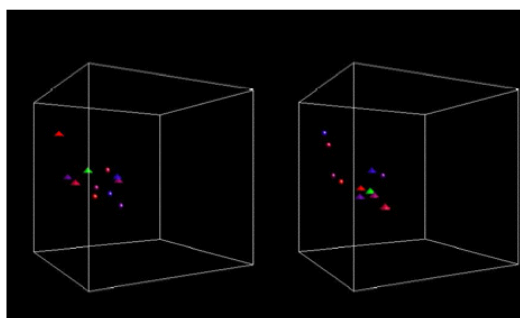
Principio di funzionamento

Il programma lavora trattando la musica in uno spazio tridimensionale in cui le dimensioni sono costituite dal tono, dal volume e dalla durata della nota. Quando il musicista comincia a suonare, immediatamente uno “sciame” di particelle digitali comincia a volteggiare intorno alle note suonate. Così, mentre il musicista, o i musicisti, suonano, le note vengono tradotte dal programma in un insieme di “particelle” virtuali che si dispongono in uno spazio tridimensionale e si muovono come le api in cerca del polline.

Periodicamente alcune particelle sono tradotte in note o accordi che sono riprodotti una battuta dopo quelle del musicista. Seguendo semplici regole del tipo “va al centro dello sciame” o “non ti scontrare con altri membri dello sciame” si ottiene della musica che, secondo Bentley [39, 40, 77] difficilmente può essere distinta da quella suonata dagli esseri umani. Il loro movimento viene a sua volta restituito sotto forma di suoni, che formano così un accompagnamento.

La musica dello Swarm è interattiva: gli eventi musicali esterni dagli esseri umani (o da altri swarms) sono bloccati e posizionati nello spazio di parametro di musica come attrattori. Lo scopo era inventare un sistema artificiale che sarebbe stato capace di produrre l’interazione in tempo reale con gli improvvisatori.

Allora, le osservazioni e l’esperienza pratica in musica improvvisata (cioè musica che si compone immediatamente ed effettuata, in tempo reale e senza revisione) hanno condotto a credere che l’interazione dell’inter-musicista potesse essere analizzata con le regole semplici. Penseremmo quindi ad un’auto-organizzazione. Ciò spiega perchè le improvvisazioni possono avere una forma coerente anche se non vi è capo o segno musicale.

Figura 4.17 ◇ **Swarm tridimensionale**Figura 4.18 ◇ **Multi-Swarm**

Sistema multi-swarm

L'interazione fra gli swarms è mediata da gruppi di attrattori. Ogni attrattore rappresenta un evento musicale, che può iniziare esternamente o da altri swarms nella colonia. Ogni swarm rappresenta un individuo ed il sistema nell'insieme un insieme d'improvvisazione. I principi dell'auto-organizzazione si accertano che ciascuno specifico produca un'improvvisazione coerente, che

la colonia organizza in una struttura su grande scala. Il multi-swarm può funzionare autonomamente, o può essere condotto. In un'improvvisazione condotta (conduzione), il conduttore usa i gestures per influenzare e dirigere le improvvisazioni di un gruppo.

4.5 Altri sistemi

Esaminiamo ora altri due programmi basati, il primo su regole e meta-regole mentre il secondo sull'analisi di conversazione.

4.5.1 NèOpus

Il sistema NèOpus [74] permette di suonare/improvvisare musica Jazz tramite modelli con funzione di concatenazione di regole e meta-regole; in particolare rappresenta la conoscenza in termini di rapporti tra oggetti. NèOpus usa una serie di regole o più precisamente:

- oggetti
- regole
- meta-regole

L'operazione di scrittura di tali sistemi, basati sulla conoscenza, è estremamente difficile per la diversità che c'è tra le definizioni convenzionali esistenti (ereditate dalla musica classica) ossia la teoria convenzionale delle corde, dei modi e delle scale.

Sapendo costruire o analizzare un suono su una corda, suonare su una scala, può essere considerato un lavoro di tipo procedurale, nel senso che ci sono procedure già esistenti disponibili a compiere questo lavoro.

L'attività dell'improvvisazione non è certamente e interamente spontanea. Per far ciò bisogna avere già una base di studi musicali, un background musicale, una conoscenza accurata di pattern; l'importante è saper unire tutte queste capacità acquisite atte a comporre un sistema di regole.

Regole

Le regole in NèOpus vengono usate per rappresentare la conoscenza associata ai nomi delle note o delle corde, nel caso si utilizzi uno strumento a corde, la sintassi è la seguente:

- Un nome di regola seguito da una parte “variabile” di una dichiarazione fra le barre verticali, in cui le “variabili sono” dichiarate dal loro nome
- Una lista di nomi locali (che possono rappresentare anche tutta l'espressione)
- Una parte di azione (anche qualsiasi espressione)

<pre>majorTwoFive Chord c1 c2 c1 isMinor. c2 <- c1 followingChord. (c1 includes: c1 flatFifth) not. c2 isSeventh. c2 root = c1 root fifth. actions aTwoFive aTwoFive <-TwoFive new root: (c2 root fourth) index: c1 index; tonality: #major. aTwoFive go</pre>	<pre>minorTwoFive Chord c1 c2 c1 isMinor. c2 <- c1 followingChord. c1 includes: c1 flatFifth. c2 isSeventh. c2 root = c1 root fifth. actions aTwoFive aTwoFive <-TwoFive new root: (c2 root fourth) index: c1 index; tonality: #minor. aTwoFive go</pre>
--	--

Figura 4.19 ◇ Regole

Ad esempio, una frase musicale potrebbe essere descritta come una sequenza di note, un tempo iniziale, un tempo di conclusione, una velocità (o pressione); ad esempio, la nozione di “Two-Five” è rappresentata bene nel seguente modo:

“Two-Five” è una sequenza di due note “D-G”; ci dui G è la radice di D trasposta di un quarto, rapporto comunemente detto in armonia D in IV rivolto. Problemi potrebbero insorgere se la sequenza fosse più lunga come nell'esempio “D 7 9+ G 7”, in questo caso non si può dire con esattezza qual'è la tonalità di base.

Le regole possono essere anche specificate con delle azioni espresse nella seguente tipologia di sintassi:

- regola
- azione

```
rule    r
      (currentChord ?c ?- ?- ?tonality)
then    (produce (arpeggioFrom ?tonality ?c))
```

Figura 4.20 ◇ Regole

```
rule    rLate
if
      (currentTime ?t)
      (logicalTime ?l)
      (< ?t ?l)           ; we are late on the schedule
then    (trigger fastDecisionPack)
```

Figura 4.21 ◇ Regole

Una regola potrebbe essere scritta in un “pacchetto” chiamato arpeggio, così come altre regole riguardanti molte variazioni per produrre diversi arpeggi.

Meta-Regole

Le regole sono organizzate in “pacchetti” o gruppi di regole per fare in modo di stabilire lo stile da interpretare nella musica Jazzistica, ad esempio Free

```
rule rAhead
if
    (currentTime ?t)
    (logicalTime ?l)
    (> (?t (+ ?l 1000))      ; we are 1 second ahead on the
schedule
then (trigger slowDecisionPack)
```

Figura 4.22 ◊ Regole

Jazz, Latin Jazz, Cool Jazz. Le meta-regole servono per descrivere l’analisi delle regole, in pratica costruiscono una regola con tutte le sue possibili strutture.

Una regola di base A che eredita dalla base B sarà considerata meno specifica rispetto alla regola B vista l’ereditarietà presente nelle regole. Si crea perciò un albero di regole di base dove vengono specificate le classi di regole con un ordine gerarchico.

<pre>endOfSequenceAnatole Turnaround a . Sequence s s == a sequence. s generalTonality doesNotExist. a isAtEnd. actions s generalTonality: a tonality</pre>	<pre>choiceMelHarm Chord c c notAnalysed. c isMajor. c hasTonalityIn: #minorHarmonic. c hasTonalityIn: #minorMelodic. actions c analyse: (c tonalityIn:#minorHarmonic).</pre>
---	---

Figura 4.23 ◊ Regole

Strategie

Per fornire una struttura concettuale tesa a rappresentare la conoscenza si introduce la nozione di “strategia”:

“una strategia è l’azione potenziale relativa alla musica da produrre.”

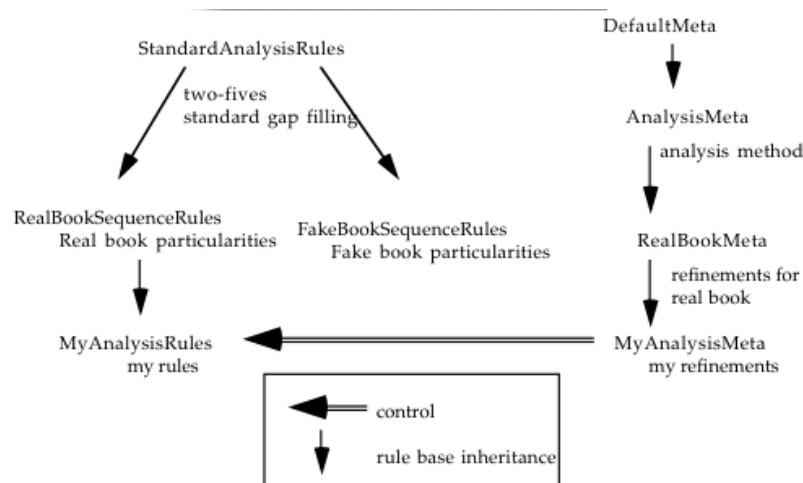


Figura 4.24 ◇ Regole di base per l'analisi

È strutturata nel modo seguente:

- un tipo che specifica la natura della strategia.
- una validità di intervallo di tempo, possibilmente aperto.
- un nome che specifica l'azione.
- un insieme di regole che effettuano realmente la strategia.

Un esempio di strategie tipiche:

- suonare più alto.
- suonare più note.
- suonare con l'arpeggio.
- andare in tono.
- trasporre l'ultima frase di un tono e mezzo.

Tre azioni sono di particolare importanza:

- identificazione di tutte le regole.
- selezione di una regola ben precisa da utilizzare.
- applicare l'azione corretta.

4.5.2 Improvisation Builder

Il sistema ideato da William Franklin Walker [80] fa riferimento ad un modello di improvvisazione tratto dalla vita reale, ossia improvvisazione come conversazione.

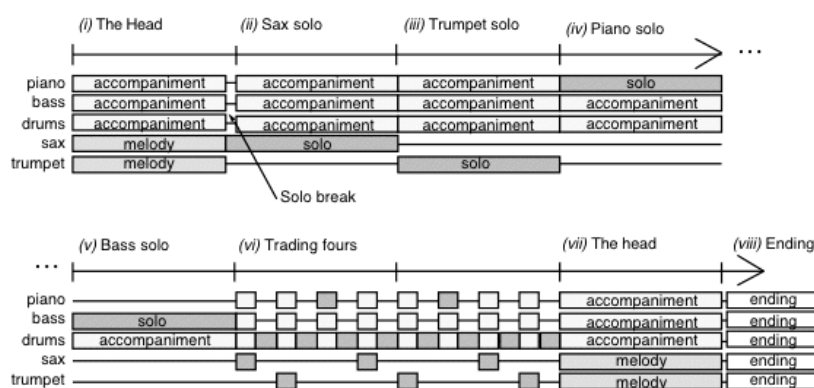


Figura 4.25 ◊ Time line di una struttura d'improvvisazione Jazz

Il metodo più adatto per l'obiettivo da raggiungere è simile ad un'attenta analisi (empirica se vogliamo) di conversazione tra due persone, chiamata dall'autore appunto "Conversation analysis" o brevemente "CA" [11].

La conversazione è un susseguirsi di parole, suoni e pause, che vengono registrate nel nostro cervello per poi essere trasformate in concetti e risposte. La "CA" studia il modo con il quale la gente usa la lingua per formare costrutti sintattici. Il sistema è stato testato spesso con l'orchestra di YahaSalmaMaz.

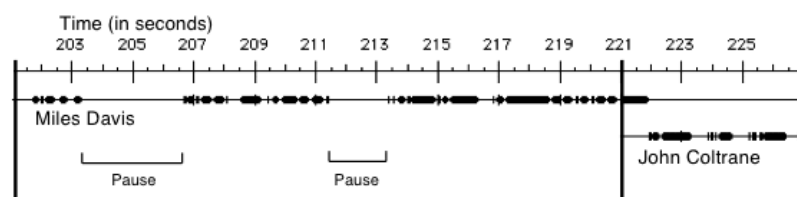


Figura 4.26 ◇ Time line di improvvisazione con pause

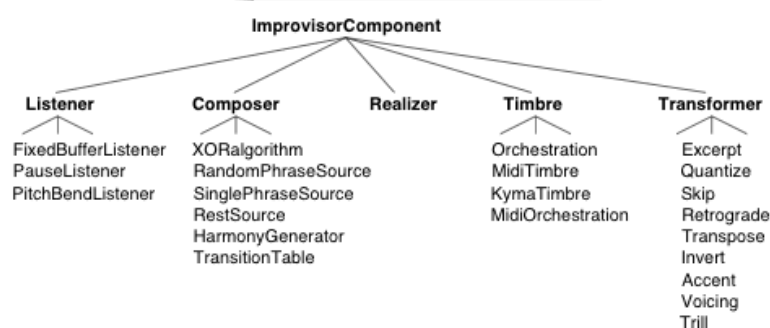


Figura 4.27 ◇ Gerarchia della classe ImproviserComponent

Core di Improvisation Builder

Il sistema è composto da alcuni sintetizzatori Yamaha guidati da un programma scritto in Lisp e denominato “Sound e Logica” (SALE); SALE processa dei dati presi in input da una tastiera MIDI e genera nuovi suoni o forme musicali a seconda dello stile voluto.

I “Trasformatori” ed i “Compositori” generano le nuove frasi, trasformando frasi, pattern e intervalli in “dati udibili” agli ascoltatori, tutto ciò con svariati algoritmi e in un breve lasso di tempo. Improvisation Builder è formato da un ascoltatore e da una sorgente.

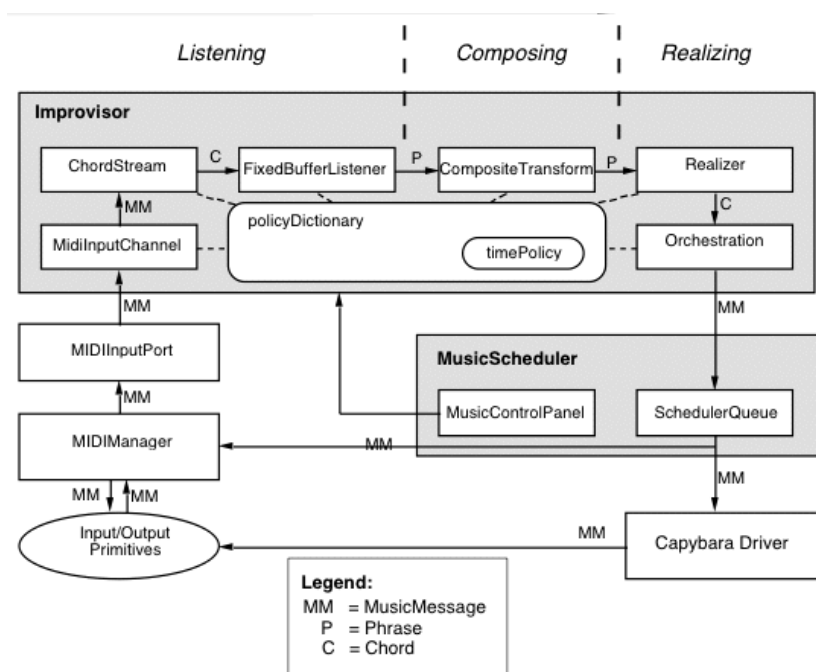
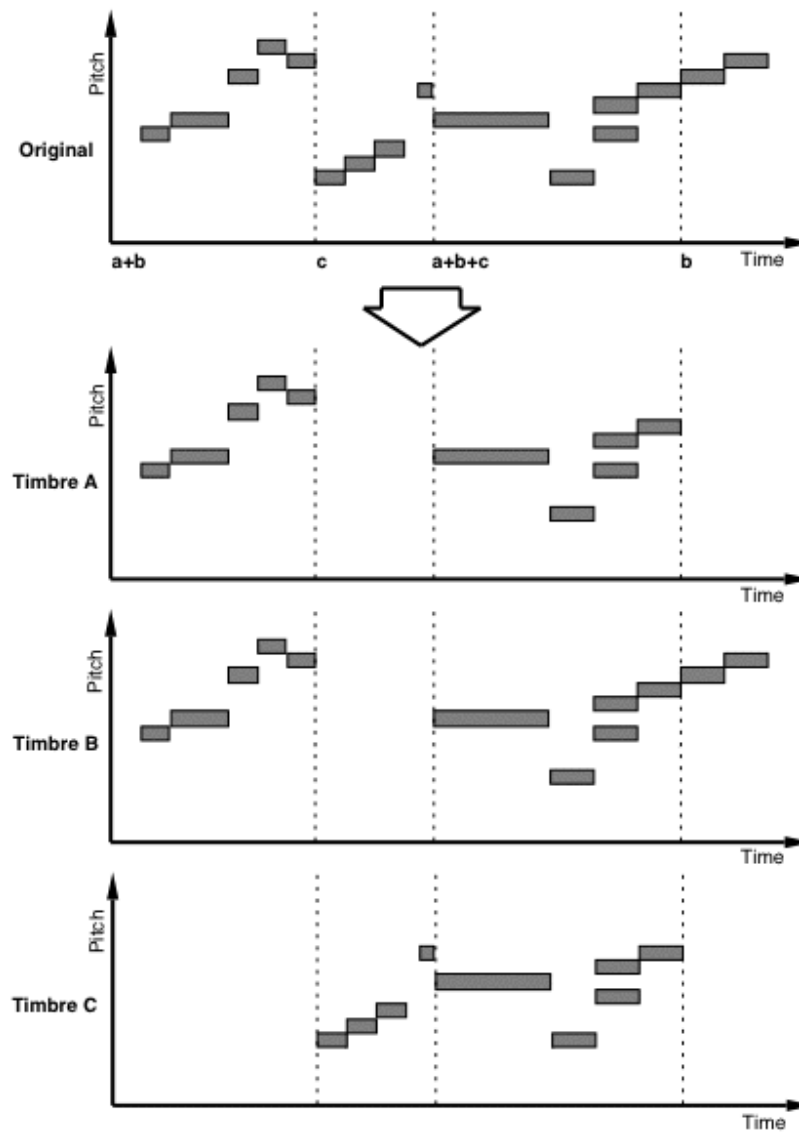


Figura 4.28 ◇ Tipica configurazione di Improvisation Builder

Figura 4.29 $\diamond$ Orchestrazione con tre timbri

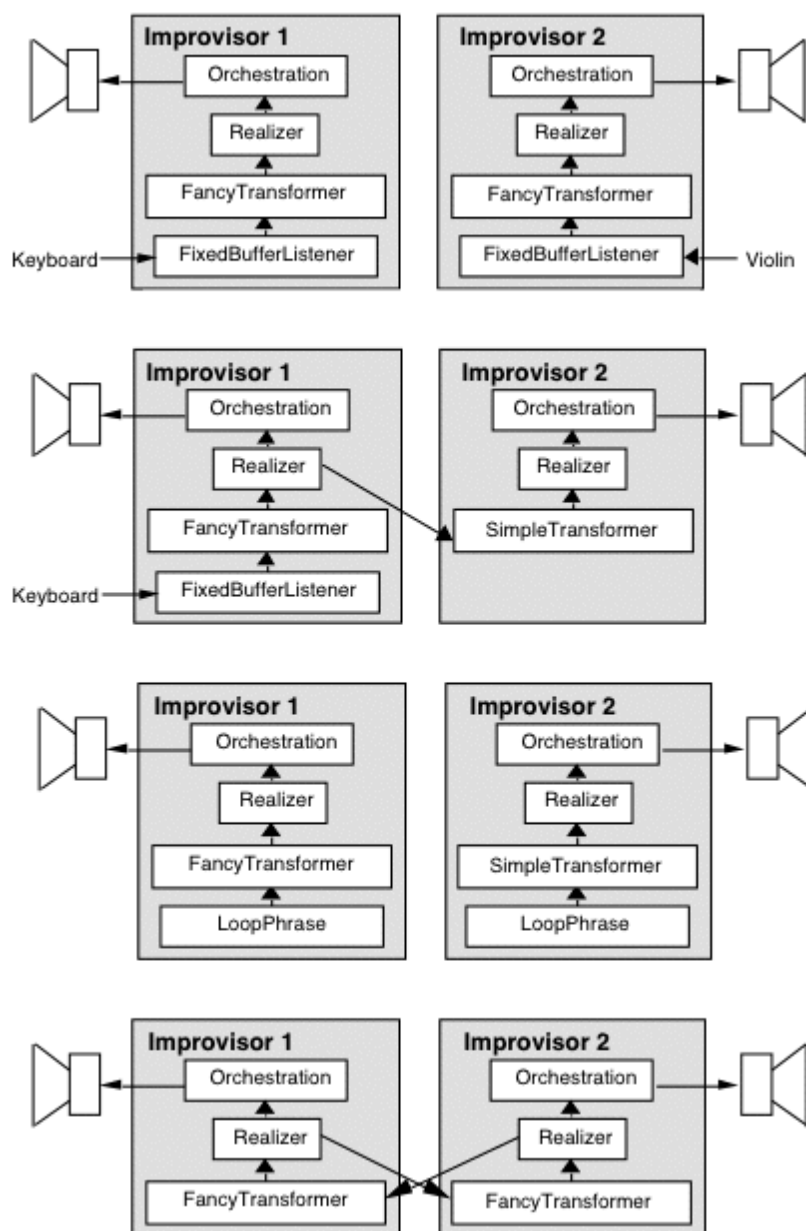


Figura 4.30 $\diamond$ Sound and Logic 80 e diverse configurazioni

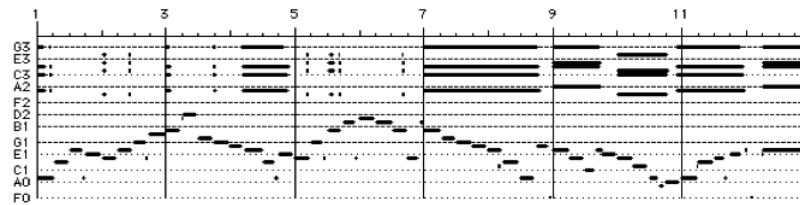


Figura 4.31 ◇ Tipico Wolking Bass e accompagnamento

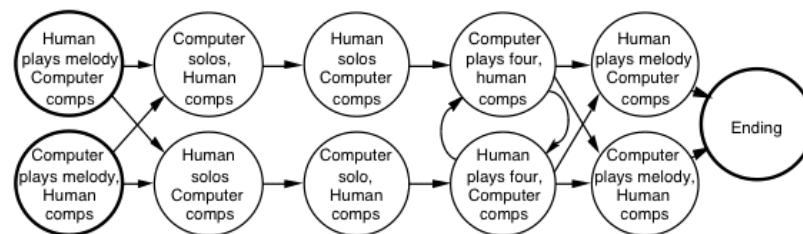


Figura 4.32 ◇ Macchina a stati finiti per due soli di pianoforte Jazz

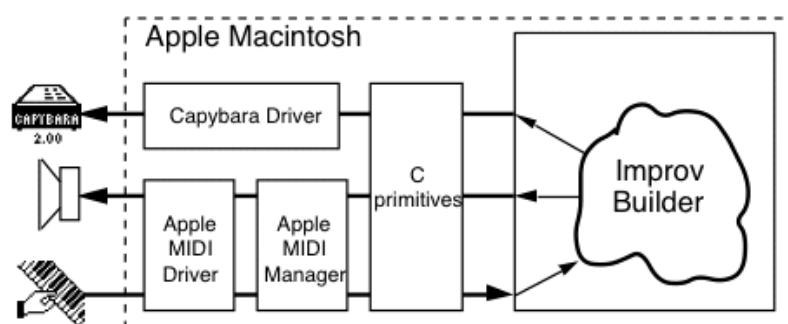


Figura 4.33 ◇ Connessioni input e output

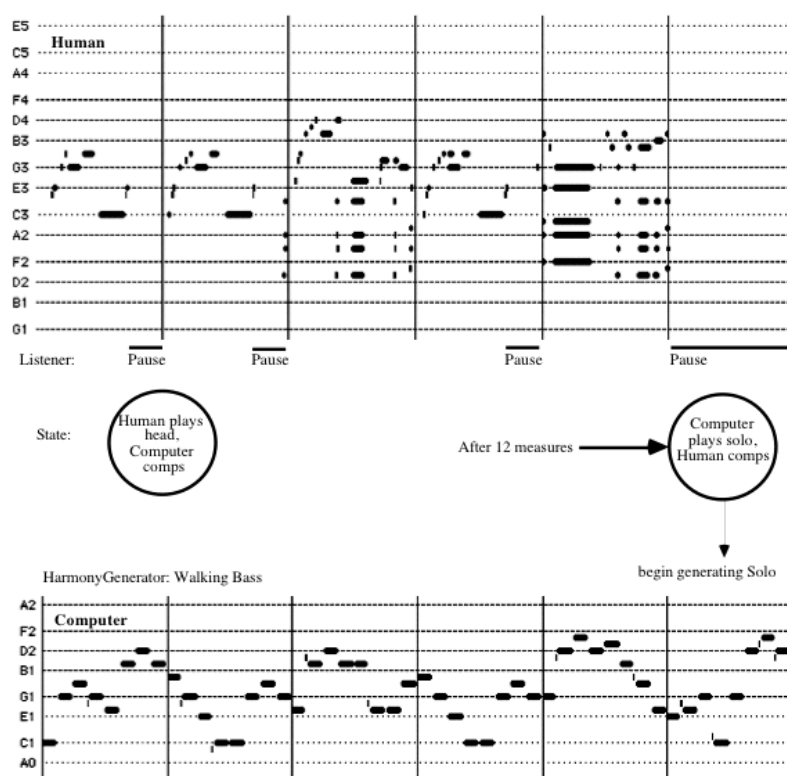


Figura 4.34 ◇ Persona suona una melodia, Computer accompagna

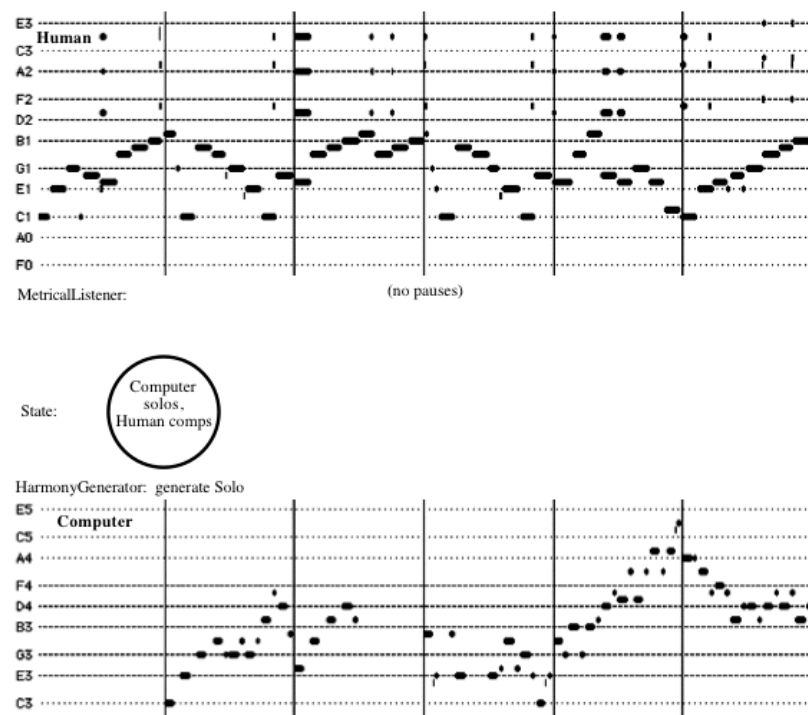


Figura 4.35 ◇ Computer solo, Persona accompagna

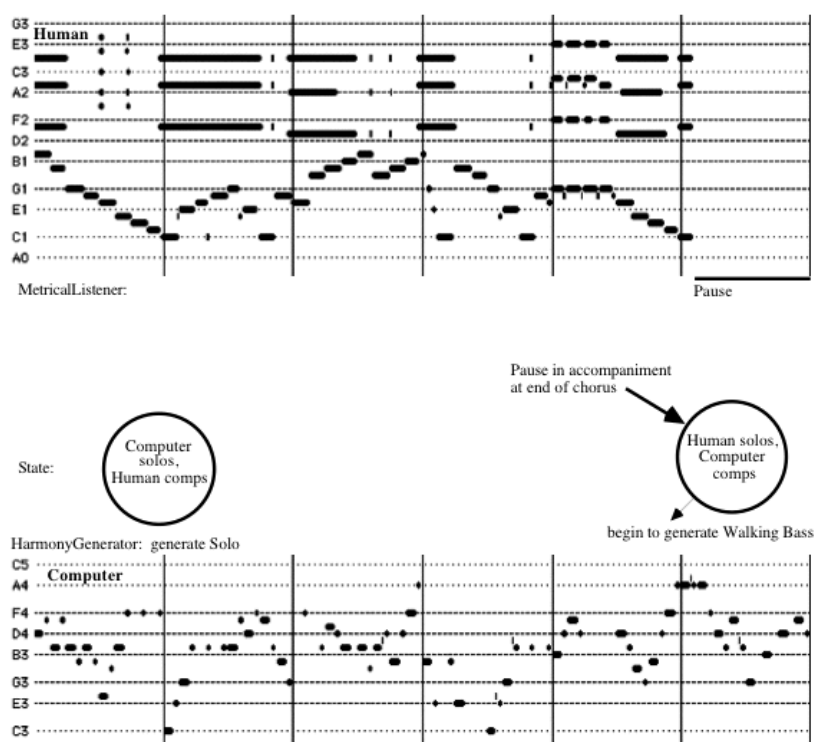


Figura 4.36 ◇ Computer solo, Persona accompagna

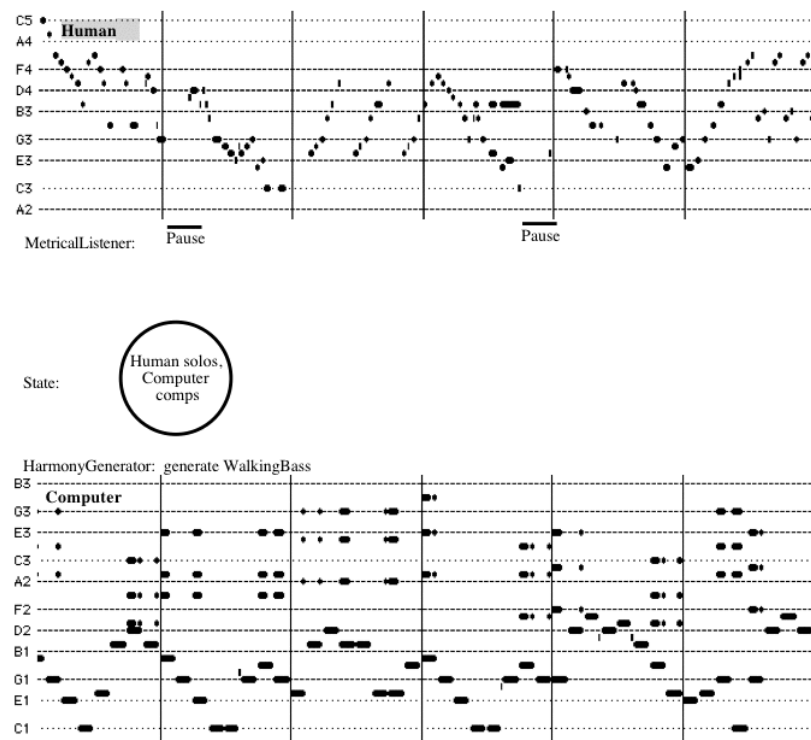


Figura 4.37 ◇ Persona solo, Computer accompagna

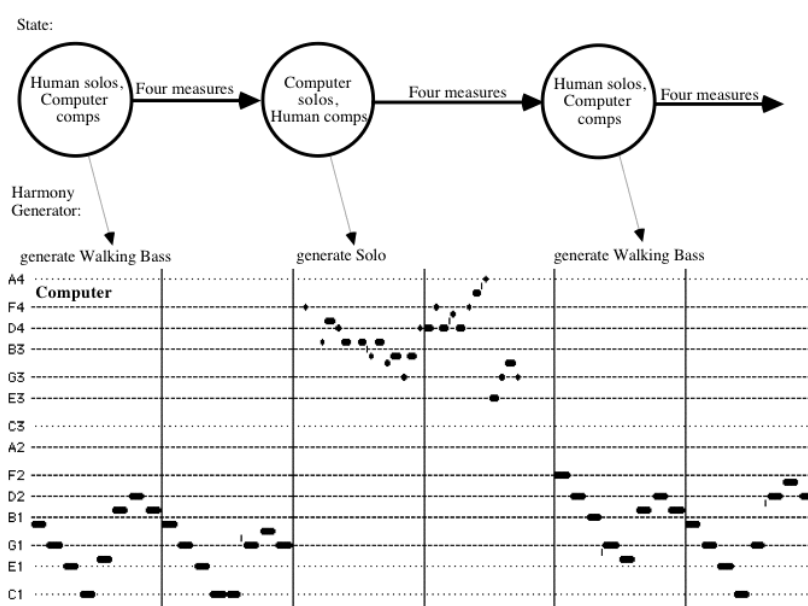


Figura 4.38 ◇ Persona, Computer, Persona

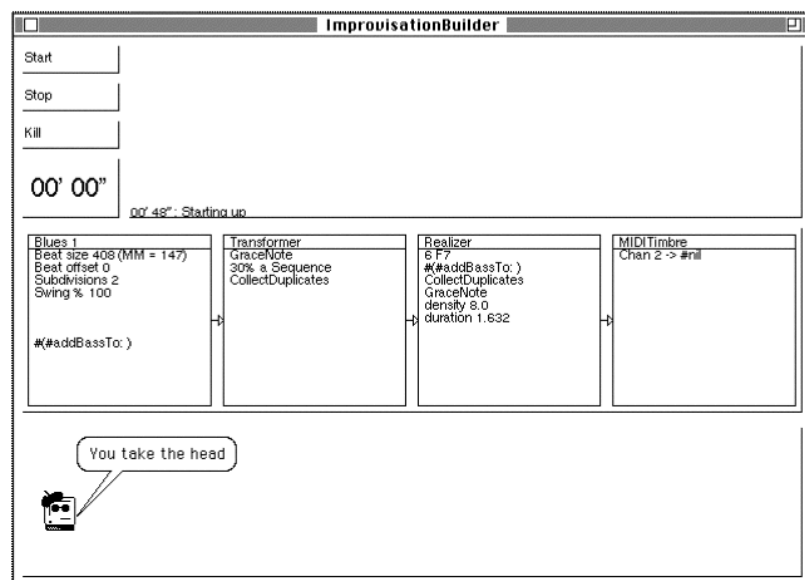


Figura 4.39 ◇ Interfaccia Improvisation Builder

Capitolo 5

Un agente jazz

5.1 Introduzione

Dopo aver analizzato alcuni programmi che riescono, in qualche modo, ad improvvisare e a suonare, in questo capitolo descriverò un progetto di mio particolare interesse. Il progetto prende spunto semplicemente nel modo in cui io suono il mio strumento, la chitarra.

Ritornando indietro col tempo, all'età di 14 anni il mio modo di suonare cambiò: nel suonare un brano aggiungo sempre note di passaggio o accordi da me definiti “strani” per rendere il tutto più orecchiabile al mio stile. Intendo precisare con ciò che ogni brano ha la sua “bellezza musicale” ma ogni persona vuole farne una “propria interpretazione”. I passi erano semplici: cercare gli accordi del brano, fare una prima strofa con gli accordi originali e fare tutte le altre con i “miei” accordi.

Gli accordi che definisco “strani” dopo svariati anni di studio e di esperienza musicale li ritrovo in alcuni brani Jazz, Samba, Bossa-Nova, Blues, Funky; tutto ciò per il semplice fatto che fino ai 14/15 anni ascoltavo molta musica classica. Con questo spero di aver spiegato indirettamente l'idea di un mio progetto musicale nel campo dell'AI, cioè creare un programma che dato in input una sequenza di accordi li trasforma nel genere voluto dall'utente. Ad esempio, dato un Walzer, l'output sarà un Walzer-Jazzato.

Tutto ciò che scriverò in questo capitolo è “molto e ripeto molto” soggettivo.

5.2 ReC

Il programma si chiama ReC per due motivi divertenti; il primo, in inglese la parola “rec” significa “registrare” e il secondo, “ReC” è l’unione delle lettere iniziali del mio nome e cognome.

5.2.1 L’idea

Dato un brano generico di qualsiasi genere, sia esso leggero, pop, rock, walzer, tango l’idea è quella di trasformarlo in chiave Jazz. Ad esempio, partendo da un brano di musica leggera col famoso giro di Do (Do, La min, Re min, Sol 7) si potrebbe pensare di trasformarlo in chiave jazz con i seguenti accordi:

- Do ————— Do 7/9 oppure Do 7+/10
- La min ——— La min 7/9
- Re min ——— Re min 6/7/9 oppure La min 6/9
- Sol 7 ————— Sol 7+/10

Per fare tutto ciò, abbiamo bisogno di una buona cultura musicale, non tanto di conoscere nel minimo dettaglio la teoria musicale o lo studio dell’armonia, ma di ascoltare, ascoltare ed ascoltare; su questo mi soffermerò più avanti.

Un altro esempio potrebbe essere ascoltare un Walzer e riproporlo in chiave Jazz, dove il classico 3/4 venga modificato per adesso solo nell’armonia:

- La min ——— La min 7/9
- Re min ——— Re min 6/7/9 oppure La min 6/9
- Mi 7 ————— Mi 7+/10

Ascoltare e P2P

Credo che nella musica il 60 per cento del tempo deve essere finalizzato allo studio ed il rimanente dovrebbe essere dedicato all'ascolto di quanta più musica si riesce ad ascoltare; da qui si evince come le parole chiavi (sempre secondo una mia interpretazione) della musica potrebbero essere "ascoltare, ascoltare ed ascoltare". Anche non conoscendo la teoria musicale, non studiando l'armonia e ascoltando fin da piccolo si può diventare "grandi maestri" come Bob Dylan, Jimi Hendrix, Eric Clapton, Rolling Stones, Beatles o altri nomi del Blues Nero Africano. Senza dimenticare che il loro successo non è stato solo per la loro musica ma anche per i loro testi, in quel periodo di grande aiuto per la società: temi come il razzismo, la pace, la rivolta di una società consumistica, ecc.

Dopo aver spiegato il motivo per cui si dovrebbe ascoltare una grande quantità di musica rimane ora da spiegare come può una persona acquistare CD o altro materiale musicale e non, nel caso in cui è impossibilitata economicamente ed avendo una grande passione per la musica, visto i prezzi di un singolo CD.

Con ciò, voglio dire che sono favorevole alla sharing di musica, al peer-to-peer e capisco che, gente come me, con una forte esigenza di ascoltare musica, avrebbe voglia di ascoltare gratis un brano quando e dove preferisce. Questa filosofia di sharing la estendo in tutte le Arti.

Sorge poi il problema dei musicisti che si lamentano quando non si vendono più dischi; prima di tutto credo che un vero musicista non debba trovare i soldi e il successo "solo" nella vendita del numero di CD ma nei concerti dal vivo, credo che sia quello il posto giusto per dimostrare la propria bravura e il proprio successo; in secondo piano ci sono alcuni musicisti che guadagnano un pò troppo per i miei canoni musicali mentre in altre parti del mondo c'è gente che non ha soldi per mangiare [46, 47].

Ho espresso in questa breve parentesi alcune riflessioni personali ma c'è chi la pensa molto diversamente!!

5.2.2 Il progetto

Il progetto consiste in un sistema in grado di prendere musica in input, in questo caso sequenze di accordi e trasformarle in output negli stessi accordi o simili, ma in chiave Jazz. L'input può essere di tipo MIDI, uno strumento reale o un qualsiasi strumento con interfaccia supportata dal pc.

Si può estendere il progetto con alcuni musicisti che vorrebbero intervenire suonando o improvvisando col sistema, un pubblico che ascolta e il programma stesso che impara dalla reazione del pubblico.

I passi da seguire sono esattamente quelli che ho spiegato all'inizio:

- Trovare gli accordi
- Suonare una prima strofa con gli accordi trovati originali
- Suonare il resto del brano con gli accordi trasformati da ReC oppure improvvisare sul brano.

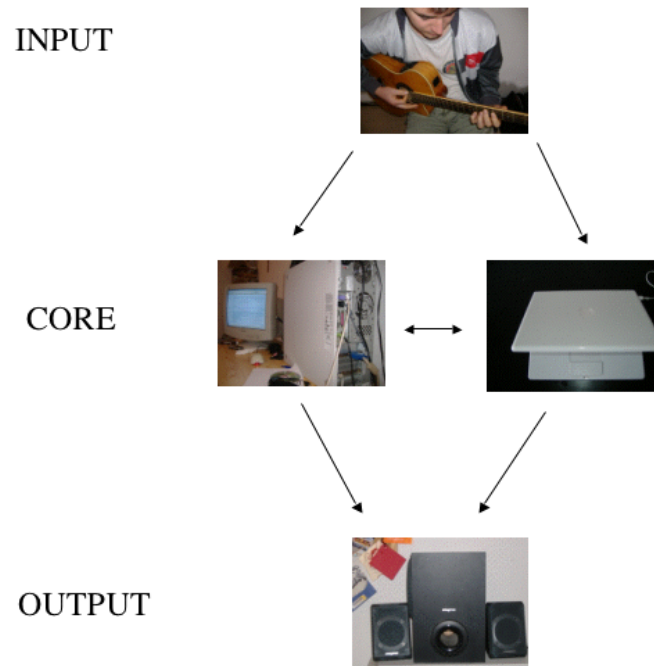
Per trovare gli accordi, in questo caso, non vi è bisogno di alcuna operazione poichè siamo noi che passiamo al sistema gli accordi iniziale mentre il sistema li memorizza in una griglia; dopodichè si riproduce una sequenza di accordi originali e infine, grazie al core di ReC, si riproduce una serie di accordi in chiave Jazz o si improvvisa.

5.2.3 Core di ReC

Definiremo ReC spiegando i seguenti concetti:

- un agente Jazz
- una griglia Jazz
- un ambiente Jazz

che vedremo ora in dettaglio.

Figura 5.1 ◊ **Primo prototipo di progetto**

Un agente Jazz

Semplificando, il ruolo di un agente Jazz consiste nel suonare una sequenza di note, distribuite su una griglia iniziale dove verranno scritti degli accordi. L'agente Jazz percepisce il suo ambiente Jazz attraverso un input sia esso videocamera, microfono, strumento musicale e agisce su di esso mediante attuatori come altoparlanti. Ma più precisamente, cosa vuole dire una griglia di accordi? Come avviene l'interazione tra l'agente Jazz ed il suo ambiente? Quali sono esattamente le caratteristiche? Nel seguito di questa sezione approfondiremo questi punti.

La griglia jazz

La griglia è il primo elemento dell'ambiente che un agente Jazz dovrebbe conoscere. È la griglia che porta l'informazione del pezzo, come sequenze di accordi che rappresentano lo schema armonico. Gli accordi sono scritti in dei quadrati (figura 5.1) che corrispondono ognuno ad una misura, nel caso vi siano più di un accordo per misura il quadrato viene diviso.

E min7(b5)	A 7		C min 7	F 7	
F min 7	Bb 7		Eb maj7	Ab 7	
Bb maj7	Emin7(b5)	A7	D min7	G min7	C7
F maj7	G min7	C7	Amin7(b5)	D 7	
G 7	G7		C min7	C min7	
Eb min7	Eb min7	Ab 7	Bb maj7	Bb maj7	
E min7(b5)	A 7		D min7(b5)	G 7	
C min7(b5)	F 7		Bb maj7	Bb maj7	

Figura 5.2 ◇ Griglia di STELLA BY STARLIGHT

La griglia si legge da sinistra a destra e dalla cima verso il basso. Normalmente, prima di cominciare a suonare, i musicisti scelgono l'output del brano e si mettono d'accordo sul tempo ed eventualmente, su alcune convenzioni ritmiche o melodiche. Inoltre la griglia ha un ruolo molto importante poichè deve definire lo schema armonico per poi trasformarlo nello stesso schema ma modificato.

Tuttavia, l'informazione della griglia è insufficiente per determinare ciò che un agente Jazz farà ma dà buoni tracciati.

L'ambiente jazz

L'ambiente di un agente Jazz può essere classificato come accessibile (udibile e visibile), non deterministico (poichè l'agente Jazz non sa ciò che suoneranno

gli altri, nè come il pubblico reagirà), non episodico (poichè qualsiasi melodia suonata esercita un'influenza sul seguito), dinamico e continuo.

A causa del “suonare o improvvisare in diretta”, la prima conseguenza per l'agente Jazz è che non può tornare indietro. Se si commettessero degli errori nella fase di riproduzione si dovrebbe semplicemente continuare a suonare ma tutto ciò può essere vantaggioso per il sistema, imparando dagli errori. La seconda conseguenza è che l'agente Jazz non ha tempo a sufficienza di riuscire a trovare “pattern esatti” o “idee brillanti” ma piuttosto accetterà la prima buona idea che gli passa per la testa!! Viste queste costrizioni di tempo, si comprende meglio il ruolo della griglia che, avendo l'armonia di base, restringe il grado di libertà dell'agente Jazz affinché possa concentrarsi su problemi di melodia e di ritmo.

Tutto ciò non sarebbe stato un problema se il nostro agente Jazz invece di improvvisare o suonare avesse composto musica, o meglio un agente Jazz compositore; in questo caso avrebbe avuto tutto il tempo necessario, senza nessun vincolo temporale.

Funzionamento

La figura 5.3 mostra lo schema progettuale di ReC. Il modulo di percezione apprende tramite la videocamera e/o dal pubblico e/o da altri musicisti mentre il modulo di ragionamento calcola le note che devono essere suonate; queste vengono trasmesse al modulo di esecuzione che le invia al sintetizzatore ed infine all'altoparlante.

Il modulo di ragionamento progetta in anticipo un certo numero di note (uno o più) che devono essere suonate dal modulo d'esecuzione al momento stabilito.

5.3 Conclusioni

Ho descritto ReC, un programma capace di improvvisare, suonare e imparare musica. Iniziando a descrivere un agente Jazz ed il suo ambiente, ho cercato

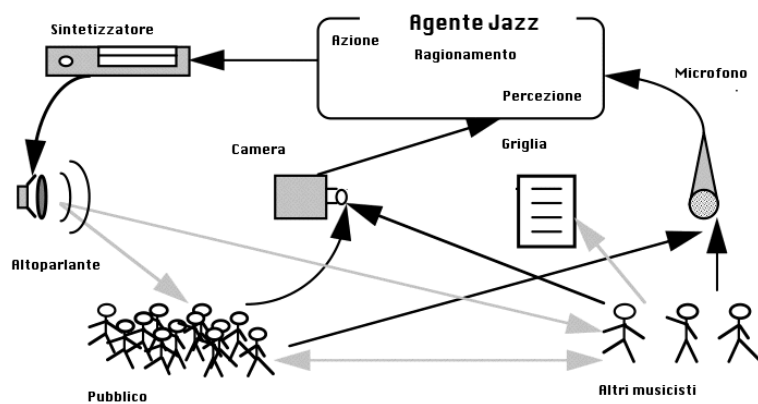


Figura 5.3 ◊ Agente Jazz e il suo ambiente

di fornire quante più possibili informazioni riguardassero il progetto.

Conclusioni

Nella società contemporanea l'informatica riveste un ruolo fondamentale, in quanto la maggior parte di ogni attività necessita di uno sforzo tecnologico per poter esprimere al massimo le proprie esigenze. L'informatica e le nuove tecnologie dell'informazione hanno portato molteplici cambiamenti alle generazioni dagli anni '70 fino ad oggi, ricoprendo nuove discipline e nuove strade ancora da percorrere. L'intelligenza artificiale si propone di cercare una soluzione algoritmica ad un dato problema in un qualsiasi contesto, che vada dal classico robot, dalle ottime capacità di saper affrontare un problema, fino alla scoperta di nuove tecnologie in grado di essere applicate anche nel campo dell'arte.

La tesi cerca di cogliere gli aspetti fondamentali tra informatica e musica, mostrando un affascinante e misteriosa disciplina, come l'intelligenza artificiale, in grado di relazionare questi due mondi non tanto lontani. Grazie ad essa sono riuscito a scrivere un lavoro di tesi che mi porto dietro da molti anni e l'idea di essere arrivato alla fine degli studi permette a me stesso di capire quanto è importante vivere con dei propri sogni nel cassetto. Spero che il lavoro svolto sia di gradimento e di utilità a tutti coloro che, come me, hanno un approccio all'informatica anche di tipo musicale, visto che ho trovato ben poco in Italia, anzi quasi niente.

In conclusione l'informatica è oggi al centro di ogni ruolo ma porta anche a lati superficiali della vita, tralasciando alcuni dettagli fiabeschi del nostro essere principale. Tutto deve avere il giusto equilibrio.

Scriveva Pompeo Magno: Navigare necesse est, vivere non est necesse

(Navigare è necessario, vivere non è necessario); se solo avesse saputo che la parola navigare avrebbe cambiato, in un certo senso, la vita di tutti noi!

Ringraziamenti

Ringrazio la mia famiglia che mi ha dato la possibilità di studiare;

il prof Aldieri per avermi sbloccato musicalmente;

il prof Gaspari per la pazienza e la calma nei miei confronti e mi ha dato la possibilità di potermi laureare con una splendida tesi;

Manuela e Simona per le traduzioni;

papà, carlo e simone per le revisioni nella stesura della tesi;

Enrica per avermi aiutato nella parte delle reti neurali;

Digi, e chi nn lo ringrazia!!! per l'assistenza tecnica e nn solo, ogni qualvolta ve n'è stato bisogno;

Francesca P per avermi sopportato in questi mesi di convivenza;

Andrea T, compagno di viaggio, per aver capito la teoria della renatività e il mio modo affascinante e/o pittoresco di vedere il mondo;

la compagnia del ceppo: celestino, De 4, Fabio, Francesco F, Francesco B, Flavio, Ettore, Francesco LP, Mannarino, Milie, Porkis, Salvino, Simoncino, (da notare, niente nomi femminili...) per avermi sopportato nei lunghi e duri anni e aver capito l'esistenza dei miei infinitesimali tic;

Gli JureDuRè: Dino, Calzone, Sasà, Rimedio, Gola, Ezio, Mario, Domenico, Simone, Io, per vaermi dato quella carica e voglia di sempre di suonare;

Gola, Carlo, Gianluca e Kikki per avermi aiutato nei momenti di crisi e.... follia;

Martina per essermi stata sempre vicina;

Laura e Simona che hanno capito come va e deve andare il fantastico mondo di Renè;

il dottor Enzo e Massimiliano per avermi regalato momenti di magia nelle magnifiche corsette al parco;

tutto lo studentato e in particolare Bruno, Federico, Francesca A, Valeria, Sarah, Massimo, Vincenzo, Cebè, Piticchio, Serena, Martina, etc... per tutto;

i colleghi: Alehandro, Dario, Andrea, Cek, Davide, Digi, Eugenia, Francesco, Ivan, Joakkino, Luca, Castrense, Walter, Marzio, Paolo, Santino, Roberto, Michele, Spespe, Johnny, Cutone e il fratello, perchè sono gli unici informatici che vedono il mondo come me, strano, e hanno capito che oltre ai computer esiste un'altra cosa;

the Trebisacce's house per avermi accolto nella casa del grande fratello;

gli amici di Bologna non citati, gli amici degli amici, in particolare Alberto, Siro, Amerigo, Stefania C, Stefania S, Stefania S, Egidio, Giannuzzu, Howard, Tommy, Mary, Robertino T, etc....

e tutti coloro che mi hanno seguito nelle innumerevoli serate in compagnia di una chitarra e di Pisello.

Distinti saluti.

Dott. Pisello.

Bibliografia

- [1] <http://aune.lpl.univ-aix.fr/belbernard/music/belproj.htm>.
- [2] <http://citeseer.ist.psu.edu/>.
- [3] <http://cns.bu.edu/profiles/grossberg/cv.html>.
- [4] <http://ems.music.uiuc.edu/martiran/htdocs/r8_masar.html>.
- [5] <http://ems.music.uiuc.edu/martiran/htdocs/r8_masar.html>.
- [6] <http://eu.wiley.com/wileycda/wileytitle/productcd-0471958670,descdd-tableofcontents.html>.
- [7] <http://ieee.org/portal/site/iportals/>.
- [8] <http://ieeexplore.ieee.org/>.
- [9] <http://italia.allaboutjazz.com/>.
- [10] <http://it.wikipedia.org/wiki/>.
- [11] <http://portal.acm.org/>.
- [12] <http://scholar.google.com/>.
- [13] <http://web.tiscali.it/dolphing/sistemi_esperti.htm>.
- [14] <http://www-poleia.lip6.fr/fdp/habil/habilitation.htm>.
- [15] <http://www.abc.net.au/rn/science/buzz/stories/s601526.htm>.
- [16] <http://www.filosofia.it/>.
- [17] <http://www.fondazionebassetti.org/06/docs/operto-borrello-correale.htm>.
- [18] <http://www.geocities.com/brittu.geo/indice.html>.
- [19] <http://www.google.it/>.
- [20] <http://www.hwupgrade.it/forum/showthread.php?t=1004690>.

-
- [21] <http://www.jazzitalia.net/>.
 - [22] <http://www.jazzit.it/>.
 - [23] <http://www.jstor.org/cgi-bin/jstor/logon?s1=cc993326.11713696060t=1config=jstor>.
 - [24] <http://www.livealgorithms.org/>.
 - [25] <http://www.livealgorithms.org/>.
 - [26] <http://www.musictheory.net/trainers/html/id81en.html>.
 - [27] <http://www.racine.ra.it/curba/set/privato/ai.html>.
 - [28] <http://www.robertovillari.it/music/>.
 - [29] <http://www.sibelius.com/cgi-bin/home/home.pl>.
 - [30] <http://www.timblackwell.com/>.
 - [31] <http://www.timblackwell.com/>.
 - [32] <http://www.vialattea.net/odifreddi/godelia.htm>.
 - [33] <http://www.zwhome.org/lonce/publications/publications.html>.
 - [34] T. Kailath A. Swindlehurst. A performance analysis of subspace-based methods in the presence of model error - part i: The music algorithm. *Knowledge and Process Management*, 1990.
 - [35] Colin Johnson Alex A. Freitas. Grant title: Research cluster in swarm intelligence (novel computation call). *Summary of Individual Grant Review Report*, 2002.
 - [36] Denis L. Baggi. Neurswing: An intelligent workbench for the investigation of swing in jazz. *IEEE*, pages 60–68, 1991.
 - [37] COMPOzE Intention based Music Composition through Constraint Programming. Martin henz, stefan lauer, detlev zimmermann. *Knowledge and Process Management*, 1998.
 - [38] John A. Biles. Genjam: A genetic algorithm for generating jazz solos. *Knowledge and Process Management*, 1996.
 - [39] Tim Blackwell. Swarm music: Improvised music with multi-swarms. *Knowledge and Process Management*, 2006.
 - [40] Tim Blackwell. Swarming and music. *Knowledge and Process Management*, 2006.
 - [41] Nick Bontis Brent McKnight. E-improvisation: Collaborative groupware technology expands the reach and effectiveness of organizational improvisation. *Knowledge and Process Management*, 9:219227, 2002.

- [42] Crhis Dobrian. Music and artificial intelligence. *Knowledge and Process Management*, 1993.
- [43] M. Fischetti, C. Lepschy, G. Minerva, and G. Romanin-Jacur. Frequency assignment in mobile radio systems using branch-and-cut techniques. *European Journal of Operational Research*, 123:241–255, 20000000.
- [44] Scott Driscoll Gil Weinberg. iltur connecting novices and experts through collaborative improvisation. *Proceedings of the 2005 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME05)*, 2005.
- [45] Stephen Grossber. A spectral network model of pitch perception. *Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences**Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences*, 1996.
- [46] C. Abbado H. Failoni, F. Merini. L'altra voce della musica. *Il saggiatore*, 2005.
- [47] C. Abbado H. Failoni, F. Merini. L'altra voce della musica, Il saggiatore, 2005.
- [48] Pierre-Yves Rolland Jean-Gabriel Ganascia, Geber Ramalho. An artificially intelligent jazz performer. *Knowledge and Process Management*, 1995.
- [49] Stephen Marsh John F. Meech. Social factors in e-commerce personalization. *Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences**Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences*, 2000.
- [50] A.M.C.A. Koster. What is frequency assignment, 1999.
- [51] Adam Alpern Lee Spector. Induction and recapitulation of deep musical structure. *Knowledge and Process Management*, 1996.
- [52] Francesco Maraso. Lezione di arte, dal neoclassicismo all'arte contemporanea, Electa-Mondadori, 2004.
- [53] Domenico Massaro. La comunicazione filosofica, il pensiero contemporaneo, Zanichelli, 2004.
- [54] John F. Meech. Ai and music perception. *AISB Quarterly*, pages 12–25, 1999.
- [55] Geraint Wiggins Mitch Harris, Alan Smaill. Representing music symbolically. *Knowledge and Process Management*, 2000.
- [56] Nils J. Nilsson. Intelligenza artificiale, Apogeo, 2002.
- [57] Franois Pachet. A meta-level architecture applied to the analysis of jazz chord sequences. *Knowledge and Process Management*, 1995.

-
- [58] Franois Pachet. Representing knowledge used by jazz musicians. *Knowledge and Process Management*, 1995.
 - [59] Fabio Palchetti. Dentro la filosofia, Zanichelli, 2001.
 - [60] Giovanni Piana. Filosofia della musica, Guerini e Associati, 2002.
 - [61] N. Poltronieri. Teoria musicale, 1995.
 - [62] Jeff Pressing. Improvisation: methods and models. *Knowledge and Process Management*, 1987.
 - [63] Josep Lluís Arcos Ramon Lopez. Ai and music. *Knowledge and Process Management*, 2002.
 - [64] Tullio Regge. Infinito, Oscar Saggi Mondadori, 1995.
 - [65] G. Bejerano S. Dubnov, G. Assayag. Using machine-learning methods for musical style modeling. *IEEE*, 2003.
 - [66] O. Lartillot S. Dubnov. A system for computer music generation by learning and improvisation in a particular style. *IEEE*, 2002.
 - [67] D. Tamir S. Josephson, M. Schneider. A fuzzy expert system tool used for the analysis of musical timbres. *Knowledge and Process Management*, pages 60–68, 1991.
 - [68] S. H. Srinivasan. Characterizing music dynamics for improvisation. *IEEE*, 2004.
 - [69] Mark Steedman. The blues and the abstract truth: Music and mental models. *Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences* *Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences*, 1999.
 - [70] Peter Todd Stephen Grossberg, Niall Griffith. Pitch-based streaming in auditory perception. *Knowledge and Process Management*, 1997.
 - [71] James D. Baker Stephen W. Smoliar. Storytelling, jamming, and all that jazz: Knowledge creation in the world of new media. *Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences* *Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences*, 1999.
 - [72] Peter Norvig Stuart Russel. Intelligenza artificiale, un approccio moderno, Pearson, 2005.
 - [73] R. L. Rivest T. H. Cormen, C. E. Leiserson. Introduzione agli algoritmi, Jackson Libri, 2002.
 - [74] Belinda Thom. Artificial intelligence and real-time interactive improvisation. *Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences* *Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences*, 1999.

-
- [75] Belinda Thom. Unsupervised learning and interactive jazz/blues improvisation. *Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences* *Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences*, 1999.
 - [76] Belinda Thom. Bob: an interactive improvisational music companion. *Knowledge and Process Management*, 2000.
 - [77] Michael Young Tim Blackwell. Live algorithms. *Knowledge and Process Management*, 2001.
 - [78] Paul Vickers. Towards some organising principles for musical program auralisations. *Knowledge and Process Management*, 2000.
 - [79] William F. Walker. A computer participant in musical improvisation. *Knowledge and Process Management*, 2000.
 - [80] WILLIAM FRANKLIN WALKER. A conversation-based framework for musical improvisation. *Knowledge and Process Management*, 1994.