

UNIVERSITÁ degli STUDI di UDINE
FACOLTÁ di LETTERE e FILOSOFIA
Corso di Laurea Specialistica in Musicologia

**STRUMENTI TECNOLOGICI
PER L'APPRENDIMENTO MUSICALE**

Relatore: Dott. Sergio Canazza Targon

Laureando: Lorenzo Tempesti

A.A. 2004/05

Indice

1. Introduzione	5
2. Tecnologie, rappresentazioni, interfacce.....	7
2.1 Musica e nuove tecnologie.....	7
2.1.1 Sistemi dedicati alla musica.....	8
2.1.2 Applicazioni musicali su sistemi <i>general-purpose</i>	12
2.1.3 Applicazioni musicali delle reti telematiche	15
2.2 Rappresentazioni del tessuto sonoro	17
2.2.1 Rappresentazioni simboliche	17
2.2.2 Messaggi di controllo / sequenze	18
2.2.3 Rappresentazioni fisiche	19
2.2.4 Altre rappresentazioni	25
2.3 Le interfacce e il mapping.....	26
2.3.1 Interfacce musicali: strumenti.....	28
2.3.2 Sequencers e altri dispositivi orientati alla <i>performance</i>	30
2.3.3 Editing grafico.....	31
2.3.4 Linguaggi musicali.....	32
2.3.5 Sistemi per la composizione algoritmica	32
2.3.6 Interfacce culturali	33
2.3.7 Il <i>mapping</i>	33
3. Educazione tecnologica ed educazione musicale.....	37
3.1 Le tecnologie al servizio dell'educazione	37
3.2 Studi e ricerche in Italia e nel mondo.....	40
3.3 La scelta degli strumenti	45
4. Progetto sperimentale.....	49
4.1 Finalità e metodologia dell'esperimento	49
4.2 Individuazione delle variabili.....	51
4.3 Scelta del campione.....	53
4.4 Il programma didattico e l'allestimento del laboratorio.....	54
4.5 Risultati	56
4.6 Discussione	60
5. Conclusioni	63

Ringraziamenti.....	65
Bibliografia.....	67
Appendice 1: tabelle dei risultati	73

1. Introduzione

La sempre più forte presenza delle tecnologie informatiche in tutti gli aspetti della vita e della cultura provoca la necessità di riflessioni specifiche sull'impatto che queste hanno in ciascun ambito applicativo. Il dibattito sui rapporti tra educazione e tecnologie è uno di quelli su cui si concentra particolarmente l'attenzione della comunità, essendo questo un settore strategico per lo sviluppo della conoscenza e dunque della società in generale. All'interno di questo, più specifico è il campo dell'apprendimento musicale, nel quale lo studio delle opportunità offerte dalle nuove tecnologie (e delle relative problematiche) non è ancora molto approfondito e spesso si basa su ricerche effettuate con metodi poco scientifici, realizzate da persone non esperte di metodologie sperimentali, quali sono generalmente gli insegnanti di educazione musicale.

In questo lavoro di tesi si è provveduto a progettare un esperimento scientifico atto a *raccogliere dati oggettivi sugli effetti dell'introduzione delle nuove tecnologie nell'apprendimento musicale*. L'impostazione dell'esperimento (cap. 4) segue le metodologie tipiche della ricerca educativa, a sua volta espressione particolare della ricerca scientifica. Tuttavia, per quanto riguarda il contenuto della sperimentazione (le metodologie didattiche, le attrezzature utilizzate, ecc.) si è reso necessario procedere ad una duplice indagine, che riguardasse da una parte l'insieme delle tecnologie disponibili e delle loro caratteristiche e dall'altra lo stato della ricerca educativa nel settore delle tecnologie e in particolare alle applicazioni di queste per l'apprendimento musicale.

Per quanto riguarda la prima parte dello studio, si sono innanzitutto esaminate le tipologie generali di tecnologie attualmente disponibili (cap. 2.1): da quelle espressamente dedicate alla musica a quelle che utilizzano sistemi informatici general-purpose, oltre ad uno specifico approfondimento sulle possibilità offerte dalle reti telematiche. Al fine di individuarne i possibili utilizzi concreti, si è cercato di analizzare le diverse rappresentazioni (cap. 2.2) che le tecnologie utilizzano: da quelle che sono maggiormente correlate alla natura fisica del suono a quelle più simboliche, legate alle astrazioni che l'uomo fa dei contenuti musicali. In terzo luogo, l'attenzione è andata alle interfacce uomo-macchina che le diverse tecnologie implementano (cap. 2.3) e in particolare alla problematica del *mapping*, questione-chiave che riguarda il modo con cui il sistema interpreta e utilizza i dati rilevati dall'interfaccia.

L'altra parte della ricerca preparatoria ha riguardato le metodologie e le riflessioni già esistenti sulla tematica "educazione e tecnologia". La questione è stata affrontata dapprima

dal punto di vista generale (cap. 3.1), poi per gli aspetti riguardanti lo specifico dell'apprendimento musicale (cap. 3.2), dove è stato possibile riferirsi direttamente alle non molte ricerche scientifiche già condotte nel settore.

La riflessione nel suo complesso ha portato alla possibilità di procedere alla scelta di alcuni strumenti e di alcune metodologie (cap. 3.3) tra quelle disponibili, e dunque la definizione dei contenuti didattici della sperimentazione.

2. Tecnologie, rappresentazioni, interfacce

2.1 Musica e nuove tecnologie

Fino ai primi anni '90, il computer era prevalentemente utilizzato – e di conseguenza considerato – come strumento per rendere più veloci o efficaci compiti tradizionali. Con l'eccezione degli ambiti specialistici¹, l'elaboratore era utilizzato soprattutto per emulare una macchina da scrivere, una tela per disegnare, ecc. Entro la fine del decennio, in conseguenza all'avvento di Internet, l'immagine pubblica del computer era già divenuta quella di un mezzo di comunicazione universale, usato non solo per creare, ma anche per memorizzare, distribuire e accedere a tutti i tipi di *media*². Ciò è accaduto grazie alla convergenza delle tecnologie informatiche con quelle della comunicazione tradizionale, che ha dato origine a quelli che vengono definiti *new media*³.

Lev Manovich ha cercato di definire alcuni principi che accomunano questi nuovi mezzi di comunicazione, seppure non si possano considerare una definizione vera e propria per dividere vecchi e nuovi *media*, ma tendenze generali di una cultura che sta subendo una graduale digitalizzazione⁴:

- la *rappresentazione* delle informazioni *in forma numerica*, che apre la strada alle numerose forme di elaborazione delle stesse;
- la *modularità*, cioè la predisposizione al raggruppamento degli elementi a formare ulteriori oggetti che a loro volta possono formare ulteriori gruppi, ecc.;
- l'*automazione* di operazioni nelle diverse fasi di gestione, al punto che l'intenzionalità umana può almeno parzialmente essere estromessa dal processo creativo;
- la *variabilità* degli oggetti, che possono presentarsi contemporaneamente in versioni diverse;
- la *traducibilità (transcoding)*, dovuta al fatto che ciascun oggetto consiste in due livelli: quello informatico, cioè la semplice sequenza di bit raccolta in un file e

¹ Tra questi ambiti specialistici si può annoverare senz'altro quello musicale: come si vedrà nel prosieguo di questo capitolo e nei successivi, molte delle tecnologie informatiche dedicate alla musica contribuirono molto presto a cambiare radicalmente le modalità di composizione, esecuzione, analisi musicale, ecc., soprattutto grazie alla disponibilità di nuove interfacce e molteplici modalità di rappresentazione.

² Lev Manovich, *The Language of New Media*, MIT Press, Cambridge (Massachusetts, USA) 2001, pp. 69ss.

³ Lev Manovich, *op.cit.*, p. 20; pp.21-26.

⁴ Lev Manovich, *op.cit.*, pp. 27ss.

disponibile per le elaborazioni; quello culturale, che associa alla sequenza di bit una rappresentazione concreta e sensibile, come ad esempio un'immagine, oppure un suono.

Se nella comunicazione tradizionale l'oggetto è costituito da una forma e da un contenuto e viene diffuso attraverso un mezzo, i *new media* spostano il concetto di forma per renderlo parte del mezzo stesso, all'interno dell'interfaccia. I contenuti sono raccolti in *database*, strutture di gestione dei dati tipiche dell'informatica, i quali vengono prodotti, aggiornati ed esplorati per tramite delle interfacce culturali. Queste costituiscono il nuovo mezzo con cui l'uomo può accedere a contenuti culturali e sono un compromesso tra le diffuse interfacce informatiche (es. quelle basate su finestre, menu, ecc.) e le esperienze culturali tradizionali come lettura, cinema, ecc.

Le applicazioni musicali dell'elettronica delle telecomunicazioni, insieme alle innovazioni portate dalla riproducibilità tecnica delle opere musicali, hanno aperto una nuova era nella storia della musica, di cui l'informatica ha poi accompagnato con sempre maggiore presenza gli ultimi 50 anni⁵. Sotto il nome comune di "nuove tecnologie per la musica" si raccolgono apparecchiature di tipo diverso, non soltanto una gran varietà di dispositivi informatici hardware e software, ma anche apparati elettronici capaci di operare *stand-alone* o in collegamento con un computer. Questo capitolo mira a fornire una semplice classificazione delle applicazioni musicali delle nuove tecnologie al momento disponibili.

2.1.1 Sistemi dedicati alla musica

Con questa espressione si vogliono raggruppare tutti i dispositivi tecnologici basati sull'elettronica e/o l'informatica che vengono impiegati in modo esclusivo nell'ambito musicale e che sono solitamente dotati di interfacce non generaliste⁶. Si tratta di una categoria molto ampia di oggetti, la cui genealogia trova i suoi padri in alcune invenzioni sviluppate tra la fine del diciannovesimo e l'inizio del ventesimo secolo:

- il "Musical Telegraph" di Elisha Gray (1876), che consisteva in un banco di circuiti oscillatori attivati da una piccola tastiera di pianoforte estesa su due ottave e collegati ad un rudimentale altoparlante;

⁵ Nel 1957 Max Mathews scrisse "MUSIC I", il primo programma per computer che sintetizzava il suono. Cfr. Andy Hunt, *Radical User Interfaces for real-time musical control*, tesi di dottorato, University of York 2000, York, p. 19.

⁶ Per interfacce generaliste si intendono quelle tradizionali dell'informatica, che basano l'interazione con l'utente su tastiera, mouse, monitor e piccoli diffusori.

- il “Telharmonium” (1906), che era composto da due tastiere collegate a dei generatori sonori sui quali era parzialmente possibile intervenire per variarne il timbro e che trasmetteva il segnale generato direttamente su una linea telefonica;
- il “Theremin” (1919), che conteneva un singolo oscillatore capace di generare un suono di cui intonazione ed intensità variavano proporzionalmente alla posizione delle mani nell’aria libera.

Fanno parte di questa categoria tutti gli strumenti a tastiera elettronici (a partire dai nomi storici – a gli organi Hammond, i pianoforti elettrici Rhodes, i sintetizzatori Moog, ecc. – fino alle moderne *workstation*), ma anche diversi altri dispositivi che riproducono le interfacce degli strumenti tradizionali o si integrano con esse, tra i quali si ricordano:

- le chitarre elettriche ed elettroacustiche, in cui la vibrazione delle corde viene captata da un apposito trasduttore (*pick-up*) e inviato a un sistema di amplificazione che concorre alla definizione del suono;
- le *chitarre synth*, formate da un *pick-up* e da un modulo interprete e sintetizzatore che insieme consentono di generare suoni diversi mantenendo come interfaccia una tradizionale chitarra;
- le “batterie elettroniche”, intendendo in questo caso un insieme di pad sensibili al tocco disposti solitamente ad emulare un tradizionale set di batteria (a volte sostituito da trigger montati sulle pelli delle batterie acustiche), completato da un apparato che si occupa di sintetizzare i relativi suoni;
- i *breath controllers* o *wind controllers* che, anche in questo caso abbinati a dei sintetizzatori, riproducono le tradizionali forme d’interazione degli strumenti a fiato.

Come si è già detto queste tecnologie tentano di fornire interfacce il più possibile simili a quelle degli strumenti tradizionali. Le potenzialità di alcuni degli strumenti citati (primi tra tutti le tastiere) sono state accresciute a partire dal 1983, con l’avvento di un protocollo di comunicazione specializzato, denominato MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*). Esso è composto da uno schema per l’interconnessione tra strumenti e/o computer dedicati alla musica e un apposito metodo seriale di trasmissione dati⁷. L’utilizzo prevalente del MIDI è la gestione della comunicazione fra un’interfaccia e un sintetizzatore: i sistemi di cui si parlava poco sopra sono spesso disponibili in versione “solo interfaccia”, cioè sprovvisti di una sezione destinata alla sintesi sonora, che viene demandata ad un modulo a parte, collegato

⁷ Curtis Roads, *The computer music tutorial*, MIT Press, Cambridge (Massachusetts, USA) 1996, p. 972.

tramite connessioni MIDI e scelto in un ampio catalogo di dispositivi disponibili anche a livello commerciale.

La ricerca nel campo delle interfacce derivate da strumenti tradizionali non è mai stata interrotta e ne sono prova i lavori di Kapur, Essl, Davidson e Cook per la progettazione di un “Electronic Tabla Controller”⁸ o quello di Tamara Smyth e Julius O. Smith III, che si sono ispirati alla cicada per la realizzazione di un nuovo tipo di interfaccia⁹. Ma il panorama è assai più ampio: sotto la direzione di Tod Machover, il Massachusetts Institute of Technology ha prodotto dal 1986 una serie di strumenti innovativi raccolti sotto il nome di “Hyperinstruments”¹⁰. Alcuni di essi incorporano interfacce derivate dagli strumenti tradizionali (es. “Hypercello”, “Hyperviolin bow”), mentre altri sono basati su approcci innovativi e molto originali, ad esempio: “Musical jacket” è una vera giacca della Levi’s modificata per contenere degli altoparlanti e un sintetizzatore, pilotato da un *keypad* riprodotto su una delle tasche; i “Beatbugs”, invece, sono dei piccoli strumenti che riproducono le forme di un insetto e che consentono facilmente, tramite il movimento delle antenne, di produrre dei suoni. La finalità di strumenti come questi ultimi è quella di avvicinare un pubblico di non professionisti (o di bambini) alla musica, fornendo degli strumenti semplici che diano risultati rapidi in termini di produzione musicale. Alcuni di questi dispositivi possono essere utilizzati anche in maniera collettiva, spianando la strada a nuove modalità di fruizione musicale pubblica.

Sempre presso il MIT, Max Matthews¹¹ ha sviluppato un sistema basato su una bacchetta da direttore d’orchestra, il cui movimento viene rilevato e poi utilizzato per modificare l’esecuzione di un brano musicale. Il progetto olandese STEIM invece ha proposto un sistema basato su guanti elettronici con i quali rilevare i movimenti delle mani¹². Le evoluzioni più recenti hanno cominciato a prescindere da un vero contatto fisico tra uomo e macchina, come nel caso del “Soundbeam” progettato da Swingler presso l’EMS, che tramite sensori ad ultrasuoni riesce ad interpretare il movimento dei ballerini. Joseph A. Paradiso,

⁸ Cfr. Ajay Kapur - Georg Essl - Philip Davidson - Perry R. Cook, *The electronic Tabla controller* in «Journal of New Music Research», vol. 32 (2003), number 4, pp. 351-359.

⁹ Cfr. Tamara Smyth - Julius O. Smith III, *A musical controller inspired by the Cicada’s efficiente buckling system* in «Journal of New Music Research», vol. 32 (2003), number 4, pp. 361-386.

¹⁰ Si veda il sito internet <http://www.media.mit.edu/hyperins/>.

¹¹ Richard Boulanger - Max V. Mathews, *The 1997 Mathews Radio-Baton & Improvisation Modes in Proceedings of the International Computer Music Conference*, Tessalonica, 1997.

¹² Michel Waisvisz, *The hands, a set of remote midi-controllers* in *Proceedings of the 1985 international Computer Music Conference*, Burnaby, B.C. 1985, pp. 313-318.

Laureal S. Pardue, Kai-Yuh Hsiao e Ari.Y. Benbasat¹³ si sono invece orientati verso il rilevamento elettromagnetico della posizione e del movimento di piccoli oggetti, che vengono ancora una volta utilizzati per pilotare sistemi di generazione del suono. Sono di grande interesse anche le ricerche condotte in seno al progetto europeo IST MEGA¹⁴, con il varo della piattaforma “EyesWeb”, che consente di estrarre dati in tempo reale dall’analisi del segnale proveniente da una telecamera che segue i movimenti di un attore o danzatore.

Le possibilità sono molteplici e i limiti delle tecnologie sono sempre meno consistenti: l’Università di York ha sviluppato un dispositivo universale capace di convertire qualsiasi controllo basato sulla resistenza elettrica in messaggi di tipo MIDI e dunque inviarli a un qualunque modulo di sintesi sonora o dispositivo informatico posto a valle¹⁵. In questo modo possiamo immaginare di poter utilizzare come input per la produzione musicale un’infinità di sensori, cursori e altri apparati di controllo.

Per quanto riguarda la direzione macchina-uomo della comunicazione, una strada particolarmente significativa è quella seguita al MIT da Eric Gunther e Sile O’Modhrain, i quali hanno pensato di servirsi del senso del tatto come mediatore per la fruizione estetica delle composizioni. In quest’ottica hanno dunque progettato e realizzato dei dispositivi utili a comporre e fruire opere in una forma di comunicazione, derivata dalla musica ma mediata dalle impressioni tattili¹⁶.

I sistemi sopracitati sono generalmente orientati alla *performance* e operano praticamente sempre in *real-time*. L’evoluzione delle tastiere elettroniche ha portato novità utili anche a chi si occupa di musica ma non da esecutore: per esempio le possibilità di *sequencing*, cioè di memorizzazione e successiva riproduzione degli eventi musicali. Quando la funzione non è già inclusa nel set di una tastiera musicale, si può ricorrere ad un apposito dispositivo separato, in grado di registrare e riprodurre eventi MIDI. Con questo incremento di funzioni e con le possibilità di editing del suono progressivamente incorporate, le tastiere elettroniche sono divenute sempre più complesse e per questo le più dotate funzionalmente sono state categorizzate sotto l’appellativo di *workstation*: i primi celebri modelli di questa

¹³ Joseph A. Paradiso - Laureal S. Pardue - Kai-Yuh Hsiao - Ari. Y. Benbasat, *Electromagnetic tagging for electronic music interfaces* in «Journal of New Music Research», vol. 32 (2003), number 4, pp. 395-409.

¹⁴ Per maggiori informazioni sul progetto si veda il sito <http://www.megaproject.org>.

¹⁵ M. & R. Abbotson, P.R Kirk, AD Hunt, A Cleaton, *Computer Music in the service of Music Therapy: The MIDIGRID and MIDICREATOR systems* in «Medical Engineering Physics», vol. 16 (May 1994), p. 253 ss.

¹⁶ Cfr. Eric Gunther - Sile O’Modrian, *Cutaneous grooves: composing for the sense of touch* in «Journal of New Music Research», volume 32, number 4 (December 2003), pp. 369-381.

famiglia furono il “Synclavier” (1976), in grado di collegarsi ad un monitor esterno per facilitare l’accesso agli innumerevoli parametri, e il “Fairlight Computer Music Instrument”, con cui si potevano anche registrare digitalmente (campionare) suoni esterni, da riutilizzare in fase di esecuzione. Poteva essere anche collegato ad una penna ottica e/o ad una tastiera per computer, diventando così un dispositivo ibrido, accessibile sia con un’interfaccia musicale dedicata che con quella informatica tradizionale.

Un’altra sottocategoria di sistemi dedicati è quella dei processori che mirano ad applicare effetti (es. eco, compressione dinamica, ecc.) ad un segnale precedentemente generato, captato o registrato. Fanno parte della più ampia categoria formata da quei dispositivi elettronici dedicati alla musica, ma non alla produzione musicale in senso stretto: sistemi per la trasformazione, trasmissione, gestione e amplificazione dei segnali musicali tra cui microfoni, mixer, altoparlanti, sistemi hi-fi, ecc. A fianco di questi esistono gli apparati dedicati alla registrazione ed alla riproduzione del suono: rientrano in questa suddivisione i giradischi elettrici, i registratori/riproduttori di musicassette, i sistemi di registrazione multitraccia e i relativi supporti di memorizzazione. Questi dispositivi vengono usati a supporto della produzione musicale, per consentirne una migliore fruizione (amplificazione) o diffusione (registrazione e duplicazione), ma alcuni di essi vengono impiegati anche direttamente dagli interpreti, sebbene non sia questa la loro destinazione originaria: è il caso, ad esempio, delle tecniche di registrazione e montaggio su nastro, utilizzate spesso a fini creativi oltre che meramente tecnici.

C’è ancora un caso di ibrido da segnalare, costituito dai moderni lettori portatili di files musicali: questi presentano le interfacce di accesso dei tradizionali riproduttori portatili di musicassette o compact disc, ma sono collegabili ad un computer *general-purpose* per un controllo tramite l’interfaccia di un computer tradizionale. Sotto certi limiti, inoltre, consentono l’esecuzione di applicativi non musicali, e l’integrazione che stanno conoscendo con i computer palmari e i prodotti della telefonia cellulare li renderanno sempre meno specializzati.

2.1.2 Applicazioni musicali su sistemi *general-purpose*

Esiste oggi una folta schiera di software musicale che può operare su sistemi *general-purpose* (dai PC ai mainframes), all’unica condizione che il computer sia dotato di un’interfaccia capace di input e/o output di segnali musicali e/o di connettersi a periferiche

MIDI, e che questi dispositivi siano dotati di un software (*driver*) che ne permetta il controllo da parte del sistema operativo installato sul computer.

La produzione di software musicale ha conosciuto negli ultimi 30 anni un grandissimo impulso. Sotto certi limiti i prodotti si possono ancora classificare in categorie, diverse per gli scopi che si propongono e di conseguenza, come vedremo, per il tipo di interfaccia utente che offrono¹⁷:

- *editor in notazione*: consentono di produrre partiture per la stampa, a partire da esecuzioni musicali introdotte via MIDI e/o con l'inserimento manuale dei simboli;
- *MIDI sequencers*: consentono di memorizzare esecuzioni prodotte con strumenti MIDI, di crearne manualmente utilizzando l'interfaccia standard del computer, di modificare queste sequenze con sofisticati algoritmi di *editing* e infine di riprodurli;
- *hard disk recording*: programmi dedicati alla registrazione audio multitraccia e relativo editing, sostituiscono i tradizionali registratori multitraccia hardware *stand-alone*;
- *software synths*: permettono la generazione di suoni senza ricorrere ad apparati dedicati esterni; accettano solitamente input in forma MIDI e restituiscono un segnale in formato audio digitale; possiedono ampie funzionalità di modifica parametrica della sintesi, con interfacce utente simili a quelle dei sintetizzatori hardware;
- *tuners e meters*: sono programmi molto semplici che si limitano a visualizzare in forma grafica uno o più parametri legati al suono (es. intensità), con input da sorgenti esterne o da file;
- *music calculators*: consentono di eseguire operazioni matematiche specializzate, utili soprattutto come ausili alla composizione;
- *patch/instrument editors*: permettono di intervenire su alcuni parametri di dispositivi solitamente esterni, ad esempio per controllare le caratteristiche della sintesi sonora;
- *sound/sample editors*: servono a registrare, modificare (anche tramite l'applicazione di effetti) e riprodurre audio in formato digitale;

¹⁷ Cfr. Curtis Roads, *op.cit.*, pp. 703ss.

- *spectrum editors*: offrono una visualizzazione del suono nella rappresentazione in tempo-frequenza (cfr. capitolo 2.2.3) sulla quale è possibile intervenire tramite con operazioni di filtraggio, *time-stretching*, ecc.;
- *players*: si tratta di riproduttori di files musicali nei diversi formati, a volte dotati di funzioni di mixaggio automatico dei brani in fase di transizione;
- *sound database editors*: si utilizzano nell'archiviazione e nella catalogazione di supporti e files sonori;
- *linguaggi musicali*: questi possono essere dedicati alla sintesi sonora, al controllo di dispositivi specifici, o alla composizione, ma si caratterizzano per la comune interfaccia testuale;
- *sistemi per la composizione algoritmica*: consentono di ottenere automaticamente delle composizioni a partire da algoritmi e parametri forniti dall'utente;
- *software per la gestione di eventi e ambienti musicali in real-time*, utili soprattutto nel campo dello spettacolo ma, per la loro forte modularità, spesso efficacemente utilizzabili anche in altre situazioni;
- *media editors*: software per l'*authoring* multimediale, consentono di creare ipertesti, audiovisivi, ecc.;
- *programmi di auto-apprendimento e giochi* basati sulla musica.

L'ultima categoria elencata, rispetto a tutte le altre, contiene un importante cambio di prospettiva: il computer in questo caso è visto come *tutor* ed acquisisce un ruolo attivo nell'interazione, nonché specifico per l'ambito particolare dell'istruzione; negli altri casi il computer è un semplice strumento (*tool*) e di conseguenza i software sono adattabili a molteplici settori applicativi. Ad esempio un sound editor, pur mantenendo la sua unica funzione di registrazione e modifica dei suoni, può essere usato per registrare un concerto per pianoforte e orchestra destinato ad una produzione discografica, oppure per far vedere ad un gruppo di musicisti alcune caratteristiche dei suoni che essi producono.

Bisogna inoltre citare una categoria di software non specializzato destinato alla produzione o all'accesso a risorse di tipo ipermediale, anche di argomento musicale. Si tratta delle "interfacce culturali" come vengono definite da Lev Manovich¹⁸, che costituiscono la tipica forma di accesso all'informazione nell'era dei *new media*.

¹⁸ Lev Manovich, *op.cit.*, pp. 80ss.

Alcuni programmi sono difficili da classificare in una categoria specifica: è il caso, ad esempio, di “Diphone Studio” sviluppato dall’IRCAM, importante centro di ricerca musicale con sede a Parigi. Dato un suono, questo software lo analizza e lo suddivide in “spezzoni” che vanno a formare un catalogo. Il compositore può decidere in quale ordine questi “spezzoni” devono essere riprodotti e il software provvede di conseguenza alla sintesi, gestendo le transizioni tra un suono e l’altro tramite un algoritmo di *morphing*.

In generale si deve rilevare la tendenza all’integrazione tra le diverse categorie di software e dunque l’esistenza di programmi ibridi, capaci di svolgere le funzioni che in origine erano riservate ad applicativi di diversa specie. I MIDI sequencers, ad esempio, offrono spesso la possibilità di visualizzare i dati sottoforma di partitura e di modificare e integrare quanto visualizzato al fine di produrre una stampa completa e professionale. Sebbene in questi applicativi *multi-purpose* le aree di competenza convergano, solitamente viene mantenuta una certa modularità e le funzioni permangono chiaramente distinte, sia a livello di codice che di interfaccia. E’ diffuso per esempio il modello dei *plug-in*: si tratta di moduli software progettati per essere “ospitati” all’interno di programmi più complessi (detti “host”) e che forniscono a questi ultimi funzionalità nuove, come ad esempio l’applicazione di specifici effetti alle tracce audio direttamente all’interno dei programmi di *hard-disk recording*. Questo tipo di modularità è utilizzata così frequentemente che sono nati degli standard per la programmazione dei *plug-in*, i quali hanno stimolato un’offerta di estensioni funzionali vivace e diversificata, grazie all’acquisita interoperabilità. In altri casi, la modularità è talmente evidente da trasformare i programmi in ambienti di programmazione che mettono l’utente in grado di progettare le proprie applicazioni musicali personalizzate.

Nei capitoli seguenti (2.2 e 2.3) verranno approfonditi alcuni aspetti delle singole categorie di software.

2.1.3 Applicazioni musicali delle reti telematiche

Negli ultimi anni una percentuale sempre maggiore delle vendite del mercato discografico è veicolata dalla rete Internet, per non parlare poi della quantità di materiale musicale che circola illegalmente tramite la medesima rete. Internet è dunque diventata un attore importante nel campo della distribuzione e sta acquisendo un ruolo crescente anche in altri settori inerenti la musica.

Per quanto riguarda la produzione, sono state varate diverse iniziative di composizione collettiva a distanza (es. “Rocket Network”, “Livejam”¹⁹), ma nessuna di esse ha ancora ottenuto il successo sperato. Hanno funzionato meglio iniziative isolate che, sfruttando i servizi di comunicazione della rete (e-mail, ftp, ecc.) hanno portato alla realizzazione di progetti musicali cooperativi a distanza.

Internet - e in particolare il suo servizio WWW (“World Wide Web”) - costituisce inoltre, come è noto, una grande miniera di informazioni, materiali, ecc., e questo vale anche per quanto riguarda la musica. Inoltre, il WWW può essere un luogo virtuale per promuovere i propri progetti e mettere a disposizione le risorse che si sono prodotte.

Le applicazioni della rete alla didattica vengono raccolte sotto il concetto generale di “e-learning” e ovviamente queste possono essere messe in atto anche in ambito musicale. Esistono tre modalità di utilizzo dell’*e-learning*:

- self directed (auto-apprendimento): gli studenti possono accedere ai contenuti (anche multimediali) in modo non collaborativo e asincrono;
- collaborativo asincrono: prevede lo sviluppo di un ambiente interattivo di apprendimento dove studenti e docenti si uniscono in gruppi di discussione, utilizzando strumenti di chat. Le soluzioni degli esercizi proposti agli studenti vengono costantemente monitorate;
- collaborativo in real-time (classe virtuale): i docenti possono facilmente e velocemente condividere i contenuti multimediali dei corsi. Si deve poter utilizzare una “lavagna multimediale” (in grado di supportare flussi audio/video) bi-direzionale (docente verso studente e viceversa). Si deve prevedere la possibilità di effettuare in modo automatico la registrazione delle lezioni, al fine di renderle disponibili per gli studenti che non possono essere presenti *on-line* durante gli orari fissati.

¹⁹ Andy Hunt, *Radical User Interfaces*, cit., 39.

2.2 Rappresentazioni del tessuto sonoro

Nel capitolo precedente si è provveduto a stilare una sommaria rassegna delle diverse tecnologie applicate alla musica. Prima di affrontare nel dettaglio la problematica dell'interazione tra l'uomo e queste tecnologie, verranno ora passate in rassegna alcune modalità con cui i contenuti sonori e musicali possono essere rappresentati e di conseguenza memorizzati, manipolati e visualizzati.

2.2.1 Rappresentazioni simboliche

Questa categoria comprende la forma storicamente più utilizzata di rappresentazione della musica: ne fa parte, infatti, la notazione musicale tradizionale (in Inglese “Common Music Notation”²⁰), consolidatasi nella forma attuale da circa cinque secoli e che per almeno quattro di essi ha rappresentato la forma prevalente di diffusione della musica. La notazione musicale tradizionale non è un codice univoco: essa è destinata ad un interprete (nel senso artistico del termine), figura che ha un ampio margine di discrezionalità nell'esecuzione. Diversi interpreti danno risultati musicali sonori diversi (esecuzioni), seppure siano tutte corrette interpretazioni della partitura. Ne consegue che in essa sono contenute soltanto alcune delle informazioni necessarie per ottenere il risultato sonoro, che vanno integrate con altri dati provenienti dall'esperienza e dal sentire dell'esecutore, nonché dalle convenzioni socialmente accettate in questo senso.

Fermandosi ai soli dati contenuti in questo tipo di rappresentazione, si nota che essa ha una sintassi particolarmente complessa: innanzitutto si basa su di un'ampia gamma di simboli (pentagrammi, chiavi, note, gambi, accidenti, legature, ecc.), i quali devono rispettare delle precise regole di ordine e posizione. A questo si aggiungano tutte le indicazioni testuali, nonché il fatto che le posizioni dei simboli presenti possono essere modificate non solo per variare il significato del messaggio, ma anche per renderlo più facilmente leggibile all'interprete.

Nella trasposizione digitale di questa rappresentazione si possono seguire due strategie:

- rappresentazione grafica: mera memorizzazione dei simboli e della loro posizione nello spazio; un'attività che può essere svolta, seppur con alcune difficoltà operative, anche con un semplice applicativo dedicato alla grafica;

²⁰ Cfr. Curtis Roads, *op.cit.*, p. 708.

- rappresentazione logica: in questo caso la base di dati deve essere controllata con una serie di regole che limitano l'input, verificano la sintassi confrontando l'input con i dati preesistenti e producono un output grafico, che scaturisce da un'interpretazione piuttosto complessa dei dati memorizzati.

I due tipi di trasposizione hanno ciascuno dei vantaggi: nel caso della rappresentazione grafica l'utente può, se vuole, disporre i simboli senza rispettare le regole e ciò è utile soprattutto nel campo della musica sperimentale; nel secondo caso, i dati possono essere esportati (ad esempio in formato MIDI) ed utilizzati per produrre delle esecuzioni sonore automatiche. Molti dei software notazionali attualmente disponibili integrano entrambi gli approcci, offrendo all'utente una maggiore versatilità.

2.2.2 Messaggi di controllo / sequenze

Come abbiamo visto nel capitolo precedente, lo standard MIDI consente di controllare un dispositivo musicale tramite un apposito linguaggio di comunicazione. E' quindi possibile pensare di memorizzare sequenze di messaggi in linguaggio MIDI per consentirne la riproduzione e la successiva riproduzione. Allo stesso modo possono essere raffigurati i dati relativi a controlli operati in modo proprietario da singoli programmi. La base di dati che si ottiene può, anche questa volta, essere visualizzata in molteplici modi²¹:

- *event list*: si tratta di liste alfanumeriche che comprendono il messaggio MIDI (in forma astratta e/o in forma binaria) e un riferimento temporale associato (generalmente non in secondi ma in unità temporali sottomultipli di un movimento musicale);
- *piano roll*: è un diagramma che riporta in ascissa il tempo e in ordinata le altezze delle note. Ognuna di esse è disegnata come un rettangolo di cui il lato sinistro individua il tempo d'attacco, la lunghezza la durata e la posizione verticale l'altezza. L'intensità (dinamica) delle note viene rappresentata con il colore oppure con un istogramma nella parte sottostante. Deriva in qualche modo dai rulli delle vecchie pianole, i pianoforti automatici che si vedono spesso nei film western;
- *controller envelopes*: spesso associati ai *piano roll*, riportano delle linee proporzionali alla variazione di particolari parametri nel tempo;

²¹ Cfr. Curtis Roads, *op.cit.*, p. 735ss.

- *metrical grids*: si tratta di reticoli che riportano in ascissa intervalli temporali musicali (es. un quarto) ed in ordinata solitamente i nomi di diversi strumenti a percussione. Se il riquadro formato dall'incrocio contiene un simbolo, significa che quello strumento produrrà un suono in quell'istante;
- notazione musicale tradizionale;
- *graphic faders*: riproducono l'aspetto di un mixer (con i relativi controlli a cursore o rotatori, spie luminose, ecc.) e servono a controllare in modo dinamico alcuni parametri.

2.2.3 Rappresentazioni fisiche

Se si vuole ottenere una memorizzazione il più possibile accurata di una serie di eventi sonori (siano essi musicali o meno), è necessaria una rappresentazione che sia in buona misura fedele alle caratteristiche fisiche del suono. I primi mezzi con cui si sono ottenute delle registrazioni di suoni furono i cilindri e i dischi di cera (e poi in altri materiali). Su di essi vengono incisi dei solchi i cui profili sono il più possibile proporzionali alle vibrazioni che avvengono nell'aria in prossimità della sorgente degli eventi sonori. Questo tipo di rappresentazione viene definita analogica ed è la stessa che si applica nei nastri magnetici, dove alla misura del profilo del solco in termini di lunghezza si sostituisce un valore di intensità del campo magnetico. L'invenzione di dispositivi in grado di convertire le vibrazioni dell'aria in segnale elettrico (es. microfoni) e viceversa quest'ultimo in suoni (es. altoparlanti) ha consentito di gestire il suono tramite la sua rappresentazione sotto forma di segnale elettrico analogico.

Passando nel mondo digitale, l'informazione contenuta nel segnale elettrico dev'essere adattata e a questo proposito sono stati progettati dei circuiti di conversione analogico-digitale e digitale-analogica, i quali consentono di ottenere una rappresentazione del suono in forma di lunghe catene di bit, seguendo metodi diversi che non verranno analizzati in questa sede (es. PCM, *bitstream*, ecc.). Per la gestione dei suoni memorizzati, queste rappresentazioni vengono prontamente riconvertite dai dispositivi tecnologici in visualizzazioni di più semplice utilizzo:

- la visualizzazione in tempo-ampiezza (o forma d'onda), un grafico bidimensionale che ha in ascissa il tempo e in ordinata la tensione del segnale elettrico che sarà generato in uscita dal circuito di conversione digitale-analogica, che possiamo ritenere in prima approssimazione proporzionale alle vibrazioni che verranno prodotte dall'altoparlante;

- la visualizzazione in frequenza-ampiezza (o spettro), che è il risultato di un'elaborazione matematica complessa basata su una versione della trasformata di Fourier applicata agli insiemi discreti, e che produce per ogni piccolo intervallo di tempo un grafico che riporta in ascissa una serie di intervalli nel dominio della frequenza ed in ordinata l'energia associata a ciascuno di essi e di cui risulta composto il segnale analizzato. Sequenze di diagrammi di questo tipo possono essere utilizzate per produrre filmati o per analizzare un segnale in real-time;
- la visualizzazione in tempo-frequenza che, fondandosi su procedimenti matematici analoghi a quelli del punto precedente, riporta in ascissa il tempo ed in ordinata una serie di intervalli nel dominio della frequenza: in questo caso l'energia associata viene rappresentata con il colore di ciascuno dei punti del diagramma, in base ad una scala predeterminata (spettrogramma o sonogramma)²². Fanno parte di questo tipo di visualizzazione anche grafici tridimensionali con coordinate corrispondenti a tempo, frequenza ed ampiezza e disponibili anche nella forma “waterfall”, ossia con l'asse del tempo che si muove in tempo reale.

Mentre la prima categoria si basa semplicemente sulla conversione in forma grafica della rappresentazione attraverso una sorta di modello software dei circuiti di conversione digitale-analogico, le altre due derivano da processi più complessi, che possono basarsi su metodi di approccio e di calcolo diversificati. Essi vengono studiati ed implementati da un'intera disciplina chiamata “analisi spettrale” e vale la pena riportarne una parziale e sintetica elencazione²³ poiché, in base al metodo di analisi prescelto, la rappresentazione delle informazioni subirà delle conseguenze. Tutte queste tecniche mirano ad estrarre dal segnale audio in forma digitale il suo spettro, ossia «a measure of the distribution of signal energy as a function of frequency»²⁴: si tratta in ogni caso di una stima, poiché ognuno dei metodi ha delle limitazioni. Lo spettro e lo spettrogramma risultano correlati con il parametro musicale denominato “timbro”, seppur non esista una coincidenza vera e propria con quest'ultimo, sul quale influiscono anche altri fattori (es. l'involuppo, la presenza di tremolo e vibrato, ecc.).

²² J. Backhaus, *Über die Bedeutung der Ausgleichsvorgänge in der Akustik* in «Zeitschrift für technische Physik», n.13(1), 1932, pp. 31-46; W. Koenig et al., *The sound spectrograph* in «Journal of Acoustic Society of America», n. 18 (1946), pp. 19-49.

²³ Cfr. Curtis Roads, *op.cit.*, pp. 533-609.

²⁴ Curtis Roads, *op.cit.*, p. 536.

- La *Short-Time Fourier Transform*²⁵ è la trasposizione nel dominio digitale la trasformata di Fourier e la sua applicazione a segmenti di segnale temporalmente finiti. La segmentazione avviene tramite l'applicazione di una funzione di finestra da scegliersi tra diverse disponibili e di dimensione stabilita dall'utente. Questi due parametri risultano particolarmente rilevanti poiché determinano rispettivamente il tipo di distorsioni a cui in ogni caso si va incontro con l'analisi e la definizione dello spettro in termini di tempo e frequenza. L'output consiste in due serie finite di valori che rappresentano l'ampiezza e la fase dell'energia contenuta in piccoli intervalli di frequenza di uguale larghezza. Se si desidera aumentare la precisione in termini di frequenza (e dunque ottenere più intervalli in frequenza, di larghezza inferiore) bisogna analizzare un segmento di segnale più lungo e dunque si ottiene una precisione minore in termini di tempo. Questo significa che è impossibile rilevare contemporaneamente e con precisione il tempo d'attacco e le qualità spettrali di un evento musicale e questa è una limitazione di questa tecnica (chiamata "principio di indeterminazione"), che si aggiunge alle distorsioni dovute alla finestra ed ai problemi che si verificano quando una componente frequenziale cade in prossimità del limite tra due intervalli. Il vantaggio più importante della STFT è dato dall'ottima velocità di elaborazione, basandosi essa sull'algoritmo Fast Fourier Transform. L'output della STFT viene solitamente visualizzato sottoforma di grafico bidimensionale a linea, ad area o istogramma ed eventualmente utilizzando scale logaritmiche per la frequenza e/o l'ampiezza. Un'alternativa può essere la visualizzazione in forma di spettrogramma, sonogramma, 3D, *waterfall* come si è visto sopra.

²⁵ M. Schroeder - B.S. Atal, *Generalized short-time power spectra and autocorrelation functions* in «Journal of Acoustic Society of America», vol. 34 (1962), pp. 1679-1683; J. L. Flanagan, *Speech analysis, synthesis and perception*, Springer-Verlag, New York 1972; J.B. Allen - L.R. Rabiner, *A unified approach to short-time Fourier analysis and synthesis* in «Proceedings of the IEEE», n. 65 (1977), pp. 1558-1564; R. Schafer - L. Rabiner, *Design and simulation of a speech analysis-synthesis system based on short-time Fourier analysis* in «IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics», vol. 21 (1973), pp. 165-174.

- Il *Phase Vocoder*²⁶ è un'evoluzione applicativa della STFT, che interpreta quest'ultima come un banco di filtri che separa le diverse componenti dello spettro e fornisce in uscita i grafici dell'involuppo d'ampiezza e di fase relativi a ciascuno degli intervalli di frequenza. Una sua variazione è detta Tracking Phase Vocoder e consente di tracciare le singole componenti pur nelle loro variazioni in frequenza che rispecchiano l'evolversi delle altezze musicali. Con una successiva elaborazione è possibile separare le componenti armoniche del suono da quelle inarmoniche e visualizzarne i relativi spettri.
- Il *phase vocoder* interpreta la STFT come un banco di filtri ed eredita da essa la suddivisione lineare dello spettro, in intervalli di frequenza uguali. E' noto che la risposta percettiva dell'orecchio alla frequenza non è lineare, ma si avvicina di più ad una proporzionalità logaritmica. Per questo sarebbe più sensato ottenere dall'analisi dei segmenti di frequenza la cui larghezza vari logaritmicamente, e quindi sia mantenuto costante il rapporto tra la frequenza centrale di ciascuna banda e la sua larghezza. Questo rapporto è definito in elettroacustica con "Q" e da questi concetti nasce la *Constant Q Filter Bank Analysis*²⁷. Le implementazioni dirette di questo approccio prevedono il filtraggio del segnale in ingresso attraverso un banco di filtri a Q costante e la misura dell'ampiezza e della fase in uscita da ciascuno dei filtri: il vantaggio è quello di ottenere un'alta definizione in termini temporali per le alte frequenze e contemporaneamente in termini frequenziali per le basse frequenze; il limite è nella lentezza del processo, in particolare in confronto alla STFT. Tuttavia esistono altri approcci applicativi che si basano su questo stesso concetto e risultano maggiormente efficienti.

²⁶ M. Portnoff, *Implementation of the digital phase vocoder using the fast Fourier transform*, in «IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics», vol. 24 (1976), pp. 243-248; J. Gordon - J. Strawn, *An introduction to the phase vocoder* in J. Strawn (ed.), *Digital Audio Signal Processing: an anthology*, A-R Editions, Madison 1985, pp. 221-270.

²⁷ T. L. Petersen, *Acoustic signal processing in the context of a perceptual model*, University of Utah, Salt Lake City 1980; T. L. Petersen - S. Boll, *Critical band analysis-synthesis* in «IEEE Proceedings on acoustics, speech and signal processing», n. 31 (1983), pp. 656-663.

- L'Analisi per mezzo di Wavelets²⁸ si basa sull'assunto che ciascun segnale può essere rappresentato da una somma di *wavelets*, cioè delle onde sinusoidali limitate nel tempo alla durata di $1/f$ e passate attraverso una funzione di finestrazione che ne smorza l'attacco e la conclusione. L'output di questo tipo di analisi è dato da due grafici simili a dei sonogrammi, nei quali la frequenza è in scala logaritmica e la definizione temporale va aumentando partendo dalle frequenze più basse e salendo verso quelle più acute. La *Comb Wavelet Transform* è un'evoluzione di questo metodo che consente di separare le componenti armoniche da quelle inarmoniche. Questi metodi si dimostrano particolarmente adatti per individuare i transienti e gli attacchi dei suoni, nonché particolari concentrazioni di energia dovute all'esecuzione di specifici intervalli musicali.
- I metodi di *analisi spettrale AutoRegressiva*²⁹ derivano dalle più affermate tecniche per la costruzione di filtri costruiti per emulare gli spettri di segnali dati. Si basano sull'assunto che il segnale sia in ogni istante una funzione dei valori che esso ha assunto negli istanti precedenti. Il risultato dell'analisi è la funzione di trasferimento di un filtro, la cui inversa non è altro che lo spettro della porzione di segnale analizzata. Questo metodo può funzionare anche su intervalli temporali relativamente brevi e si rivela adatto a segnali privi di marcate discontinuità.
- Tra gli altri metodi che meritano una particolare menzione, ci sono i *modelli uditivi*³⁰. Essi hanno il vantaggio di offrire degli output maggiormente rispondenti a quella che è la percezione umana, scostando di conseguenza le variabili dai parametri fisici del suono. I cocleagrammi, ad esempio, producono un grafico che riporta le zone della membrana basilare della coclea stimulate da un suono in ingresso e in funzione del tempo, sulla base di un modello teorico. I

²⁸ H. Dutilleux - A. Grossmann - R.Kroland-Martinett, *Application on the wavelet transform to the analysis, transformation and synthesis of musical sounds*, presentato all'85^{ma} "Convention of the Audio Engineering Society", New York 1988; R. Kronland-Martinet, *The wavelet transform for the analysis, synthesis and processing of speech and music sounds* in «Computer music journal», vol. 12(4), 1988, pp.11-20.

²⁹ B. Atal - S.Hanauer, *Speech analysis and synthesis by linear prediction of the speech wave* in Journal of the «Acoustical Society of America», n. 50(2), 1971, pp. 637-655; J. Makhoul, *Linear prediction: a tutorial review* in «Proceedings of the IEEE», n. 63 (1975), pp. 561-580.

³⁰ S. Mellinger, *Event formation and separation in musical sound*, tesi di dottorato, Stanford University, Stanford (CA) 1991.

correlogrammi invece danno un output tridimensionale visualizzato per ciascun istante con un fotogramma che in ordinata riporta le posizioni sulla membrana basilare (strettamente legate all'altezza percepita), in ascissa invece riporta il ritardo di autocorrelazione.³¹ Per ciascuna regione della membrana abbiamo dunque informazioni sulla periodicità delle oscillazioni a cui è sottoposta e dunque sulla probabile altezza percepita, in accordo con quelli che sono i modelli più affermati della percezione uditiva.

Le visualizzazioni riportate nel primo elenco si possono ritenere delle descrizioni complete (seppur approssimate) del suono³². Altri metodi di analisi estraggono dal suono soltanto alcune informazioni specifiche:

- i metodi di *Pitch Detection*³³ cercano di risalire all'altezza percepita di un suono. Possono seguire diversi approcci: ricerca della periodicità tramite la valutazione degli *zero-crossings*³⁴ oppure, analogamente, dell'intervallo temporale che intercorre tra due picchi in ampiezza; ricerca del ritardo di autocorrelazione in un suono; utilizzo di filtri adattivi; metodi in frequenza; metodi basati sui modelli uditivi. In ogni caso un algoritmo di Pitch Detection fornisce in output un valore numerico oppure una serie nel caso di un'analisi ripetuta nel tempo. La funzione ottenuta in quest'ultimo caso viene solitamente disegnata in un grafico a due dimensioni dove in ascissa è riportato il tempo e in ordinata il pitch (in termini frequenziali o in alternativa di posizione sulla membrana basilare);
- i sistemi di *Rhythm recognition*³⁵ operano in verità a tre diversi livelli di rappresentazione: il rilevamento degli eventi che accetta input di tipo fisico e restituisce un output in termini di sequenza di eventi; la trascrizione in notazione che dalla sequenza porta al livello simbolico; l'analisi stilistica che dal piano simbolico passa ad informazioni testuali o valori numerici di indicatori convenzionali. Il primo livello si fonda generalmente su soglie di ampiezza, ma

³¹ Cfr. Curtis Roads, *op.cit.*, pp. 509ss.

³² Ne è dimostrazione il fatto che quasi tutte le tecniche elencate possono essere utilizzati in sistemi che all'analisi fanno seguire una (re)sintesi sonora, capace di riprodurre, con relativa approssimazione, il suono di partenza.

³³ Cfr. Curtis Roads, *op.cit.*, pp. 504ss.

³⁴ Si definiscono con tale termine gli istanti in cui l'ampiezza del segnale passa da positiva o negativa, o viceversa.

³⁵ Cfr. Curtis Roads, *op.cit.*, pp. 520ss.

spesso il risultato ottenuto deve essere integrato con i dati provenienti da analisi spettrale (AR in particolare) e PD. Sebbene la lista di eventi che si ottiene faccia già parte del livello successivo, essa deve subire una fase interpretativa prima di essere, per esempio, trasformata in una sequenza MIDI: innanzitutto il sistema deve individuare il tempo dell'esecuzione dall'analisi delle distanze temporali tra gli eventi; poi deve assegnare le durate alle singole note; riconoscere i gruppi ritmici; stimare il metro delle battute e di conseguenza suddividere il brano;

- i generali algoritmi di *calcolo dell'inviluppo* vengono applicati per produrre diagrammi che riportano in ascissa il tempo e in ordinata l'inviluppo d'ampiezza dell'onda. Vista la correlazione di quest'ultimo alla sensazione percettiva di intensità, - mediante un'eventuale conversione in unità di tipo psicoacustico -, i grafici prodotti tracciano la variazione di intensità percepita nel tempo.

Una nuova frontiera è rappresentata dai sistemi *signal-understanding*, che combinano metodi di analisi tradizionali con tecniche prese dalla ricerca sull'intelligenza artificiale. Essi tentano di riconoscere unità di tipo musicale a partire dal segnale d'ingresso e quindi eventualmente di convertirlo in rappresentazioni di altra categoria (es. sequenze MIDI). Gli algoritmi di questa specie si basano su aspettative e quindi su modelli prefissati di unità musicale e sono solitamente in grado di scegliere autonomamente tra diverse strategie di analisi in base ad un primo vaglio del materiale in ingresso.

A volte alcuni programmi di editing consentono di associare ad una di queste rappresentazioni fisiche un secondo livello grafico in cui vengono rappresentati i valori di alcuni controlli che possono produrre variazioni dell'output sonoro e che rientrano nella categoria *controller envelopes* di cui al paragrafo precedente. Bisogna fare attenzione, perché ai due livelli visivi corrispondono due diversi livelli comunicativi: uno riguarda il suono come è conservato nel sistema, prima di eventuali trasformazioni; il secondo è modificabile dall'utente e contiene i parametri da utilizzare per le elaborazioni richieste.

2.2.4 Altre rappresentazioni

Alcuni programmi utilizzano delle ulteriori forme di rappresentazione adatte ai loro specifici scopi. Ad esempio, i programmi *patch/instrument editor* (siano essi in comunicazione con sintetizzatori esterni o interfacce per veri e propri sintetizzatori software) memorizzano i valori dei singoli parametri necessari per produrre la sintesi del suono. Più che i singoli suoni, essi dunque operano sulle configurazioni dei rispettivi componenti. Le

rappresentazioni di questi valori si basano su una variabile combinazioni di elementi delle categorie precedenti, oltre a schemi grafici di connessione dei diversi moduli e particolari visualizzazioni proprietarie.

I linguaggi musicali derivati da linguaggi di programmazione (ad es. Csound) costituiscono un ulteriore caso particolare: essi infatti solitamente contengono due basi di dati, entrambe in forma di file di testo alfanumerici, scritti con sintassi rigide derivate da quelle dei linguaggi di programmazione tradizionali. Il primo di questi file (*orchestra*) descrive i timbri, con le forme di sintesi e i relativi parametri operativi, similmente a quanto visto qui sopra a proposito dei programmi per l'editing dei suoni. Il secondo (*score*) contiene la sequenza degli eventi che devono succedersi nel tempo della composizione e rientra dunque nelle sequenze di messaggi di controllo di cui al paragrafo precedente.

Esistono infine rappresentazioni più comuni, legate ai programmi di gestione di cataloghi di suoni o supporti sonori (*sound databases*). In questo caso ci si riferisce alle rappresentazioni tipiche delle basi di dati testuali (sia quelle interne che quelle per l'utente), integrate con qualche elemento multimediale (es. *player* per l'ascolto dei brani memorizzati).

2.3 Le interfacce e il mapping

Qualsiasi dispositivo tecnologico, per poter essere controllato da un utente, dev'essere dotato di un'interfaccia uomo-macchina, sia essa interna o esterna al dispositivo stesso. Come si è accennato nel paragrafo 2.1, i *new media* sono caratterizzati dal binomio database-interfaccia e questo è un paradigma applicabile anche alle nuove tecnologie in generale: l'interfaccia gestisce il contatto con l'utente, nelle due direzioni; quest'ultimo grazie ad essa può accedere in lettura e/o scrittura a una struttura di memorizzazione di dati (il *database*, appunto) e inoltre incaricare il sistema di svolgere operazioni di elaborazione avviando l'esecuzione degli appropriati algoritmi.

La comunicazione macchina – uomo può avvenire per mezzo di tre dei nostri sensi³⁶:

- la vista, con cui apprendiamo il contenuto degli schermi e lo stato dei pannelli fisici di controllo, nonché otteniamo i riferimenti spaziali per azionare i dispositivi;
- il tatto, da cui otteniamo il *feedback* e il *feel* tipici dell'interazione in tempo reale, nonché lo stato dei controlli meccanici disponibili;
- l'udito, che capta i suoni generati dal sistema.

³⁶ Cfr. Curtis Roads, *op. cit.*, p. 613.

I modi della comunicazione uomo – macchina si basano solitamente su meccanismi meccanici azionati con l'uso delle mani (es. un mouse, una tastiera MIDI), ma questo non avviene necessariamente. Pensiamo alla registrazione/digitalizzazione di suoni, non solo a fini musicali ma anche, ad esempio, per controllare le funzioni di sistema del computer, che dunque accetta input di tipo sonoro (riconoscimento vocale). Esistono poi tecnologie capaci di interpretare i movimenti per mezzo di una telecamera, sgravando la comunicazione dalla necessità di un vero contatto fisico.

Riferendoci al settore informatico e ai suoi cinquant'anni di storia, si deve rilevare che uno dei suoi principali campi di evoluzione è stata la trasformazione delle interfacce uomo-macchina: i primi elaboratori erano utilizzabili solo da personale altamente specializzato e capivano solo istruzioni in linguaggio macchina: era dunque lasciato interamente all'uomo il compito di convertire i compiti che desiderava affidare al computer in istruzioni ad esso comprensibili e viceversa quello di interpretare i tabulati cartacei e gli altri formati dei dati in uscita; l'uomo dunque doveva adattarsi completamente al computer ed alle sue esigenze. Gradualmente, sono state introdotte delle innovazioni, parzialmente derivate da aspetti comuni fra la tecnologia e la cultura: la tastiera, lo schermo e l'interfaccia a linea di comando hanno spostato l'ago della bilancia un po' più verso l'utente che, sebbene dovesse comunque imparare un linguaggio specializzato, cominciava a vedere nel computer una macchina un po' più "familiare".

Oggi disponiamo di sistemi ancora più *user-friendly*: molti di essi si basano sul paradigma WIMP, ossia *Windows, Icons, Menu and Pointers*. Come si capisce già da questo elenco di sostantivi, questo schema si fonda su una serie di metafore tratte dal lavoro d'ufficio, dalla vita di tutti i giorni. Non è ancora possibile utilizzare il computer esprimendoci liberamente, magari pronunciando delle frasi come ci rivolgessimo ad un collega, tuttavia è di certo più semplice trascinare una cartella nel cestino piuttosto che digitare una rigida sequenza di caratteri al *prompt* dei comandi. Uno dei vantaggi dell'uso di un'interfaccia grafica e basata su metafore è quella di rendere non indispensabile una conoscenza di tipo strutturale dei meccanismi che regolano il funzionamento della macchina, e di consentire all'utente un veloce accesso funzionale alle singole azioni che desidera siano realizzate.

La facilità d'uso, tuttavia, non sempre è da considerarsi un fatto solamente positivo: il rischio, in questa progressiva semplificazione, è quello di limitare le potenzialità d'interazione tra uomo e macchina. Molte delle nuove interfacce tendono ad aumentare la necessità di sforzo cognitivo, poiché per impartire un comando bisogna comprendere ciò che è presente

sullo schermo, immedesimarsi nella metafora e dare di conseguenza dei segnali di risposta al computer: in questo modo nell'utente viene però ridotta la possibilità di automatizzare delle azioni (cosa molto più praticabile con l'input da tastiera ed è per questo che vengono previste combinazioni di tasti per svolgere le operazioni più comuni); di conseguenza, si riduce l'efficienza del sistema uomo-macchina³⁷.

2.3.1 Interfacce musicali: strumenti

Nel capitolo 2.1 si sono analizzati diversi dispositivi che imitano le interfacce degli strumenti musicali tradizionali e si è visto che alcuni di essi sono sprovvisti di una sezione dedicata alla sintesi sonora, che viene demandata per questo ad un modulo separato. È stato l'avvento del MIDI a consentire una sempre maggiore separazione tra le interfacce (controller) e i dispositivi di sintesi; inoltre trovare un computer interposto tra il dispositivo di input e il dispositivo generatore è cosa comune oggi in molti contesti musicali che fanno uso di tecnologie³⁸.

I dispositivi raccolti in questo paragrafo hanno lo scopo di catturare il gesto musicale e trasformarlo in informazione comprensibile al resto del sistema. Se a prima vista questo sembra un compito relativamente semplice, in realtà esso costituisce uno dei problemi-chiave nell'intero campo delle tecnologie applicate alla musica. Nel suonare uno strumento tradizionale, un musicista deve fornire energia sia per controllare il suono che per produrlo³⁹. Una nota prodotta con un flauto, ad esempio, si conclude istantaneamente se lo strumentista smette di soffiare nell'imboccatura. Gli strumenti elettrici ed elettronici consentono di superare questo limite: ne sono un esempio le tastiere elettroniche che, una volta azionato un tasto, consentono di mantenere il suono prodotto, fino al rilascio del tasto stesso. L'energia è indispensabile solo per l'azione di controllo, dunque, ma questo sembra non essere sempre un vantaggio: Andy Hunt⁴⁰ ha condotto alcuni esperimenti da cui si evince che, configurando alcuni strumenti elettronici in modo che sia necessario un continuo apporto di energia da parte dell'utente per mantenere il suono, essi risultano più coinvolgenti e contemporaneamente

³⁷ Andy Hunt, *Radical User Interfaces*, cit., pp. 43-47; 66-71.

³⁸ Joseph A. Paradiso - Sile O'Modhrain, *Current trends in electronic music interfaces* in «Journal of New Music Research», vol. 32 (2003), number 4, pp. 345-346.

³⁹ Curtis Roads, *op. cit.*, p. 620.

⁴⁰ Andy Hunt - Marcelo M. Wanderley - Matthew Paradis, *The importance of parameter mapping in electronic instrument design* in «Journal of New Music Research», vol. 32 (2003), number 4, pp. 429-440; Andy Hunt, *Radical User Interfaces*, cit., pp. 106ss.

consentono di ottenere significativi miglioramenti delle *performance* nel tempo. Questo è dovuto anche al fatto che l'interazione con questi dispositivi è simile a quella che si ha con molti strumenti tradizionali. Questa tematica verrà ripresa nel paragrafo 2.3.7, dedicato al *mapping*.

Curtis Roads⁴¹ riporta un elenco molto ampio di dispositivi utilizzabili per acquisire ricevere input di tipo gestuale da parte dell'utente, che qui vengono raccolti in categorie sintetiche:

- dispositivi tratti da interfacce elettroniche tradizionali: pulsanti, bottoni, potenziometri lineari e rotativi, *joystick*, ecc.
- dispositivi appartenenti alle interfacce informatiche tradizionali: tastiere alfanumeriche, penne ottiche, mouse, *trackball*, *gamepad*, tavolette grafiche, *touchpad*, *touchscreen*, “macchine da scrivere musicali”;
- tastiere musicali elettroniche, loro evoluzioni e dispositivi solitamente integrati, quali *thumb-wheel*, pedali, *ribbon controller*;
- altre emulazioni di strumenti tradizionali basati su vari tipi di tecnologia: *drumpad*, *breath controller*, *wind controller*, *guitar-synth*, *violin/cello controller*, bacchette sensibili alla velocità;
- microfoni;
- “Theremin” ed altri sensori di movimento a distanza;
- sistemi basati su videocamere;
- *data-glove* e simili;
- segnali bio-elettrici (es. onde cerebrali).

Come si è visto nel capitolo dedicato alle tecnologie, comunque, questo elenco è da considerarsi in continua evoluzione, anche grazie all'introduzione di dispositivi in grado di convertire il segnale proveniente da qualsiasi sensore in dati MIDI, direttamente accessibili dalle applicazioni musicali e dai dispositivi di sintesi. In verità, ciascuna interfaccia uomo-macchina è costituita da un modulo simile a quello appena descritto che viene pilotato da un sensore specializzato. Tuttavia, la disponibilità a livello commerciale di apparati di questo tipo offre ulteriori stimoli per l'ideazione di nuove interfacce, nonché accesso alla progettazione anche a individui non approfonditi conoscitori dell'elettronica.

Naturalmente le tipologie elencate possono essere raggruppate e convivere in uno strumento unico: la “LightHarp”⁴², per esempio, rileva il movimento delle dita tramite sensori

⁴¹ Curtis Roads, *op. cit.*, pp. 626-630.

di tipo ottico (quindi senza contatto diretto tra lo strumento e il musicista), ma ovviamente ha bisogno anche di emulare i pedali dell'arpa, con *switch* di tipo meccanico.

2.3.2 Sequencers e altri dispositivi orientati alla *performance*

Un *sequencer*, come si è accennato nel paragrafo 2.1.2 a proposito della sua incarnazione software, consente di memorizzare, modificare e riprodurre informazioni di tipo gestuale ricevute da un dispositivo di input oppure programmate per mezzo di un'interfaccia grafica o testuale. I *sequencer* si trovano sia in forma di hardware dedicato che di programmi che possono essere fatti girare su computer *general-purpose*. Una forma innovativa di sequencer è quella di un vero e proprio robot che si sostituisce all'interprete umano e che rende palese il compito di automazione affidato ai dispositivi di questa categoria.

Un *sequencer* accetta due tipi di input:

- quello proveniente dalle interfacce uomo-macchina specifiche per la musica, che forniscono informazioni sui gesti musicali prodotti dall'utilizzatore;
- quello proveniente dalle interfacce informatiche (pilotate a loro volta da mouse, tastiera, ecc.) o meccaniche (pulsanti, *slider*, ecc.) che consentono il controllo delle sue funzioni, l'elaborazione dei dati memorizzati e l'introduzione di ulteriori dati.

Di conseguenza, restituisce due tipi di output:

- le informazioni gestuali, eventualmente elaborate, che possono essere destinate a dispositivi hardware o a moduli software incaricati della sintesi;
- quello necessario per conoscere lo stato del dispositivo e visualizzare le informazioni che contiene, solitamente per mezzo di uno schermo (*sequencer* software) o di un *display* (*sequencer* hardware).

Altri esempi di software orientato alla *performance* sono quelli capaci di interpretare uno spartito o l'ampia categoria dei sistemi interattivi in real-time⁴³, tra cui citiamo ad esempio quelli in grado di generare un accompagnamento per un'esecuzione *live* di un solista. La complessità degli algoritmi che regolano la produzione di output in base all'input fornito fanno la differenza tra sistemi che si occupano semplicemente di rimappare le informazioni tra ingresso e uscita (*patcher*) e quelli che invece possono essere considerati dei veri e propri automi improvvisatori.

⁴² Andy Hunt, *Radical User Interfaces*, cit., p. 85.

⁴³ Curtis Roads, *op. cit.*, pp. 680ss.

2.3.3 Editing grafico

E' una modalità di interazione implementata soprattutto nei software che consentono di creare e modificare basi di dati musicali (*editors* appunto), secondo una delle forme di rappresentazione e visualizzazione elencate nel capitolo 2.2. Trattandosi di software, l'interazione con essi normalmente avviene attraverso un'interfaccia grafica spesso aderente al modello WIMP (vedi introduzione al presente capitolo) con il conseguente uso di mouse, tastiera e schermo. Non mancano tuttavia le eccezioni: i campionatori hardware, ad esempio, possiedono software proprietario che svolge principalmente funzioni di editing e a cui si accede attraverso bottoni e manopole presenti sul dispositivo. Gli *editor* possono essere raggruppati per categorie, a seconda del tipo di dati e di conseguenza delle interfacce utilizzate per la visualizzazione e il controllo dell'elaborazione⁴⁴:

- gli *editor in notazione tradizionale*, suddivisi in due specie: quelli grafici, che non sono in grado di produrre una *performance* poiché memorizzano i simboli e le loro posizioni sulla pagina senza saperne interpretare il significato, in modo simile ai programmi di grafica; quelli interpretativi, che usano basi di dati più vicine alle logiche di interpretazione della partitura (riconoscibili perché solitamente consentono di ascoltare il brano e di usufruire di funzioni di impaginazione automatica);
- gli *editor in notazioni non convenzionali*, spesso basati sulla grafica, ma a volte capaci anche di input e output MIDI o audio e dunque dotati di strumenti di analisi e modifica più sofisticati;
- gli *editor MIDI*, normalmente inclusi all'interno dei *sequencer*, che offrono una o più fra le molteplici visualizzazioni riportate nel paragrafo 2.2.3;
- i *sound/sample editors*, che visualizzano solitamente i dati secondo la rappresentazione in tempo-ampiezza (cfr. paragrafo 2.2.3); hanno il loro equivalente hardware nei registratori a nastro a una o due piste e nei relativi strumenti per il montaggio (forbici, nastro adesivo, ecc.), che vengono ereditati e integrati con possibilità di processamento ed effetti più evoluti;
- gli *spectrum editors*, che offrono visualizzazioni in tempo-frequenza e consentono di agire sul suono tramite l'applicazione filtri e algoritmi di resintesi, programmabili in forma parametrica o grafica;

⁴⁴ Curtis Roads, *op. cit.*, pp. 703-782.

- i *patch editors* e gli *instrument editors*, che solitamente tramite visualizzazioni a blocchi, pulsanti e cursori (reali o virtuali), ecc. permettono di modificare i parametri degli apparati di sintesi;
- i *function editors*, utili per definire curve che a loro volta pilotano sezioni dei dispositivi di sintesi, involucri per variare l'ampiezza in un sample editor, ecc.;
- i *sound database editors*, che hanno l'aspetto tradizionale di un *database management system* (di cui sono casi particolari) e a volte includono alcune delle visualizzazioni tipiche per la musica;
- i *media editors*, che integrano il suono con altre forme di comunicazione e dunque utilizzano interfacce ibride, con visualizzazioni musicali scelte tra quelle già citate, ma anche video, ecc.

2.3.4 Linguaggi musicali

Costituiscono storicamente la prima modalità di approccio informatico alla musica e sono stati plasmati sui linguaggi di programmazione tradizionali, di cui in parte seguono l'evoluzione. Offrono molta precisione e flessibilità, tuttavia sono molto astratti, distanti dagli schemi di ragionamento di un musicista/compositore. L'accesso avviene praticamente sempre tramite l'interfaccia informatica tradizionale (tastiera/schermo) e nella maggior parte dei casi vengono utilizzati su computer *general-purpose*.

Si possono suddividere in tre categorie, in base agli scopi che si prefiggono:

- linguaggi per la sintesi software, che prevedono la definizione preventiva dei timbri e della sequenza degli eventi musicali e la produzione, dopo i tempi di calcolo, un successivo output in formato audio;
- linguaggi per il controllo della sintesi in tempo reale;
- linguaggi per la composizione, di due tipi: "score input", per la codifica rapida di partiture all'interno del mezzo informatico; "procedural composition", che consentono di specificare la composizione in modo algoritmico e dunque automatizzare alcune pratiche di scrittura.

2.3.5 Sistemi per la composizione algoritmica

I sistemi in oggetto si differenziano dai "procedural composition languages" appena visti per due aspetti principali:

- la maggiore presenza di elementi aleatori, che corrisponde a un minore determinismo degli algoritmi, i quali sono fondati sostanzialmente su modelli a maglie larghe di particolari stili musicali;
- l'interfaccia non necessariamente testuale: molti di questi programmi necessitano solo che l'utente specifichi alcuni parametri, oppure offrono modalità di interazione di tipo grafico/modulare.

2.3.6 Interfacce culturali

Si è già definito (cfr. capitolo 2.1) il concetto di “interfaccia culturale” così come è stato proposto da Lev Manovich⁴⁵. Esistono innumerevoli risorse musicali che rientrano nell'ampio campo dei contenuti culturali trasmissibili attraverso i *new media*, ad esempio:

- enciclopedie di artisti e di discografie generali e specializzate;
- manuali elettronici e *tutorial* per l'apprendimento musicale;
- analisi multimediali di opere musicali;
- giochi per l'autoapprendimento musicale.

2.3.7 Il *mapping*

Per ottenere un certo *feeling* interattivo, si è detto nel paragrafo 2.3.1, può rivelarsi utile richiedere all'utente un input continuo di energia affinché il suono si mantenga. Secondo alcuni esperimenti⁴⁶, una semplice interfaccia dotata di due cursori risulta più efficace, in termini di coinvolgimento interattivo, se configurata in modo che sia necessario il movimento continuo di uno di essi per la produzione del suono, piuttosto che questi controllino solamente e direttamente l'altezza e l'intensità. E' chiaro che ciò che cambia è il modo con cui i parametri controllati dall'utente (l'output dell'interfaccia) agiscono sui parametri di input dei dispositivi di sintesi, e non il dispositivo di controllo in sé. La funzione che produce i parametri per la sintesi a partire da quelli del *controller* costituisce ciò che viene definito *mapping*. In apertura di questo capitolo si è detto che la facilità d'uso non significa necessariamente un più efficace rapporto uomo-macchina ed esperimenti simili a quello sopra riportato ne sono una dimostrazione. Un'altra può venire dall'analisi del comportamento degli strumenti musicali tradizionali: raramente un movimento è direttamente connesso ad un solo

⁴⁵ Lev Manovich, *op. cit.*, pp. 27ss.

⁴⁶ Per una descrizione completa degli esperimenti si vedano: Andy Hunt - Marcelo M. Wanderley - Matthew Paradis, *art. cit.*, pp. 429-440; Andy Hunt, *Radical User Interfaces*, cit., pp. 106ss.

parametro musicale e l'interazione è discretamente complessa, tanto che solitamente ci vogliono anni per imparare i rudimenti tecnici per suonare uno strumento.

Nel progettare un sistema di *mapping* per uno strumento musicale digitale, si possono inserire uno o più livelli ulteriori tra quello dei parametri del *controller* e quelli del sintetizzatore. Questi nuovi livelli saranno costruiti con parametri astratti, quali ad esempio “brillantezza del suono” oppure “energia prodotta dal movimento di uno *slider*”. Tra ciascuna coppia di livelli ci sarà una funzione di *mapping*, che contribuirà al comportamento globale del sistema. Inoltre sarà preferibile avvalersi – almeno per alcuni strati – di funzioni più complesse di quelle di tipo uno-a-uno, e dunque produrre i parametri in uscita a partire dalla combinazione matematica di più parametri in ingresso.

Il tipo di interazione che si ha con uno strumento musicale è molto diversa da quella che generalmente si attua con i computer, in particolare per quanto riguarda le interfacce WIMP⁴⁷. In quest'ultimo caso, l'elaboratore assume un ruolo prevalente nel dialogo con l'operatore, il quale viene visto come un “processore di informazioni” che opera per via prevalentemente analitica praticando delle scelte tra le alternative poste dal computer. All'utente è richiesto un costante impegno cognitivo ed è difficile per lui interiorizzare ed automatizzare le operazioni, che richiedono un costante lavoro di navigazione tra i diversi menù.

E' chiaro che nel caso di un'esecuzione strumentale le cose non possono andare secondo questo modello ed è fondamentale che l'utente possa automatizzare – grazie all'esercizio – le operazioni tecniche fondamentali, per poter dedicare le sue risorse cognitive ad aspetti di ordine superiore nell'esecuzione.⁴⁸ Questo tipo di interazione viene definita da Andy Hunt “performance mode” e consente all'utente di esplorare un ambiente in maniera continua, piuttosto che eseguire semplici serie di operazioni unitarie⁴⁹. Il *feedback* sensoriale costituisce la guida per questa esplorazione, in cui l'attore principale è l'uomo ed è la macchina a reagire alle azioni da lui intraprese.

Nel progettare e configurare un'interfaccia, dunque, bisogna tenere conto di queste considerazioni, che vanno al di là della semplice scelta del tipo di controllo da utilizzare. La multiparametricità e la continuità dei controlli sembrano essere elementi fondamentali affinché un'interazione come quella appena descritta possa avere luogo. Una buona interfaccia necessita dell'uso di più di un arto o altro elemento del corpo (es. il respiro) per

⁴⁷ Andy Hunt, *Radical User Interfaces*, cit., pp. 95-105.

⁴⁸ Cfr. John A. Sloboda, *The musical mind. The cognitive psychology of music*, Oxford University Press, 1985 (trad. it. *La mente musicale*, Il Mulino, Bologna, 1998, p. 31).

⁴⁹ Andy Hunt, *Radical User Interfaces*, cit., p. 102.

pilotare i diversi controlli. Il *mapping* deve, come si è detto sopra, prevedere la combinazione dei parametri sia nel senso di una convergenza di diversi controlli per una caratteristica del suono, che in quello per cui un singolo controllo può influire su più qualità sonore. Per l'attivazione e per il mantenimento del suono, infine, è preferibile pretendere un input continuo di energia da parte dell'utente.

3. Educazione tecnologica ed educazione musicale

3.1 Le tecnologie al servizio dell'educazione

Fino a pochi decenni fa l'apprendimento era per gran parte basato sul libro, un mezzo che attraverso i secoli ha prodotto un fortissimo influsso sulle strutture cognitive umane, abituandoci a una forma di comunicazione lineare, in cui il ragionamento si sviluppa per tesi e argomentazioni, è solo in minima parte esposto in modo grafico, ecc. L'avvento della stampa aveva trasformato l'acquisizione di una conoscenza in un fenomeno individuale, di incontro indiretto tra autore e lettore, senza possibilità di replica e di confronto e con un conseguente forte sforzo da entrambe le parti per supplire alla mancanza di interattività, della gestualità e degli altri elementi che si accompagnano solitamente alla comunicazione verbale. L'acquisizione di schemi mentali avvenne a livelli così profondi che una nuova tecnologia come il telefono fu inizialmente impiegata in modo simile ad una "scrittura parlata" piuttosto che per la comunicazione verbale a distanza. Come ulteriore conseguenza, l'apprendimento è stato sempre maggiormente fondato su metodologie derivate dalla comunicazione scritta: generalizzazione, schematizzazione lineare (e solo eventuale ricostruzione successiva di mappe concettuali più proprie per i contenuti), astrazione, distanza dai contesti concreti e conseguente sforzo immaginativo.

Alcuni decenni or sono, a questo modo di pensare e di apprendere si è contrapposta la televisione: immersiva, multimediale, non sempre lineare e basata sull'abbinamento tra immagine e suoni, per molti versi alla base di una forma di «oralità secondaria»⁵⁰. Anche in questo caso il mezzo di comunicazione non ha costituito soltanto una novità di tipo tecnico, ma ha provocato una vera e propria rivoluzione culturale, che negli ultimi anni si sovrappone alle ulteriori innovazioni apportate dall'avvento dei *new media*.

Mario Fierli⁵¹ riporta un elenco esemplificativo di comportamenti peculiari delle nuove generazioni di giovani, legati alle nuove forme di comunicazione, che si riassumono qui di seguito:

- la tendenza a una continuità fra gioco e apprendimento;
- una maggiore mobilità mentale e persino fisica (percepita dagli adulti come instabilità e irrequietezza);
- lo *zapping*, cioè l'abitudine di saltare frequentemente da un argomento all'altro;

⁵⁰ Walter J. Ong, *Orality and Literacy: The Technologizing of the Word*, Methuen, London 1982 (trad.it. *Oralità e scrittura: le tecnologie della parola*, Bologna, Il Mulino 1986).

⁵¹ Mario Fierli, *La scuola del futuro* in «Nuova Civiltà delle Macchine», Anno XXII (2004), n.1, pp. 24-35.

- il *multitasking*, ovvero l'attitudine a svolgere più attività contemporaneamente;
- la non-linearità nell'esplorare un problema, nello studiare, nel cercare le informazioni.

Ci troviamo di fronte ad un contesto di trasformazione in seno al quale pare difficile pensare che l'educazione possa non adeguarsi alle nuove forme di comunicazione, sempre più conosciute e praticate dai giovani, che ne fanno propri gli schemi cognitivi:

Il multimedia [al giovane] piace perché ci sguazza dentro, perché gli tiene occupate zone corporee (e mentali) più estese di quelle della lettura, perché lo vincola ad un rapporto di complicità.[...] L'apprendimento multimediale opera per *immersione*, l'apprendimento monomediale per *astrazione*.⁵²

Le nuove generazioni nascono e vivono le prime esperienze conoscitive e di apprendimento utilizzando mezzi immersivi (TV, videogiochi, ascolti musicali) e quindi si avvicinano solo successivamente (soprattutto con la frequenza scolastica) all'astrazione. Un obiettivo dell'inserimento delle tecnologie nella scuola è anche quello di costruire un ponte tra queste modalità: Roberto Maragliano⁵³ ci suggerisce l'utilizzo di mezzi quali il videoregistratore, la videocamera, il videogioco, l'ipermedia. Questi aggiungono all'immersione pura (TV, ascolto musicale) una dimensione astrattiva ed interattiva, costituendo una "terra di mezzo" indispensabile per un incontro che non sia scontro tra vecchio e nuovo e, se vogliamo, tra insegnante e allievo.

Quali sono gli obiettivi che una riforma tecnologica dell'educazione dovrebbe porsi? Stando alle proposte del gruppo ASCI (Apprendere nella Società della Comunicazione e dell'Informazione)⁵⁴ questo potrebbe essere un elenco:

- formare specialisti dotati di competenze sufficienti all'uso delle tecnologie nelle imprese e nei servizi pubblici dove sono richieste (e lo saranno sempre più);
- estendere a tutti una sufficiente padronanza, sia intellettuale sia pratica, delle tecnologie;
- promuovere la formazione alla pluralità dei linguaggi;
- promuovere un approccio alla conoscenza basato su uno stretto rapporto fra costruire e comprendere e su una osmosi fra i saperi;

⁵² Roberto Maragliano, *Nuovo manuale di didattica multimediale*, ottava edizione, Laterza, Roma-Bari 2004, p.20.

⁵³ Roberto Maragliano, *op. cit.*, p. 23.

⁵⁴ Elenco parzialmente tratto da AA.VV., *Tecnologie e scuola* in «Nuova Civiltà delle Macchine», Anno XXII (2004), n.1, pp. 137-143.

- sfruttare le tecnologie per costruire ed applicare nuove modalità educative maggiormente efficaci e adatte alle caratteristiche cognitive dei destinatari;
- formare gli specialisti preposti a mettere in pratica le nuove forme educative.

Una tentazione permanente è quella di ridurre il problema alla cosiddetta «alfabetizzazione» informatica-telematica. Certamente la scuola si deve occupare delle competenze tecnologiche, prima di tutto perché se è vero che spesso i giovani le posseggono già, questo non è vero per tutti. [...] Ancor più difficile è che i giovani, da soli, possano raggiungere il vero obiettivo, che è quello di mettere le tecnologie al servizio del proprio impegno intellettuale, cioè della costruzione della conoscenza e del suo impiego nella soluzione pratiche di problemi. [...] L'introduzione di competenze tecnologiche fra gli obiettivi formativi non deve essere confinata in un "angolo tecnologico", ma deve interagire con tutti i saperi.⁵⁵

L'utilizzo delle tecnologie aumenta la carica motivazionale degli studenti sia per l'*appeal* che la tecnologia ha sui giovanissimi, che per il fatto che normalmente «l'allievo viene coinvolto in prima persona ed è quindi attivo rispetto al processo di conoscenza»⁵⁶. Si tratta dunque di una modalità di apprendimento più personale, che riporta un equilibrio fra la figura dell'insegnante e dell'allievo instaurando, particolarmente nel caso di lezioni di laboratorio con pochi allievi, un clima collaborativo anche fra gli studenti.

Gli *ipermedia*, nella loro varietà strutturale, concorrono a rafforzare la metacognizione, oltre che consentire un apprendimento personalizzato. Quest'ultimo aspetto è presente in misura ancora maggiore quando si passa ad applicativi software non solo orientati ad informare. In questo caso all'allievo viene usualmente assegnato un progetto, per la cui realizzazione gli vengono offerti degli strumenti (il cui uso viene prima appreso con dei *tutorial*). E' il caso dei programmi di grafica, per esempio, in cui un grande spazio è lasciato alla fantasia, ma è necessario anche aver fatte proprie le abilità legate all'uso degli strumenti grafici virtuali.

Un altro settore in cui le tecnologie si rivelano strumenti molto efficaci è quello delle simulazioni. Non tutte le scuole hanno laboratori scientifici attrezzati ed inoltre molti esperimenti non possono realizzare concretamente tra le mura di una scuola: con software specializzati si possono progettare esperimenti virtuali che i ragazzi hanno la possibilità di controllare individualmente, variando i parametri, ripetendo più volte l'esperimento e dunque raggiungendo una più fondata comprensione delle leggi.

⁵⁵ AA.VV., *Tecnologie e scuola*, cit., pp. 137-143.

⁵⁶ P. Gentile - R. Marzorati, *Multimedialmente: guida alla multimedialità nella scuola primaria*, Editori Riuniti, Roma 2004, p. 17.

La più grande potenzialità delle tecnologie, al di là delle applicazioni elencate, è senz'altro la versatilità: sta infatti soltanto alla creatività dei produttori di software e degli insegnanti trovare modi sempre nuovi di avvalersi dei computer e degli altri strumenti elettronici per migliorare l'apprendimento. Allo stesso tempo, le TIC consentono la pluralità e l'individualizzazione degli approcci educativi, con la conseguenza di un possibile "reinserimento" nel gruppo classe di ragazzi che hanno difficoltà di apprendimento soltanto a causa dell'inapplicabilità degli stili cognitivi a loro più consoni:

"[...]self-instructed pupils are free to progress at their own rates: individuals are not held back or overstretched by the learning speed of their co-students, as they would be in a group teaching situation."⁵⁷

Prende dunque corpo un metodo educativo euristico, centrato sull'apprendimento, in cui all'insegnante spetta più il ruolo di propositore e di guida e meno quello di oratore frontale, mentre sono i ragazzi i veri protagonisti della lezione, ciascuno con il proprio atteggiamento esplorativo che li porta a capire, in modi e tempi diversi ed individualizzati, l'argomento oggetto della lezione.

3.2 Studi e ricerche in Italia e nel mondo

"The use of computers in music education parallels the introduction of the use of computers in general education, with music educators playing an active role in computer-based instruction since the late 1950s."⁵⁸

Se pensiamo che la prima applicazione musicale per computer fu scritta nel 1957, questa frase testimonia come le tecnologie abbiano attratto fin da subito su di sé l'attenzione degli educatori musicali. Ci vollero alcuni anni, però, affinché fossero condotte delle vere ricerche educative in questo specifico campo, mentre un successo più immediato ebbe l'uso della televisione nell'ambito dell'educazione musicale: il modello non si differenziava concretamente dalla lezione individuale ricevuta di persona, se non per l'impossibilità di un dialogo bidirezionale. Uno studio condotto da A. L. Giles⁵⁹ riferisce che studenti adulti motivati sono in grado di completare i primi livelli di studio pianistico con l'uso esclusivo di lezioni televisive almeno con altrettanto successo che con l'istruzione in classe o privata.

⁵⁷ David J. Hargreaves, *The Developmental Psychology of Music*, Cambridge University Press, Cambridge 1986, p. 224

⁵⁸ William Higgins, *Technology*, in Colwell, Richard (editor), *Handbook of Research on Music Teaching and Learning*, Music Educators National Conference - Schirmer, New York 1992, p. 483.

⁵⁹ A. L. Giles, *Teaching beginning piano to adults by television*, Columbia University, New York 1981.

Tornando al campo delle applicazioni informatiche, negli Stati Uniti del 1978⁶⁰ era ancora molto raro l'utilizzo effettivo dei computer per l'educazione musicale nella *public school* e nei *college*, mentre molto più diffuso era l'uso dei sussidi tecnologici generici (registrazioni audio, diapositive, ecc.). Lo studio di Bresler presentato nel 1987⁶¹ ci rivela comunque che nelle lezioni di teoria musicale alcuni allievi traggono un buon profitto dall'uso dei computer, in particolare questo sembra valido per gli studenti che: sanno auto-valutare le proprie difficoltà di apprendimento; hanno buone capacità di pensiero analitico; sono sistematici nello svolgere i compiti assegnati; possono mantenere la concentrazione per lunghi periodi.

William Higgins⁶² riporta diverse ricerche condotte negli anni '80 negli Stati Uniti a riguardo dell'efficacia dei software di approfondimento sui concetti fondamentali della musica e sull'educazione dell'orecchio, che costituiscono forse la categoria più diffusa di programmi educativi/musicali per computer. Di nove studi sono riportati i risultati, in forma di confronto tra apprendimento tradizionale ed apprendimento integrato con l'uso dei software: in tre casi l'uso del software ha significato peggiori abilità da parte degli allievi, in due casi migliori, in tre nessuna differenza ed in uno degli esperimenti un miglioramento veniva rilevato soltanto con uno fra più tipi di test di valutazione. A proposito del vicino campo dei software riguardanti la teoria musicale, Higgins⁶³ riferisce degli studi di Bowman e Dalby, entrambi attestanti una positiva efficacia del mezzo informatico. Si può citare qui a proposito anche una ricerca condotta da Barbara E. Willett e Anton J. Netusil⁶⁴, che rivela come l'uso di un programma di auto-apprendimento sul rigo e le chiavi musicali risulti un mezzo efficace e piacevole.

Nel caso di esperimenti con applicativi votati a migliorare le capacità esecutive degli strumentisti, i risultati sono stati positivi in due casi su cinque tra quelli di cui Higgins⁶⁵ riporta i risultati e nulli/positivi (a seconda del tipo di test finale) in due; nel caso rimanente il

⁶⁰ J.A. Taylor - J. W. Parrish, *A national survey on the use of and attitudes toward programmed instruction and computers in public school and college music education* in «Journal of computer-based instruction», 5(1-2), 1987, pp. 11-21.

⁶¹ L. Bresler, *The role of the computer in a music theory classroom integration, barriers and learning*, University of Rochester, Rochester 1987.

⁶² William Higgins, *op. cit.*, pp. 484-485.

⁶³ *Ibidem.*

⁶⁴ Barbara E. Willett - Anton J. Netusil, *Music Computer Drill and Learning Styles at the Fourth-Grade Level* in «Journal of Research in Music Education», vol. 37 (1989), n. 3, pp. 219-299

⁶⁵ William Higgins, *op.cit.*, pp. 485-486.

test dava esiti buoni con gli allievi più motivati e dotati di autocritica, negativi con gli altri. Molto interessanti⁶⁶ sono le conclusioni a proposito dei programmi pensati per stimolare la creatività e la composizione (ambito tradizionalmente trascurato nell'educazione musicale): i risultati sono in ogni caso positivi, inoltre Kozerski⁶⁷ conclude che la partecipazione degli studenti in attività di composizione rappresenta un metodo educativo più efficace rispetto ai tradizionali software di apprendimento musicale.

Si è scelto di riportare questa rassegna di indagini perché essa costituisce buona parte dei pochi dati scientifici sperimentali sull'integrazione delle tecnologie nell'educazione musicale. La maggioranza delle forze della ricerca in questo campo, infatti, è rappresentata da insegnanti che, spesso per scelte autonome e con scarsi finanziamenti, promuovono l'uso del computer nelle lezioni attraverso una ricerca-azione di cui più che dati di efficacia vengono generalmente diffuse le idee e le procedure che vi stanno dietro. Abbiamo a disposizione migliaia di strategie, programmi didattici, verbali di lezioni, senza però un oggettivo riscontro degli effetti che questi hanno nell'educazione musicale.

C'è da rilevare una diffusa fiducia negli strumenti informatici ed elettronici da parte dei docenti. Secondo una recentissima ricerca della Società Italiana di Educazione Musicale⁶⁸, il 44,68% degli insegnanti di educazione musicale della Scuola Secondaria di I grado utilizza sussidi di tipo informatico nell'ambito delle proprie lezioni. Reese, McCord e Walls⁶⁹, riferendosi a dati raccolti prima del 2001 negli USA, riferiscono che il 30% degli insegnanti di musica in servizio sono in grado di servirsi dei computer per le loro lezioni. Possono sembrare adesioni limitate, ma di certo non lo sono se si pensa che le tecnologie hanno raggiunto livelli sufficienti per consentire la pratica dell'informatica musicale in classe non più di 10-12 anni fa e che si può presumere che la maggioranza degli insegnanti sia in servizio da 15 anni o più.

In Italia la ricerca è stata condotta, oltre che da volonterosi insegnanti, nell'ambito di alcuni Istituti Regionali per la Ricerca Educativa (IRRE). In particolare, l'IRRE della Lombardia ha promosso il progetto "Bit bit bum bum: educazione musicale e nuove tecnologie" (dal 1997). Esso si è concretizzato secondo tre direttrici:

⁶⁶ Ivi, p. 486.

⁶⁷ R. A. Kozerski, *Computer microworlds for music composition and education*, University of California, San Diego 1988.

⁶⁸ Walter Pecoraro, *La prassi didattica dei docenti di educazione musicale* in «Musica Domani», n. 136 (settembre 2005), pp. 27-31.

⁶⁹ Sam Reese - Kimberly McCord - Kimberly Walls, *Strategies for teaching: technology*, MENC, Reston(VA) 2001, p. 3.

- la realizzazione di un sito internet⁷⁰ che offre risorse sull'utilizzo delle nuove tecnologie nella didattica della musica;
- la messa in opera di una mailing list, per fornire supporto all'attività di autoformazione *on-line*;
- l'organizzazione di appuntamenti per un programma di formazione in presenza con annesse attività di laboratorio per riflettere sui possibili usi delle tecnologie proposte.

Purtroppo è mancata un'efficace fase di diffusione dei risultati, rappresentata sostanzialmente dal sito internet, che contiene soltanto pochi *link* a risorse esterne e poche indicazioni operative, oltre alla totale assenza di risultati concreti o valutazioni di efficacia.

Nell'ambito dell'IRRE Liguria (e non solo) si è invece svolta l'attività di Amedeo Gaggiolo, tra l'altro autore del cd-rom interattivo "Music Park"⁷¹ e di vari volumi tra cui "Educazione musicale e nuove tecnologie"⁷², che costituisce fino ad oggi il manuale in lingua italiana più completo sull'argomento. Il testo contiene riflessioni sul ruolo della tecnologia nell'educazione generale e specifica, una rassegna del software a disposizione del docente, approfondimenti specifici sulla multimedialità e sulle applicazioni delle reti telematiche e una serie completa di proposte operative. Anche in questo caso non si trova traccia di sperimentazioni scientifiche o di dati sull'efficacia delle tecniche illustrate, sebbene sia ovvio, in particolare per il capitolo dedicato alle proposte operative, che queste sono già filtrate in base al successo riscontrato dallo stesso Gaggiolo nella loro implementazione nella propria attività di insegnante.

Negli Stati Uniti d'America la ricerca e la diffusione sono molto più organizzate, grazie all'esistenza di due associazioni specializzate di livello nazionale (ATMI: *Association for Technology in Music Instruction* e TI-ME: *Technology Institute for Music Education*), nonché all'interesse dedicato alla tecnologia dalla MENC (*Music Educators National Conference*). Nonostante la quantità di soggetti istituzionali e di individui che si impegnano nella ricerca, come si è già detto è esiguo il numero di studi realizzati con criteri scientifici o che perlomeno riportino chiari dati di rilevamento degli effetti sugli allievi. Ciò non toglie che le pubblicazioni (cartacee e *on-line*) delle associazioni citate costituiscano una mole enorme di riflessioni, spunti operativi, indicazioni pratiche che tesaurizzano l'esperienza di centinaia e

⁷⁰ Raggiungibile all'URL <http://www.irre.lombardia.it/bitbit>.

⁷¹ Silvia Dini, Amedeo Gaggiolo, *Music park. Learning music while amusing*, CD-ROM, Milano, Giunti Multimedia 1997.

⁷² Amedeo Gaggiolo, *Educazione musicale e nuove tecnologie*, EDT/SIEM, Torino 2003.

centinaia di insegnanti che impiegano le nuove tecnologie nella loro attività. Sia la MENC che il TI-ME hanno pubblicato degli interessanti volumi che elencano specifiche strategie per integrare la tecnologia nel raggiungimento degli obiettivi nazionali per la musica (“National standards for music”⁷³, una sorta di equivalenti degli “Obiettivi specifici d’apprendimento” introdotti dalla recente riforma scolastica italiana). “Strategies for teaching: technology”⁷⁴ (il manuale pubblicato dalla MENC), in particolare, riporta anche per ogni strategia degli “indicatori di successo”, utili per ottenere una valutazione dell’efficacia delle stesse nel proprio contesto.

Ogni generalizzazione è un azzardato tentativo di appianare le caratteristiche che sono alla base di ogni programma educativo, tuttavia ogni metodo rappresenta una possibilità e non un obbligo. Possiamo supporre che ogni strumento educativo sia in grado di stimolare diversi meccanismi cognitivi o diverse combinazioni di essi, risultando più efficace con un studente o un gruppo di studenti rispetto ad un altro.

Il contributo tecnologico non deve rideterminare o modificare gli obiettivi dell’educazione musicale, ma sostenerli, e per questo è certo che esso deve integrarsi con e non sostituire le metodologie storiche e le loro applicazioni già ideate e sperimentate dall’insegnante nella sua pluriennale esperienza.

One clear need in this respect is for more evaluation studies of computer-assisted techniques in comparison with the longer-standing approaches. Ideally, matched groups of pupils should be randomly assigned either to a computer-assisted condition or to a conventional teaching control group; the groups should be pre- and post-tested on the appropriate criterion variable or variables, and their relative improvements compared. Much more effort has so far been expended on the development of the programmes than on their evaluation, though the two ought to go hand in hand.⁷⁵

⁷³ AA.VV., *The school music program: a new vision*, MENC, Reston (VA) 1994.

⁷⁴ Sam Reese - Kimberly McCord - Kimberly Walls, *op. cit.*

⁷⁵ David J. Hargreaves, *The Developmental Psychology of Music*, cit., p. 224.

3.3 La scelta degli strumenti

Alla luce delle informazioni raccolte in particolare nel capitolo precedente, ci si pone ora lo scopo di effettuare una selezione delle tecnologie, delle rappresentazioni e delle interfacce presentate in precedenza (cfr capp. 2.1, 2.2 e 2.3) nell'ottica di un loro utilizzo nell'ambito dell'apprendimento musicale. Verranno inoltre valutati alcuni tra i prodotti realmente disponibili, in relazione alle possibili metodologie di utilizzo in ambito educativo. Si possono distinguere le attività in diverse categorie secondo questa suddivisione:

- . analisi a livello di segnale, che utilizza le rappresentazioni di cui al par. 2.2.1;
- . elaborazione a livello di segnale, che alle medesime rappresentazioni associa la possibilità di intervento di modifica delle informazioni da parte dell'utente;
- . elaborazione a livello simbolico e/o di messaggi di controllo;
- . auto-apprendimento guidato dal software.

Le attività di cui alla lettera a. sono utili per applicazioni didattiche relative alla comprensione dei cosiddetti "parametri del suono" (altezza, intensità, timbro e durata). La varietà delle rappresentazioni ottenibili tramite le tecnologie permette all'allievo di isolare da un insieme di informazioni musicali soltanto quelle legate ad uno di questi parametri, facilitandone la distinzione. Così, ad esempio, si può visualizzare in un grafico la frequenza fondamentale di un'esecuzione musicale – psicoacusticamente legata alla percezione dell'altezza –, oppure l'involuppo della forma d'onda – che fornisce informazioni sull'intensità. Queste funzioni possono essere svolte da programmi *general-purpose* che rientrano nelle categorie dei *meters*, dei *sound/sample editors* e degli *spectrum editors*. "VocalLab" (Laidman & Katsura, 1993) è un esempio di *meter* capace di estrarre da un'esecuzione monodica la frequenza fondamentale del segnale (ad es. di quello captato attraverso un microfono) e di tracciarla in ordinata su un grafico temporale. Per quanto riguarda i *sound/sample editors*, essi sono tra le applicazioni musicali più diffuse e ne esistono anche parecchi distribuiti come *freeware*⁷⁶, ad esempio "Audacity" (distrib. Sourceforge, 2002). Esso propone i segnali nella rappresentazione in tempo-ampiezza e tramite le funzioni di ingrandimento ne visualizza automaticamente l'involuppo. "Audacity" offre inoltre la rappresentazione in frequenza-ampiezza per mezzo di algoritmi STFT e autocorrelativi, consentendo in questo modo di evidenziare alcune informazioni sul timbro.

⁷⁶ Il mercato dei software gratuiti risulta particolarmente interessante in ambito educativo, ove i programmi normalmente devono essere installati su un grande numero di postazioni e i costi complessivi degli allestimenti possono diventare presto elevati.

Per un'indagine più approfondita di questo parametro, un programma molto evoluto è "Sonogram" (Christoph Lauer, 2002), che permette l'analisi secondo una grande varietà di rappresentazioni, dalla forma d'onda alle *wavelets*.

I *sound/sample editors* permettono all'utente non solo di registrare, visualizzare e riprodurre segnali, ma anche di modificarli (attività di cui alla lettera b.). In questo modo la dimensione euristica assume una maggiore preponderanza e l'allievo si trasforma in soggetto attivo, con i conseguenti effetti positivi già enunciati sopra (cfr. cap. 3.1). E' possibile dunque modificare un suono trasponendolo, variandone l'intensità o la velocità, anche in maniera non uniforme, e in questo modo comprendere meglio la distinzione tra i diversi parametri. Anche i *MIDI sequencers*, in particolare grazie alla rappresentazione *piano roll*, si prestano ad attività di questo tipo (vedi lettera c. dell'elenco), pur operando a livello di messaggi di controllo (cfr. par. 2.2.2) anziché a quello del segnale. Un esempio di *sequencer* non troppo complicato e disponibile in una versione gratuita è "Logic" (Emagic, 1993).⁷⁷ Con la rappresentazione *piano roll* di un *sequencer* è possibile modificare melodie preesistenti in base alle altezze, alle durate, alle dinamiche, approfondendo la distinzione tra i parametri e contemporaneamente affrontando un primo approccio alla composizione.

Si ricorda che l'importanza dell'attività compositiva nell'educazione musicale è stata confermata dalla ricerca⁷⁸ e come quest'area disciplinare venga trascurata dalle metodologie che non prevedono alcun supporto tecnologico, a causa delle numerose materie teoriche la cui acquisizione è indispensabile prima di passare alla pratica compositiva tramite la notazione tradizionale. Tramite i *MIDI sequencers* è possibile registrare improvvisazioni effettuate tramite una tastiera MIDI, riascoltarle, correggerle, elaborarle, assegnare i timbri alle diverse parti, costruire strutture musicali per mezzo di metodologie di copia e incolla, ecc. Non è necessaria la conoscenza della notazione tradizionale in quanto le altre visualizzazioni consentono un approccio immediato e comunque efficace. Si possono anche effettuare trascrizioni ad orecchio (con input grafico per mezzo del mouse), giustapposizione di melodie proposte da allievi diversi, attività di analisi di sequenze MIDI (partiture) date, ecc. Attività simili, condotte al livello del segnale e dunque con segnali precedentemente registrati, possono essere realizzate anche con "Audacity" (tornando alla lettera b. dell'elenco): si ottengono così composizioni anche polifoniche di suoni (ad es. rumori o frammenti vocali) in

⁷⁷ La versione gratuita di "Logic" per scopi educativi è denominata "Logic Fun" e non viene più sviluppata dalla release 4.8 (2001). Le nuove versioni di Logic vengono prodotte dalla Apple Inc.

⁷⁸ Cfr. Cap. 3.2 e, in particolare, R. A. Kozerski, *op.cit.*

cui la creatività degli allievi può esprimersi con grande libertà, non dovendo sottostare a particolari principi di armonia/eufonia.

Esperienze ibride di composizione e improvvisazione possono essere realizzate con specifici programmi che, con approcci molto simili al gioco, consentono di programmare una sequenza di frammenti musicali ed eventualmente aggiungervi effetti e frasi melodiche in tempo reale (attività di cui alla lettera d.). Un esempio è “Rock rap ‘n’ roll” (Paramount Interactive, 1993) in cui l’utente opera sulla base di una serie di ritmi, accompagnamenti, brevi fraseggi ed effetti propri di alcuni stili musicali contemporanei. Nella categoria dei programmi di gioco e auto-apprendimento si trovano anche prodotti utili all’approfondimento dei parametri musicali visti all’inizio di questo paragrafo. Il cd-rom “Musica!” (Ed. La Repubblica, 1997) contiene ad esempio alcuni giochi in formato “quiz” in cui all’utente viene richiesto di scegliere la migliore trascrizione grafica di alcune esecuzioni sonore date, limitando lo studio ad uno specifico aspetto (altezza oppure ritmo) e passando gradualmente da rappresentazioni intuitive alla notazione tradizionale.

Le aree didattiche citate sono sufficienti per coprire una parte del programma del primo anno della Scuola Secondaria di I grado, che rappresenta la popolazione su cui si concentra la ricerca sperimentale riportata nel prossimo capitolo. Le applicazioni tecnologiche alla musica ovviamente non si esauriscono qui: efficaci strategie possono essere sviluppate per esempio per la didattica della notazione, per la produzione di accompagnamenti, per l’auto-correzione delle esecuzioni vocali e strumentali, ecc.

I software citati in questo paragrafo, pur essendo adattabili ad applicazioni di tipo didattico, nascono con lo scopo principale di offrire un ausilio per la composizione, la registrazione ed altre funzioni attinenti al mondo della produzione musicale. Per questo motivo si articolano in un notevole numero di funzioni e utilizzano interfacce piuttosto complesse e, naturalmente, differenti tra i diversi programmi. Questo rappresenta senz’altro un limite per l’approccio degli allievi, distratti da strumenti e procedure che non utilizzeranno mai e costretti ad imparare ad interagire con logiche diverse a seconda dell’applicazione. I programmi dedicati specificamente all’educazione musicale, d’altro canto, rientrano quasi sempre nella categoria dei giochi, dei software di autoapprendimento e non offrono le caratteristiche di ambiente aperto tipiche dei *MIDI sequencers* e degli *editors*. In questo senso sarebbe auspicabile che l’industria producesse nuovi programmi, pensati per un pubblico giovane e che raccolgano le funzioni strettamente necessarie alla didattica, traendole dai software professionali, al fine di ottenere un prodotto davvero adeguato alle esigenze dell’apprendimento.

4. Progetto sperimentale

4.1 Finalità e metodologia dell'esperimento

In seno all'obiettivo principale di questa tesi si è provveduto a progettare e realizzare un esperimento al fine di *raccogliere dati oggettivi sugli effetti dell'introduzione delle nuove tecnologie nell'apprendimento musicale*. Si possono individuare diversi tipi di ricerca educativa⁷⁹, in base al metodo che essi utilizzano, ciascuno dei quali si rivela adatto in particolari condizioni e/o per intenti specifici:

- ricerca storica;
- studi comparativi;
- ricerca sperimentale;
- ricerca osservativa;
- *case study*;
- ricerca-azione.

Per la finalità riportata sopra, quella sperimentale è apparsa la strategia più adatta:

La ricerca sperimentale è utilizzata nell'educazione musicale per verificare ipotesi sulla validità dell'insegnamento e per accertarsi che i materiali e le strategie didattiche risultino efficaci. La ricerca sperimentale, basata sul ragionamento induttivo, parte dalla premessa che è possibile fare previsioni su un comportamento (musicale) osservando sistematicamente e confrontando tale comportamento su un piccolo gruppo rappresentativo.⁸⁰

A monte della progettazione dell'esperimento si è cercato di accedere agli studi effettuati in precedenza, sia per evitare la ripetizione di un'attività che ha già fornito i risultati che si cercano, sia per conoscere anticipatamente alcuni dei problemi che possono insorgere nell'attività e le possibili soluzioni, nonché acquisire accorgimenti per rendere la ricerca più efficace. La rassegna di testi ed articoli riportata nel capitolo 3.2 costituisce una buona parte della bibliografia disponibile sul rapporto tra tecnologia ed apprendimento musicale. L'esiguità del numero di contributi disponibili probabilmente non significa che ci sia un disinteresse per la ricerca in questo specifico settore, ma che essa è generalmente lasciata nelle mani di singoli insegnanti volenterosi anziché professionisti specializzati. Per questo

⁷⁹ Anthony E. Kemp, *Come avvicinarsi alla ricerca* in Anthony E. Kemp (ed.), *Some approaches to research in music education*, International Society for Music Education, Reading 1992 (trad. it. *Modelli di ricerca per l'educazione musicale*, G. Ricordi & C., Milano 1995, pp. 9-14).

⁸⁰ Harold E. Fiske, *La ricerca sperimentale* in Anthony E. Kemp (ed.), *Some approaches to research in music education*, cit. (trad. it. *Modelli di ricerca per l'educazione musicale*, cit., p. 36).

essa spesso non si svolge secondo i requisiti di metodo necessari affinché i risultati siano pubblicati sulle riviste internazionali. I risultati di queste ricerche non rigorose circolano piuttosto tramite mailing list, siti internet e riviste non specializzate nella ricerca.

La metodologia prescelta prevede che nel contesto sperimentale vengano individuate:

- una o più variabili indipendenti, che contraddistinguono l'attuazione o meno di un preciso trattamento nei confronti degli allievi (es. l'utilizzo di un determinato strumento didattico);
- una o più variabili dipendenti, che consentano di misurare l'effetto che il trattamento produce sugli allievi.

La progettazione dell'esperimento consta delle seguenti operazioni:

- l'individuazione delle variabili indipendenti e di quelle dipendenti;
- la scelta di idonei strumenti di misura delle variabili dipendenti;
- la scelta di idonei strumenti di controllo delle variabili indipendenti;
- la scelta del campione su cui effettuare l'esperimento e la suddivisione del campione in sottogruppi che subiranno un diverso livello di trattamento;
- l'individuazione di eventuali variabili estranee che potrebbero influenzare l'esperimento e di possibili soluzioni per limitarle o escluderle.

Alla fase progettuale segue quella operativa, in cui i soggetti subiscono il trattamento e contemporaneamente si raccolgono i dati (misure). Questi vanno poi analizzati e interpretati, per giungere ad una discussione del risultato ed all'elaborazione di appropriate conclusioni. Ognuna di queste fasi deve essere condotta con estremo rigore e descritta accuratamente nella relazione che costituisce il prodotto finale dell'attività di ricerca. Purtroppo nei contesti concreti non sempre è possibile operare con la scrupolosità appena esposta e in questo senso è sensato parlare di ricerca "quasi-sperimentale"⁸¹.

⁸¹ John Christian Busch – James W. Sherbon, *Experimental research methodology* in R. Colwell (ed.), *Handbook of research on music teaching and learning*, Music Educators National Conference - Schirmer, New York 1992, pp. 125-126.

4.2 Individuazione delle variabili

Nella progettazione dell'esperimento che fa parte di questo lavoro di tesi l'individuazione della variabile indipendente principale è stata piuttosto semplice: è il grado di presenza della tecnologia nell'attività educativa. In particolare si sono scelti due valori di questa variabile: un valore basso, corrispondente alla "tradizionale" attività di educazione musicale, in cui la tecnologia è presente soltanto in momenti isolati, come strumento ausiliare all'attività (ad esempio l'ascolto di musica registrata, o il canto con l'ausilio di una base musicale); un valore alto, corrispondente ad una presenza prevalente dei mezzi tecnologici e ad un utilizzo significativo degli stessi (ad esempio per attività compositive difficilmente realizzabili senza la tecnologia).

Il controllo della variabile indipendente si è attuato tramite la suddivisione del campione in due gruppi, di cui il primo è stato sottoposto ad un'attività di educazione musicale "tradizionale" mentre il secondo ha frequentato lezioni realizzate con una metodologia diversa, con un significativo utilizzo della tecnologia. Secondo una terminologia diffusa, il primo gruppo viene definito "gruppo di controllo" (GC) e il secondo "gruppo sperimentale" (GS).

Molto più complessa è stata l'individuazione di un'ideale variabile dipendente. Quello che si voleva misurare è in sostanza il grado di apprendimento musicale dei soggetti, al fine di rilevare eventuali differenze in correlazione con la variabile indipendente. Dunque il problema specifico che l'esperimento voleva studiare si può così sintetizzare: *si apprende di più con un'educazione musicale tradizionale o arricchita con le nuove tecnologie?*

Come misura dell'apprendimento si è scelta la variazione delle competenze in un determinato periodo di tempo. A questo punto si è assunto il tempo come seconda variabile indipendente e la misura della capacità come variabile dipendente: *l'esperimento avrebbe misurato la variazione delle competenze musicali in funzione del grado di presenza delle nuove tecnologie e del tempo*. La misura è stata effettuata (per ciascuno dei due gruppi) in due istanti, corrispondenti all'inizio e al termine delle lezioni sperimentali.

Il problema di individuare un idoneo strumento di misura per la variabile dipendente era stato solamente spostato, diventando il problema della valutazione delle competenze musicali. La letteratura⁸² ci fornisce innumerevoli test atti a misurare queste competenze e una certa

⁸² Rosamund Shuter-Dyson, *Musical ability* in D. Deutsch, *The Psychology of Music*, second edition, Academic Press, Londra 1999, pp. 627-651; J. David Boyle, *Evaluation of music ability* in R. Colwell (ed.), *Handbook of research on music teaching and learning*, cit., pp. 247-265; R. Shuter-Dyson - C. Gabriel, *The psychology of*

quantità di nozioni utili per la scelta dello strumento più opportuno e la valutazione dei risultati. Bisognerebbe innanzitutto capire se si possa parlare di una singola caratteristica o un insieme di abilità diverse – e in quest'ultimo caso stabilire quali. Ciascun test misura alcuni fenomeni specifici e riflette il pensiero del proprio costruttore rispetto agli interrogativi appena posti. Spesso inoltre il test è progettato avendo in mente una finalità pratica (es. predire il futuro successo negli studi musicali): per questo la maggior parte dei test si pongono l'obiettivo di stimare l'attitudine musicale, cioè la potenzialità di apprendimento, mentre altri misurano il profitto. In ogni caso sembra che, nella media, i test si rivelino uno strumento di misura sufficientemente efficace nei contesti educativi:

The best of the published tests, in spite of various imperfections, have proved succesful in helping to identify the relative status of individuals to an extent that makes the tests useful in music education.⁸³

Nella scelta del test più adatto per l'esperimento si è tenuto in considerazione anche che un test validato su una popolazione non può essere applicato ad un'altra senza che prima la validità sia nuovamente verificata.⁸⁴ Alla luce di questa considerazione, la ricerca di un test appropriato e validato per l'Italia ha portato ad un solo risultato: il “Test di attitudine musicale” di Valseschini e Dal Ton.⁸⁵ Esso si divide in due parti, un “questionario di interesse musicale ed un “questionario di percezione e memorizzazione”. Per quanto riguarda l'attendibilità, misurata con diversi metodi, essa varia da .7858 a .8549 per il primo test e da .7831 a .8132 per il secondo: si tratta di valori molto buoni, superiori a quelli di molti dei test internazionalmente affermati. La validità si aggira tra .6794 e .7133 per il test di interessi (confronto con esame psicologico e colloqui per valutare gli interessi) e si attesta a .8767 per quello di percezione (confronto con i giudizi espressi dai professori).

Alla misura realizzata con questo test si è deciso di affiancare il giudizio espresso dall'insegnante di “Musica”⁸⁶, ai fini di individuare eventuali correlazioni. Inoltre i ragazzi

musical ability, Methuen, Londra 1981; Silvio Valseschini, *Psicologia della musica e musicoterapia*, Armando Editore, Roma 1983, pp. 125-136.

⁸³ Rosamund Shuter-Dyson, *Musical ability* in D. Detusch, *The Psychology of Music*, cit., p. 629.

⁸⁴ Johannella Tafuri, *Domande della pedagogia musicale alla psicologia* in Gino Stefani - Franca Ferrari (a cura di), *La psicologia della musica in Europa e in Italia*, atti del convegno, CLUEB, Bologna 1985, p. 112. Sulla validità di un test cfr. ad es. Anne Anastasi, *I test psicologici*, Franco Angeli Editore, Milano 1991, pp. 155-174.

⁸⁵ S. Valseschini, *Psicologia della musica e musicoterapia*, cit., pp. 130-136; S. Valeschini, *Test di attitudine musicale*, Organizzazioni Speciali, Firenze 1986.

⁸⁶ Nella presente tesi si è scelto di utilizzare la terminologia indicata dalla riforma del sistema educativo italiano introdotta nel 2004.

del GS sono stati sottoposti ad una verifica del profitto specifico per le attività svolte e ad un questionario sul gradimento dell'attività.

4.3 Scelta del campione

Prima di scegliere il campione da sottoporre all'esperimento, si è dovuta identificare la popolazione di cui esso è un sottoinsieme e a cui si intende generalizzare i risultati dell'esperimento. In Italia l'attività di educazione musicale di base avviene in maniera diffusa e istituzionalizzata solamente nella Scuola Secondaria di I grado, che ha durata triennale, con allievi di età compresa fra gli 11 e i 13 anni (non essendo ancora effettiva la riforma che abbasserà di un anno questi valori). In ciascuno degli anni di corso gli studenti subiscono 2 ore settimanali di una disciplina denominata "Musica". Ovviamente i programmi sono diversi per ciascuna annualità, oltre al fatto che anche le conoscenze e le abilità complessive degli allievi cambiano, per cui è apparso opportuno identificare la popolazione con gli studenti di un singolo anno di corso. Nel caso specifico, non essendo possibile effettuare l'esperimento per tutti gli anni, si è scelto di concentrarsi sul primo e di definire dunque la popolazione come *l'insieme dei ragazzi che frequentano il I anno della Scuola Secondaria di I grado*.

A questo punto è stato possibile definire in maniera completa l'esperimento, che è consistito nella *misura della variazione delle competenze musicali in funzione del grado di presenza delle nuove tecnologie e del tempo negli studenti del I anno della Scuola Secondaria di I grado*.

Purtroppo alcuni fattori pratici hanno impedito di adottare un criterio casuale per la selezione del campione: per le modalità con cui è organizzato il sistema scolastico, non è stato possibile raccogliere studenti di classi diverse e di istituti scolastici diversi per effettuare la sperimentazione. Il campione poteva essere costituito dunque soltanto da gruppi-classe già esistenti, composti di studenti che subiscono le stesse attività didattiche e che provengono dalla stessa località e quindi godono di *background* culturali simili.

A causa del limitato tempo a disposizione, si è dovuto limitare il campione a due classi, di cui una ha costituito il gruppo sperimentale (GS) ed una il gruppo di controllo (GC). L'istituto che ha dato la propria disponibilità alla sperimentazione è la Scuola Secondaria di I grado di Osoppo (UD), che prevede due sezioni distinte per la classe I, seguite per l'insegnamento di "Musica" dal medesimo insegnante. Il GS risultava composto di 14 alunni (classe I B a.s. 2004/2005) mentre il GC da 13 (classe I A a.s. 2004/2005). Questa differenza numerica non comporta conseguenze sulla validità dei risultati, mentre piuttosto la scelta non casuale e soprattutto la ristrettezza del campione vengono fin da subito evidenziati come fattori limitanti. Un'ulteriore annotazione riguarda il fatto che, a causa della ridotta capienza

dell'aula di informatica a disposizione (4 le postazioni disponibili), è stato necessario suddividere il GS in due sottogruppi (GS1 e GS2), entrambi comprendenti sette allievi suddivisi con criterio casuale, che hanno subito la sperimentazione in momenti diversi all'interno della settimana.

Tra le variabili estranee che avrebbero potuto in qualche modo influire sull'esperimento si sono individuate le seguenti:

- comportamento e attenzione degli studenti;
- assenze degli studenti;
- motivazione degli studenti verso il test di misura;
- errori di valutazione dell'insegnante di "Musica" (per quanto riguarda la misura della variabile "Voto").

Per controllare queste variabili ci si è servito di un rigoroso atteggiamento di controllo della disciplina, dell'annotazione delle assenze al fine di individuare eventuali correlazioni con gli effetti del trattamento, nonché dell'utilizzo di metodi statistici per limitare in generale l'influsso degli errori casuali.

4.4 Il programma didattico e l'allestimento del laboratorio

Il laboratorio di informatica messo a disposizione dalla Scuola che ha ospitato la sperimentazione, integrato con alcune risorse tecniche, comprendeva la seguente attrezzatura:

- n. 1 PC portatile Sony Vaio con processore AMD Athlon XP 1400+ con scheda audio integrata e corredato da mouse esterno;
- n. 1 PC desktop con processore Pentium IV, completo di monitor, mouse, tastiera e scheda audio;
- n. 2 PC con processore Pentium, completi di monitor, mouse, tastiera e scheda audio;
- cuffie in numero di 2 per ogni computer e relativo adattatore a "y";
- n. 1 computer Apple iMac G5 1.6 GHz, con microfono e altoparlante integrati (utilizzato per attività di gruppo sotto il controllo dell'insegnante).

Il numero limitato delle postazioni disponibili per i ragazzi (4) ha portato alla necessità già in precedenza illustrata di procedere alla suddivisione del GS in due sottogruppi.

Per quanto riguarda la scelta del programma didattico, si è scelto di somministrare a ciascuno dei GS un'ora settimanale di insegnamento con utilizzo prevalente delle tecnologie e un'ora settimanale di insegnamento "tradizionale". Il GC invece ha subito per il medesimo

periodo due ore settimanali di insegnamento tradizionale, come prevede il normale ordinamento scolastico. Il minor tempo dedicato dai ragazzi dei GS al canto, allo strumento ed alle altre attività “normali” va considerato come parte della variabile indipendente, che rappresenta il metodo didattico adottato e quindi distingue tra utilizzi diversi del tempo curricolare a disposizione.

Si è individuato in 15 lezioni un numero adatto ad affrontare un minimo programma didattico che includa le nuove tecnologie come strumento per l’educazione musicale. Sulla base di indicazioni già discusse (cfr. capitolo 3.3) si è deciso di dare prevalenza alle attività di composizione rispetto all’uso dei tradizionali software per l’apprendimento musicale. Il programma di massima era così strutturato:

1. Analisi visiva dell’altezza con il programma “Vocal Lab”. Prove singole e di gruppo: mantenimento altezza, variazione intensità (il grafico non cambia), glissati, intervalli, scale. Analisi visiva dell’intensità con “Audacity”. La visualizzazione dell’involuppo di ampiezza (forma d’onda). Predizione delle variazioni di intensità solo con la visualizzazione del suono sullo schermo e verifica.
2. Auto-apprendimento dei movimenti sonori (altezza) con il cd-rom “Musica!”. Approccio all’audio-editing con “Audacity”: comandi per variare l’intensità e l’intonazione dei suoni.
3. Comporre con i suoni. Ogni ragazzo registra un suono fatto con la voce o con oggetti presenti in classe; con i suoni predisposti da tutta la classe ogni coppia di allievi realizza una piccola composizione.
4. Auto-apprendimento dei movimenti sonori (altezza) con “Musica!”. Avvicinamento al software “Logic Fun”: la visualizzazione *piano roll*.
5. Prime operazioni con il *piano roll*: la rappresentazione dell’altezza e della durata, piccoli esercizi. Trascrizione di “Fra Martino” con “Logic Fun”.
6. Conclusione della trascrizione di “Fra Martino”.
7. La batteria sul computer: spiegazione e semplici esercizi su come si possono programmare parti di batteria con “Logic Fun”.
8. Trascrizione di una parte di batteria *funk* con “Logic Fun”.
9. La velocità (tempo) e la dinamica in “Logic Fun”.
10. Analisi del brano “Smoke on the water” presentato in “Logic Fun”.
11. Trasformazione di melodie date riguardo a struttura, altezze o ritmo con “Logic Fun”.

12. Trascrizione a memoria di un brano conosciuto dai ragazzi, a scelta tra “O when the Saints go marchin’ in” e “Inno alla gioia” con “Logic Fun”. Composizione libera.
0. Composizioni libere sulla base di regole assegnate con “Logic Fun”.
0. Composizione di “risposte” a “domande” melodiche con “Logic Fun”.
0. Composizione di “risposte” a “domande” melodiche con “Logic Fun”. Composizione sulla base della giustapposizione di diverse cellule melodiche. Giochi compositivi con il cd-rom “Rock rap ‘n’ roll”.

Il GC e i GS sono stati sottoposti a misura nei giorni 21 dicembre 2004 e 10 maggio 2005. Le lezioni a favore dei GS non si sono sempre susseguite con regolarità settimanale a causa di assenze dell’insegnante per malattia e periodi di vacanza e hanno coperto il periodo compreso tra l’11 gennaio 2005 il e il 4 maggio 2005.

4.5 Risultati

In Appendice 1 sono riportate le tabelle complete delle misure raccolte. Prima dell’analisi le misure sono state così elaborate:

- la variabile “Memoria” è stata trasformata da numero di errori a percentuale di risposte esatte per facilitare l’interpretazione dei risultati;
- la variabile “Voti” è stata normalizzata su una scala da 0 a 10, espandendo la ridotta gamma di voti realmente utilizzata dall’insegnante (5,5-10).

L’analisi statistica⁸⁷ è stata condotta eseguendo innanzitutto un test T sulle misure rilevate prima del trattamento, per verificare l’omogeneità dell’intero campione (GC e GS):

$$\text{VotiI } t(25) = -.109, p = .914$$

$$\text{MemorialI } t(24) = 1.808, p = .083$$

$$\text{InteressiI } t(24) = .580, p = .567$$

Per quanto riguarda il “questionario di interesse musicale” (“Interessi”) e i “Voti” assegnati dall’insegnante, i gruppi appaiono sostanzialmente omogenei. Il “questionario di percezione e memorizzazione” (“Memoria”) rivela invece alcune differenze tra i gruppi, che sono comunque confrontabili alla luce del fatto che il valore di p non è inferiore a .05⁸⁸.

⁸⁷ Cfr. G. Vidotto - E. Xausa. - A. Pedon, *Statistica per psicologi*, Il Mulino, Bologna 1996.

⁸⁸ Cfr. Luigi Fabbris, *Analisi esplorativa di dati multidimensionali*, CLEUP, Padova 1990; G. Vidotto - E. Xausa - A. Pedon, *op. cit.*

Si è condotta successivamente un'analisi della varianza sulla variabile "Memoria" scegliendo come fattori between il sesso del soggetto e il gruppo di appartenenza (GC o GS):

Anova (Memoria) a una via con 2 fattori between (sex, gruppo):

sex $F(1, 22) = 0.000, p = .993$

Rivelatosi il fattore sesso non significativo, esso è stato scartato:

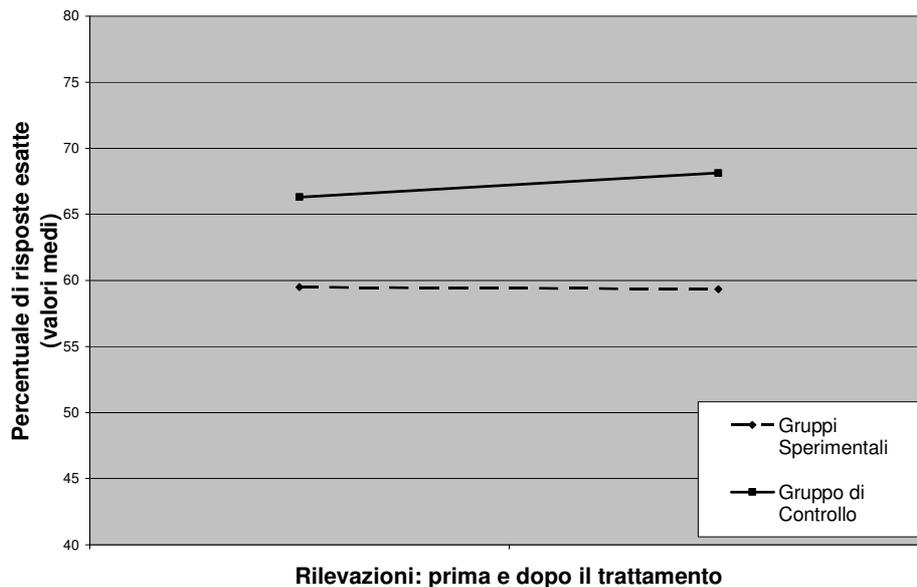
Anova (Memoria) a una via con 1 fattore between (gruppo):

gruppo $F(1, 24) = 4.883, p = .037$

Questo risultato fa trasparire una certa differenza tra i due gruppi, che si conferma a prescindere dal fattore tempo, il quale risulta non significativo:

tempo $F(1, 24) = .274, p = .605$

Figura 1. A livello di percezione e memorizzazione musicale si rilevano performance diverse tra i gruppi, ma il trattamento non ha effetti significativi.



La medesima analisi è stata condotta sulla variabile "Voto":

Anova (Voto) a una via con 2 fattori between (sex, gruppo):

sex $F(1, 23) = 1.117, p = .301$

Anche in questo caso il sesso viene scartato:

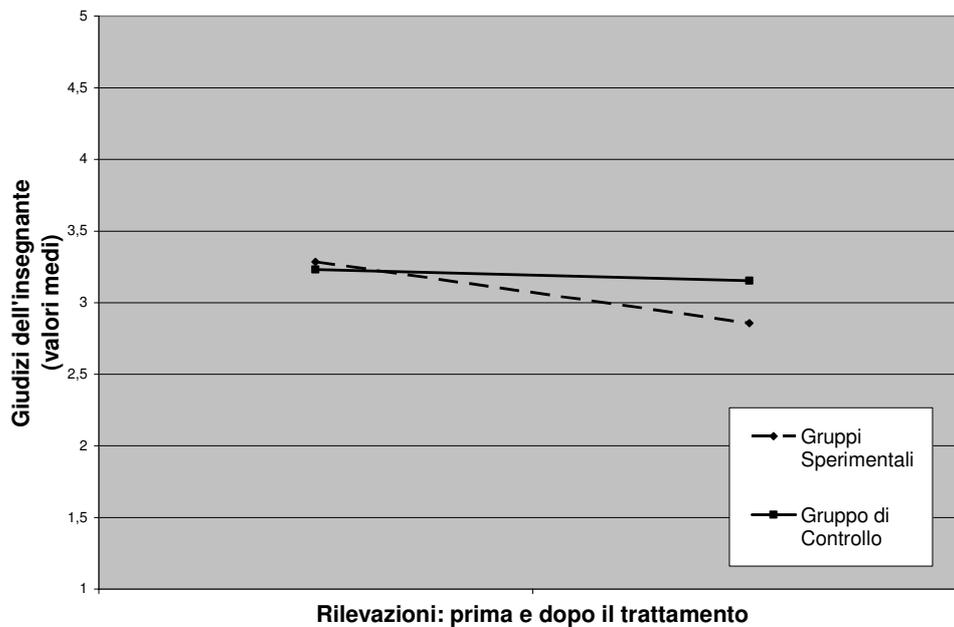
Anova (Voto) a una via con 1 fattore between (gruppo):

gruppo $F(1, 25) = .034, p = .855$

I gruppi si comportano più omogeneamente rispetto alla variabile “Memoria”, ma il fattore tempo si conferma non avere significatività:

$$\text{tempo } F(1, 25) = .691, p = .414$$

Figura 2. I giudizi dell'insegnante non subiscono variazioni sensibili a seguito dal trattamento.



Anche per la variabile “Interessi” si è proceduto nella stessa maniera:

Anova (Voto) a una via con 2 fattori between (sex, gruppo):

$$\text{sex } F(1, 19) = .46, p = .5$$

Il sesso è stato scartato:

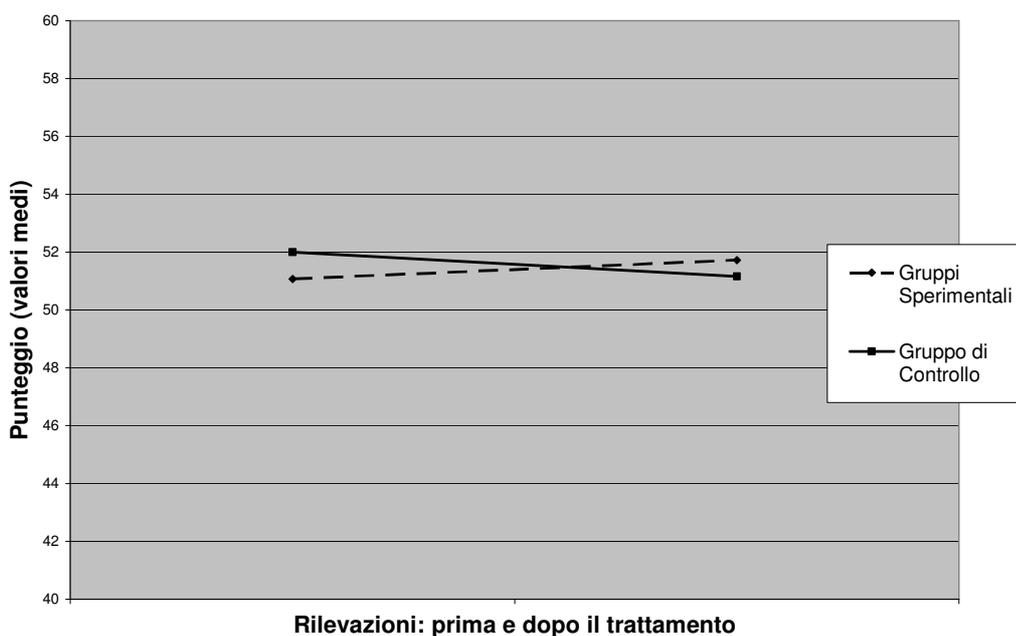
Anova (Voto) a una via con 1 fattore between (gruppo):

$$\text{gruppo } F(1, 19) = .03, p = .86$$

Il test T condotto sui dati relativi ai due rilevamenti ci dice che il tempo non è un fattore significativo neanche in questo caso:

$$t(22) = .41, p = .68$$

Figura 3. I punteggi del "questionario d'interessi" non risultano influenzati dal trattamento.



Visto il comportamento simile delle variabili “Voto” e “Memoria”, si è calcolata la correlazione fra di esse, per l’intero campione, prima e dopo il trattamento:

$$\text{VotoI} - \text{MemoriaI } r(26) = .047, p = .821$$

$$\text{VotoF} - \text{MemoriaF } r(27) = .552, p = .003$$

Possiamo concludere che la correlazione è significativa ($p < .05$) soltanto dopo il trattamento.

Al fine di verificare se il profitto degli allievi del GS è in qualche modo correlato alle variabili “Memoria” e “Voto” si è proceduto al calcolo dei coefficienti di Pearson:

$$\text{MemoriaF} - \text{Compito } r(14) = .637, p = .014$$

$$\text{VotoF} - \text{Compito } r(14) = .711, p = .004$$

$$\text{MemoriaF} - \text{VotoF } r(14) = .563, p = .036$$

La correlazione risulta in tutti i casi significativa ($p < .05$), dunque si rileva un collegamento tra profitto, test di percezione e memorizzazione musicale e giudizio dell’insegnante.

4.6 Discussione

Il dato più rilevante dell'indagine è senz'altro quello relativo alla non significatività della variabile tempo: le variabili dipendenti non sembrano esserne influenzate e di conseguenza in particolare per i GS non si verificano alterazioni concrete delle misure a seguito del trattamento. L'unico effetto dipendente dal tempo riscontrato è la maggiore correlazione tra le variabili "Voto" e "Memoria" nel rilevamento successivo al trattamento: questo fatto è probabilmente attribuibile all'approfondimento da parte dell'insegnante di "Musica" nella conoscenza degli allievi (il primo rilevamento corrispondeva a soli tre mesi dall'inizio dell'anno scolastico) e dunque una maggiore rispondenza della sua valutazione alle loro effettive capacità. L'errore di valutazione dell'insegnante era stato previsto come variabile estranea (cfr. cap. 4.3) e questo influsso si può ipotizzare rilevante per quanto riguarda la prima misura della variabile "Voto".

Un altro fatto interessante è la diversità rilevata tra GS e GC per quanto riguarda la variabile "Memoria": il GC fa in media oltre 3 errori in meno rispetto ai GS prima del trattamento e addirittura più di 4 dopo il trattamento. Ciò concorda con l'andamento generale dei gruppi classe che, come è stato confermato dall'insegnante di "Musica", è risultato migliore per il GC in quasi tutte le discipline scolastiche. La differenza non è attribuibile ad un diverso atteggiamento verso il test di misura (individuato come possibile variabile estranea nel cap. 4.3), poiché i soggetti appartenenti ai GS, che avrebbero dovuto essere più motivati in quanto informati del fatto che avrebbero poi frequentato le lezioni di informatica musicale, hanno ottenuto risultati più scarsi.

Per quanto riguarda le altre variabili estranee, il comportamento e l'attenzione degli studenti durante le lezioni sperimentali è stato migliore nel GS2 il quale, in effetti, ha ottenuto un miglioramento della media dei punteggi di circa 2,5 punti, contro un contemporaneo uguale peggioramento del GS1. Tuttavia le deviazioni standard di questi dati risultano maggiori rispetto a questi valori, rendendo meno significativo questo legame. Il numero di presenze alle lezioni non sembra invece essere collegato con i risultati delle misure.

La ristrettezza del campione studiato era già stata individuata come punto debole e in questo caso non consente di capire se l'assenza di fenomeni significativi in relazione con il fattore tempo sia dovuta alle caratteristiche dei soggetti dei GS oppure possa condurre alla conclusione che il grado di presenza della tecnologia non produce effetti sulla variazione delle capacità musicali. La durata della sperimentazione (breve rispetto al periodo scolastico di tre anni) può essere inoltre addotta come causa della non rilevabilità di variazioni significative nelle capacità. Nel "Questionario di gradimento dell'attività" il 50% dei soggetti ritiene che

15 lezioni siano troppo poche (domanda 12) e il 43% che sia preferibile fare più di un'ora alla settimana (domanda 11).

La correlazione tra il test di profitto e le variabili “Voto” e “Memoria” nel secondo rilevamento indica che chi ha appreso la disciplina ha ottenuto anche buoni risultati, ma questo è dovuto probabilmente alle buone capacità che il soggetto ha per sua natura e già in partenza, a prescindere dal trattamento. Da qui si potrebbe concludere che le capacità necessarie per superare il test di profitto sono almeno parzialmente collegate a quelle rilevate con le misure.

Bisogna inoltre considerare il dubbio che le capacità sviluppate dalle attività di informatica musicale non siano le stesse che il test di Valseschini-Dal Ton misura. Come si è visto nel cap. 4.2, in questo campo non esiste una visione condivisa: ogni test riflette la mentalità del proprio costruttore e misura di conseguenza capacità diverse. Nel caso del test utilizzato, alla finalità pratica di predire un buon grado di successo negli studi musicali probabilmente non corrisponde la misura di capacità sviluppabili con attività di informatica musicale, centrate in buona parte sulla composizione creativa.

Il “Questionario di gradimento dell'attività” evidenzia un generale favore degli allievi: l'86% dei ragazzi ha scelto “abbastanza” o “molto” alla domanda 1 e la medesima percentuale vorrebbe continuare questo tipo di attività (domanda 9). Il 76% ritiene che l'attività sia stata molto o abbastanza utile per migliorare le sue abilità musicali (domanda 6) e il 79% per migliorare le sue abilità con il computer (domanda 8).

5. Conclusioni

Si è più volte rimarcato che uno dei problemi della ricerca educativa è che essa si svolge spesso con metodi poco scientifici e si basa più su valutazioni sommarie, esperienze in classe, testimonianze di insegnanti che, sebbene siano fondamentali mezzi di confronto e di progresso nel settore, devono essere accompagnati da una parallela attività rigorosa, che conferisca alle osservazioni quel carattere di affidabilità e universalità che soltanto la verifica mediante esperimenti scientifici può garantire. In quest'ottica, questo lavoro di tesi può costituire un modello di ricerca, seppur perfezionabile, sull'applicazione delle tecnologie al settore dell'apprendimento musicale e un punto di partenza da cui prendere spunti per altre indagini in questo campo.

I risultati dell'esperimento riportato non possono essere universalizzati per tutti i motivi limitanti indicati nel capitolo precedente, tuttavia mettono la comunità educativa nella condizione di ipotizzare che l'introduzione delle tecnologie informatiche non alteri il normale sviluppo delle capacità musicali. Il grande interesse nutrito dagli studenti per questo tipo di attività costituisce un possibile motivo per la sua introduzione, affiancando le tradizionali attività di teoria, esecuzione e analisi.

La ricerca scientifica nel campo dell'apprendimento musicale è ancora ai suoi inizi. Per giungere a risultati più concreti e oggettivi occorre andare oltre le conoscenze raggiunte, battendo in particolare alcuni percorsi, da ritenersi prioritari:

- lo sviluppo delle conoscenze sulla psicologia della musica e in particolare sulle capacità che sottendono ai vari ambiti di competenza (composizione, interpretazione, analisi, ecc.);
- la conseguente produzione di test più specifici e precisi per l'indagine delle suddette capacità;
- lo svolgimento di esperimenti simili a quello qui proposto, con l'adozione di strumenti diversi tra i molti proposti nel capitolo 2, al fine di attuare un confronto fra le varie prospettive metodologiche possibili;
- la produzione di tecnologie e interfacce *ad hoc* per l'apprendimento musicale, tra cui degli ambienti software potenti ma semplici da utilizzare, che offrano soltanto le funzioni effettivamente utili per l'allievo e strumenti musicali anche diversi da quelli tradizionali, che soddisfino tuttavia i requisiti di immediatezza e musicalità indispensabili per il loro successo nei confronti degli utenti.

Le indagini future dovranno essere svolte su campioni piuttosto estesi e da *équipes* di persone non solo dotate di competenze didattiche ma soprattutto motivate da un atteggiamento rigoroso e scientifico. In questo senso è indispensabile pensare all'avvio di progetti di ricerca finanziati al pari di quelli in altri settori, che si rivolgano ad una vera comunità scientifica di settore, che trasmetta i risultati del suo lavoro, una volta accertati e filtrati, alla comunità educativa musicale.

Ringraziamenti

Questo lavoro di tesi non sarebbe stato realizzabile senza il supporto e il sostegno di molte persone le quali, andando al di là del loro mero dovere, hanno seguito con passione le diverse fasi della ricerca e della stesura del testo.

Per quanto attiene al personale docente dell'Università di Udine, oltre al relatore dott. Sergio Canazza Targon un sentito ringraziamento va al dott. Roberto Calabretto che ha collaborato all'impianto generale della tesi, al prof. Giovanni Bruno Vicario per le indicazioni riguardanti l'ambito psicologico, al dott. Ennio Francescato per le metodologie didattiche, al dott. Massimo Grassi per l'analisi statistica.

La parte sperimentale della presente tesi ha visto la luce soltanto grazie alla disponibilità ed alla lungimiranza di alcuni soggetti facenti parte del mondo della Scuola: il prof. Nevio Bonutti, dirigente scolastico della Scuola Secondaria di I grado di Via Batterie ad Osoppo per l'a.s. 2004/05, il prof. Ivan Maroello, il prof. Andrea Di Giusto, gli altri docenti ed il personale non docente della citata Scuola Secondaria di I grado.

Tra le altre persone che hanno contribuito con i loro consigli e con le loro diverse impostazioni metodologiche alla formazione del progetto una menzione va al prof. Marco Maria Tosolini, alla prof.ssa Suor Dina Antonello, al prof. Giorgio Vescovi, al prof. Fulvio Madotto, alla prof.ssa Marisa Michelini, al prof. Ugo Valentino Cividino, al prof. Roberto Neulichedl, ai colleghi docenti Steinberg Educational Italia.

Infine, un esteso "grazie" va ai miei genitori, agli altri familiari ed a tutti gli amici che hanno sostenuto con il loro affetto e la loro pazienza questo progetto.

Bibliografia

- AA.VV., *Insegnare musica*, Edizioni Simone, Napoli 1999
- AA.VV., *Technology strategies for music education*, The Technology Institute for Music Educators, Wyncote (PA) 1997
- AA.VV., *Tecnologie e scuola* in «Nuova Civiltà delle Macchine», Anno XXII (2004), n.1, pp. 137-143
- AA.VV., *The school music program: a new vision*, MENC, Reston (VA) 1994
- Abbotson, M & R. - Kirk, P.R. - Hunt, A.D. - Cleaton, A., *Computer Music in the service of Music Therapy: The MIDIGRID and MIDICREATOR systems* in «Medical Engineering Physics», vol. 16 (May 1994), pp. 253 ss.
- Adorno, Theodor W., *Einleitung in die Musiksoziologie*, Suhrkamp, Frankfurt am Main 1962 (trad. it. *Introduzione alla sociologia della musica*, Einaudi, Torino 1962)
- Adorno, Theodor W., *Dissonanzen*, Göttingen 1956 (trad. it. *Dissonanze*, Feltrinelli, Milano 1979)
- Allen, J.B. – Rabiner, L.R., *A unified approach to short-time Fourier analysis and synthesis* in «Proceedings of the IEEE», n. 65 (1977), pp. 1558-1564
- Anastasi, Anne, *I test psicologici*, Franco Angeli Editore, Milano 1991
- Atal, B. – Hanauer, S., *Speech analysis and synthesis by linear prediction of the speech wave* in Journal of the «Acoustical Society of America», n. 50(2), 1971, pp. 637-655
- Backhaus, J., *Über die Bedeutung der Ausgleichsvorgäng in der Akustik* in «Zeitschrift für technische Physik», n.13(1), 1932, pp. 31-46
- Balzola, Andrea – Monteverdi, Anna Maria, *Le arti multimediali digitali*, Garzanti, Milano 2004
- Bell, Daniel, *The coming of post-industrial society. A Venture of Social Forecasting*, Basic Books, New York 1973
- Bellini, Claudia, *La musica nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*, NoemaLAB, 2002, http://www.noemalab.org/sections/specials/tetcm/2001-02/special_rip_tecnica/main.html

Benjamin, Walter, *Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit*, Suhrkamp, Frankfurt am Main 1955 (trad. it. *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*, Einaudi, Torino 1966)

Boulanger, Richard – Mathews, Max V., *The 1997 Mathews Radio-Baton & Improvisation Modes in Proceedings of the International Computer Music Conference*, Tessaonica, 1997.

Boyle, J. David, *Evaluation of music ability* in Colwell, Richard (ed.), *Handbook of research on music teaching and learning*, Music Educators National Conference - Schirmer, New York 1992, pp. 247-265

Branchesi, Lida (a cura di), *Laboratori musicali nel sistema scolastico. Valutazione dell'innovazione*, Armando Editore, Roma 2003

Bresler, L., *The role of the computer in a music theory classroom integration, barriers and learning*, University of Rochester, Rochester 1987

Brick, John S., *An exploratory study of the effects of a self-instructional programme utilising the Pitch Master on pitch discrimination and pitch accuracy in performance of young trombonists* in «Psychology of Music», vol. 12 (1984), n.2, pp.119-125

Britto, Lino, *Musica / informazione / comunicazione*, Jaca Book, Milano 1995

Busch, John Christian – Sherbon, James W., *Experimental research methodology* in R. Colwell (ed.), *Handbook of research on music teaching and learning*, Music Educators National Conference - Schirmer, New York 1992

Corcione, Domenico, Martini Giuseppe, *Musica al Computer*, La Nuova Italia Editrice, Scandicci (FI) 1991

Dalby, Bruce F., *A Computer-Based Training Program for Developing Harmonic Intonation Discrimination Skill*, in «Journal of Research in Music Education», MENC, vol. 40 (1992), n. 2, pp. 139-152

Deal, John J., *Computer-Assisted Instruction in Pitch and Rhythm Error Detection*, in «Journal of Research in Music Education», MENC, vol. 33 (1985), n. 3, pp. 159-166

Della Casa, Maurizio, *Educazione musicale e curricolo*, Zanichelli, Bologna 1985

Dini, Silvia, Gaggiolo, Amedeo, *Music park. Learning music while amusing*, CD-ROM, Giunti Multimedia, Milano 1997

- Driscoll, Marcy P., *How people learn (and what technology might have to do with it)* in «TI:MEs», Vol. 6 (2004), n. 1
- Dutilleux, H. - Grossmann, A. - Kroland-Martinett, R., *Application on the wavelet transform to the analysis, transformation and synthesis of musical sounds*, presentato all'85ma "Convention of the Audio Engineering Society", New York 1988
- Fabbris, Luigi, *Analisi esplorativa di dati multidimensionali*, CLEUP, Padova 1990
- Fierli, Mario, *La scuola del futuro* in «Nuova Civiltà delle Macchine», Anno XXII (2004), n.1, pp. 24-35
- Flanagan, J. L., *Speech analysis, synthesis and perception*, Springer-Verlag, New York 1972
- Gaggiolo, Amedeo, *Il computer nell'ora di musica: idee e proposte operative per l'uso del computer nell'educazione musicale*, Zanichelli, Bologna 1989
- Gaggiolo, Amedeo, *Educazione musicale e nuove tecnologie*, EDT/SIEM, Torino 2003
- Gentile, P. - Marzorati, R., *Multimedialmente: guida alla multimedialità nella scuola primaria*, Editori Riuniti, Roma 2004
- Giles, A. L., *Teaching beginning piano to adults by television*, Columbia University, New York 1981
- Gordon, J. - Strawn, J., *An introduction to the phase vocoder* in Strawn, J. (ed.), *Digital Audio Signal Processing: an anthology*, A-R Editions, Madison 1985, pp. 221-270
- Gunther, Eric - O'Modrian, Sile, *Cutaneous grooves: composing for the sense of touch* in «Journal of New Music Research», volume 32, number 4 (December 2003), pp. 369-381
- Hargreaves, David J., *The Developmental Psychology of Music*, Cambridge University Press, Cambridge 1986
- Higgins, William, *Technology*, in Colwell Richard (editor), *Handbook of Research on Music Teaching and Learning*, Music Educators National Conference - Schirmer, New York 1992
- Hunt Andy, *Radical User Interfaces for real-time musical control*, tesi di dottorato, University of York, York 2000
- Hunt, Andy - Wanderley, Marcelo M. - Paradis, Matthew, *The importance of parameter mapping in electronic instrument design* in «Journal of New Music Research», vol. 32 (2003), number 4, pp. 429-440

- Kapur, Ajay - Essl, Georg - Davidson, Philip – Cook, Perry R., *The electronic Tabla controller* in «Journal of New Music Research», vol. 32 (2003), number 4, pp. 351-359
- Kemp, Anthony E. (a cura di), *Some Approaches to Research in Music Education*, International Society for Music Education, Nedlands (Australia) 1992 (trad. it. *Modelli di ricerca per l'educazione musicale*, G. Ricordi & C., Milano 1995)
- Koenig, W. et al., *The sound spectrograph* in «Journal of Acoustic Society of America», n. 18 (1946), pp. 19-49
- Kozerski, R. A., *Computer microworlds for music composition and education*, University of California, San Diego 1988
- Kronland-Martinet, R., *The wavelet transform for the analysis, synthesis and processing of speech and music sounds* in «Computer music journal», vol. 12(4), 1988, pp.11-20
- Longo, Giuseppe O., *Homo technologicus*, Meltemi, Roma 2001
- Makhoul J., *Linear prediction: a tutorial review* in «Proceedings of the IEEE», n. 63 (1975), pp. 561-580
- Manovich, Lev, *The Language of New Media*, MIT Press, Cambridge (Massachusetts, USA) 2001
- Maragliano, Roberto, *Nuovo manuale di didattica multimediale*, ottava edizione, Laterza, Roma-Bari 2004
- Marsden, Alan and Pople Anthony (edited by), *Computer Representations and Models in Music*, Academic Press, London 1992
- McLuhan, Marshall, *The Gutenberg Galaxy: The Making of Typographic Man*, 1992 (trad.it. *La galassia Gutenberg: la nascita dell'uomo tipografico*, Armando, Roma 1976)
- McLuhan, Marshall, *Understanding Media: The Extensions of Man*, New American Library, New York, 1964 (trad. it. *Gli strumenti del comunicare*, Il Saggiatore, Milano 1999)
- Mellinger, S., *Event formation and separation in musical sound*, tesi di dottorato, Stanford University, Stanford (CA) 1991
- Nut, Florida, *Fare musica con il pc*, Tecniche Nuove, Milano 2001
- Ong, Walter J., *Orality and Literacy: The Technologizing of the Word*, Methuen, London 1982 (trad.it. *Oralità e scrittura: le tecnologie della parola*, Il Mulino, Bologna 1986)

- Paradiso, Joseph A. - Pardue, Laurel S. - Hsiao, Kai-Yuh - Benbasat, Ari. Y., *Electromagnetic tagging for electronic music interfaces* in «Journal of New Music Research», vol. 32 (2003), number 4, pp. 395-409
- Paradiso, Joseph A. - O'Modhrain, Sile, *Current trends in electronic music interfaces* in «Journal of New Music Research», vol. 32 (2003), number 4, pp. 345-346
- Pecoraro, Walter, *La prassi didattica dei docenti di educazione musicale* in «Musica Domani», n. 136 (settembre 2005), pp. 27-31
- Petersen, T. L., *Acoustic signal processing in the context of a perceptual model*, University of Utah, Salt Lake City 1980
- Petersen, T. L. - Boll, S., *Critical band analysis-synthesis* in «IEEE Proceedings on acoustics, speech and signal processing», n. 31 (1983), pp. 656-663
- Portnoff, M., *Implementation of the digital phase vocoder using the fast Fourier transform*, in «IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics», vol. 24 (1976), pp. 243-248
- Porzionato, Giuseppe, *Psicobiologia della musica*, Pàtron Editore, Bologna 1984
- Reese, Sam - Mc Cord, Kimberly - Walls, Kimberly, *Strategies for teaching: technology*, MENC – The National Association for Music Education, Reston (VA) 2001
- Roads, Curtis, *The computer music tutorial*, MIT Press, Cambridge (Massachusetts, USA) 1996
- Schafer, R. - Rabiner, L., *Design and simulation of a speech analysis-synthesis system based on short-time Fourier analysis* in «IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics», vol. 21 (1973), pp. 165-174
- Schroeder, M. - Atal, B.S., *Generalized short-time power spectra and autocorrelation functions* in «Journal of Acoustic Society of America», vol. 34 (1962), pp. 1679-1683
- Shuter-Dyson Rosamund, *Musical ability* in Deutsch, D., *The Psychology of Music*, second edition, Academic Press, Londra 1999, pp. 627-651
- Shuter-Dyson, R. - Gabriel, C., *The psychology of musical ability*, Methuen, Londra 1981
- Sloboda, John A., *The musical mind. The cognitive psychology of music*, Oxford University Press 1985 (trad. it. *La mente musicale*, Il Mulino Bologna, 1998)
- Smyth Tamara - Smith Julius O. III, *A musical controller inspired by the Cicada's efficiente buckling system* in «Journal of New Music Research», vol. 32 (2003), number 4, pp. 361-386

Tafuri, Johannella (a cura di), *Didattica della musica e percezione musicale*, Zanichelli, Bologna 1988

Tafuri, Johannella, *L'educazione musicale: teorie metodi pratiche*, EDT-SIEM, Torino 1995

Tafuri, Joahannella (a cura di), *La ricerca per la didattica musicale*, SIEM, Torino 2000

Tafuri, Johannella, *Domande della pedagogia musicale alla psicologia* in Gino Stefani - Franca Ferrari (a cura di), *La psicologia della musica in Europa e in Italia*, atti del convegno, CLUEB, Bologna 1985

Taylor, J.A. - Parrish, J. W., *A national survey on the use of and attitudes toward programmed instruction and computers in public school and college music education* in «Journal of computer-based instruction», 5(1-2), 1987, pp. 11-21

Valseschini, Silvio, *Test di attitudine musicale: manuale di istruzioni*, Organizzazioni Speciali, Firenze 1986

Valseschini, Silvio, *Psicologia della musica e musicoterapia*, Armando Editore, Roma 1983

Vidotto, G. - Xausa, E. - Pedon, A., *Statistica per psicologi*, Il Mulino, Bologna 1996

Waisvisz Michel, *The hands, a set of remote midi-controllers* in *Proceedings of the 1985 international Computer Music Conference*, Burnaby, B.C. 1985, pp. 313–318

Willems, Edgar, *Les bases psychologiques del'Education Musicale* (trad. it. *Le basi psicologiche dell'educazione musicale*, Editions Pro Musica, Fribourg 1987)

Willett, Barbara E. - Netusil, Anton J., *Music Computer Drill and Learning Styles at the Fourth-Grade Level* in «Journal of Research in Music Education», vol. 37 (1989), n. 3, pp. 219-299

Appendice 1: tabelle dei risultati

GRUPPO DI CONTROLLO – MISURE RILEVATE

SOGGETTO/MISURA	Sex	Interessil	Memorial	Votol	InteressiF	MemoriaF	VotoF
GC-1	m	47	14	6,5	51	15	6,5
GC-2	f	52	16	7	52	16	7
GC-3	f	54	19	6,5	55	13	6,5
GC-4	f	51	19	7	53	17	7,5
GC-5	f	54	16	6,5	48	18	6,5
GC-6	m	53	17	6	46	17	5,5
GC-7	m	54	13	6	50	12	5,5
GC-8	f	52	8	7	50	9	6,5
GC-9	m			6	52	20	5,5
GC-10	f	46	25	6,5	48	21	6
GC-11	m	58	22	7,5	61	10	8,5
GC-12	m	54	14	7,5	56	10	8,5
GC-13	m	49	15	6	43	25	5,5
MEDIA		52,00	16,50	6,62	51,15	15,62	6,58
DEV. STANDARD		3,36	4,42	0,55	4,62	4,77	1,06

GRUPPI SPERIMENTALI – MISURE RILEVATE

SOGGETTO/MISURA	Sex	Interessil	Memorial	Votol	InteressiF	MemoriaF	VotoF	Profitto	Pres
GS1-1	f	57	20	7	56	21	6,5	7,8	14
GS1-2	m	55	14	6		32	6	4,5	14
GS1-3	f	46	19	6		20	6	6,5	11
GS1-4	f	50	20	6	55	30	5	2	14
GS1-5	f	56	17	8,5	54	11	10	10	14
GS1-6	m	56	18	7	53	16	6	8,1	14
GS1-7	f	48	15	6,5	47	12	6,5	9	15
GS2-1	m	47	18	6	48	15	8	8,7	12
GS2-2	m	55	29	6	65	23	5,5	6,1	13
GS2-3	m	48	28	6		27	5,5	3,6	11
GS2-4	m	52	15	7	47	11	6	5,5	14
GS2-5	f	54	22	7	51	11	6,5	7,4	14
GS2-6	f	49	27	7,5	51	29	6	8,4	14
GS2-7	f	42	16	6,5	42	21	6,5	7,1	13
MEDIA		51,07	19,86	6,64	51,73	19,93	6,43	6,76	13,36
DEV. STANDARD		4,58	4,94	0,74	6,05	7,51	1,24	2,24	1,22
MEDIA GS1		52,57	17,57	6,71	53,00	20,29	6,57	6,84	13,71

DEV. ST. GS1		4,47	2,37	0,91	3,54	8,22	1,59	2,77	1,25
MEDIA GS2		49,57	22,14	6,57	50,67	19,57	6,29	6,69	13,00
DEV. ST. GS2		4,50	5,93	0,61	7,76	7,37	0,86	1,78	1,15

LEGENDA:

Sex: sesso del soggetto

InteressiI: punteggio del “questionario di interesse musicale” rilevato prima del trattamento (valori nell’intervallo 17-83)

InteressiF: punteggio del “questionario di interesse musicale” rilevato dopo il trattamento (valori nell’intervallo 17-83)

MemoriaI: numero di errori nel “questionario di percezione e memorizzazione” prima del trattamento (valori nell’intervallo 0-49)

MemoriaF: numero di errori nel “questionario di percezione e memorizzazione” dopo il trattamento (valori nell’intervallo 0-49)

VotoI: giudizio complessivo fornito dall’insegnante prima del trattamento (valori nell’intervallo 0-10)

VotoF: giudizio complessivo fornito dall’insegnante dopo il trattamento (valori nell’intervallo 0-10)

Profitto: risultato del test di profitto (valori nell’intervallo 1-10)

Pres: presenze (su 15 lezioni totali, valori nell’intervallo 0-15)

NOTE:

1. Le caselle vuote corrispondono a dati non rilevati a causa dell’assenza dei soggetti al momento della misura.

GRUPPO DI CONTROLLO – MISURE ELABORATE (vedi cap. 4.5)

SOGGETTO/MISURA	Sex	InteressiI	Memorial	VotoI	InteressiF	MemoriaF	VotoF
GC-1	m	47,0	71,4	3,0	51,0	69,4	3,0
GC-2	f	52,0	67,3	4,0	52,0	67,3	4,0
GC-3	f	54,0	61,2	3,0	55,0	73,5	3,0
GC-4	f	51,0	61,2	4,0	53,0	65,3	5,0
GC-5	f	54,0	67,3	3,0	48,0	63,3	3,0
GC-6	m	53,0	65,3	2,0	46,0	65,3	1,0
GC-7	m	54,0	73,5	2,0	50,0	75,5	1,0
GC-8	f	52,0	83,7	4,0	50,0	81,6	3,0
GC-9	m			2,0	52,0	59,2	1,0

GC-10	f	46,0	49,0	3,0	48,0	57,1	2,0
GC-11	m	58,0	55,1	5,0	61,0	79,6	7,0
GC-12	m	54,0	71,4	5,0	56,0	79,6	7,0
GC-13	m	49,0	69,4	2,0	43,0	49,0	1,0

GRUPPI SPERIMENTALI – MISURE ELABORATE (vedi cap. 4.5)

SOGGETTO/MISURA	Sex	Interessil	Memorial	VotoI	InteressiF	MemoriaF	VotoF	Profitto	Pres
GS1-1	f	57,0	59,2	4,0	56,0	57,1	3,0	7,8	14
GS1-2	m	55,0	71,4	2,0		34,7	2,0	4,5	14
GS1-3	f	46,0	61,2	2,0		59,2	2,0	6,5	11
GS1-4	f	50,0	59,2	2,0	55,0	38,8	0,0	2	14
GS1-5	f	56,0	65,3	7,0	54,0	77,6	10,0	10	14
GS1-6	m	56,0	63,3	4,0	53,0	67,3	2,0	8,1	14
GS1-7	f	48,0	69,4	3,0	47,0	75,5	3,0	9	15
GS2-1	m	47,0	63,3	2,0	48,0	69,4	6,0	8,7	12
GS2-2	m	55,0	40,8	2,0	65,0	53,1	1,0	6,1	13
GS2-3	m	48,0	42,9	2,0		44,9	1,0	3,6	11
GS2-4	m	52,0	69,4	4,0	47,0	77,6	2,0	5,5	14
GS2-5	f	54,0	55,1	4,0	51,0	77,6	3,0	7,4	14
GS2-6	f	49,0	44,9	5,0	51,0	40,8	2,0	8,4	14
GS2-7	f	42,0	67,3	3,0	42,0	57,1	3,0	7,1	13

QUESTIONARIO SUL GRADIMENTO DELL'ATTIVITA'

1. L'attività di informatica musicale ti è piaciuta?	
Per niente	0%
Poco	14%
Abbastanza	50%
Molto	36%

2. Quali fra questi aspetti dell'attività ti sono piaciuti? (puoi barrare più di una crocetta)	
Il poter comporre facilmente le musiche che immagino con la mia fantasia	64%
Il fatto di poter modificare un suono con un semplice click del mouse	29%
L'esecuzione di esercizi simili a giochi per imparare come funziona la musica	64%
Il poter vedere con gli occhi (in forma grafica) le melodie e i suoni	36%
La possibilità di confrontare le mie idee musicali con quelle dei compagni	43%

3. Scrivi un argomento o un aspetto che ti è piaciuto particolarmente durante le lezioni:		
Logic Fun (2)		
Giochi		
Smoke on the water		
Comporre melodie e cambiare durata		
Creare melodie		
Creare melodie senza tasti neri		
La batteria		
Creare canzoni e ascoltarle insieme		
Parlare		
Inizio del lavoro con il computer		
Usare grandpiano		
Fare canzoni con standard drum e mettere le note dove voglio io		

4. Scrivi un argomento o un aspetto che NON ti è piaciuto durante le lezioni:	
Domanda/risposta	
Razzismo	
Logic Fun (2)	
La batteria	
Audacity	

5. L'uso dei programmi di informatica musicale ti è sembrato:			
Facile da subito!			36%
Facile dopo un po' di pratica			50%
Difficile perché non so usare bene il computer			7%
Difficile perché i programmi scelti sono complicati			7%

6. Pensi che l'attività ti sia stata utile per migliorare le tue abilità musicali?	
Per niente	0%
Poco	21%
Abbastanza	57%
Molto	21%

7. In particolare cosa credi che ti abbia aiutato a capire questa attività? (puoi barrare più di una crocetta)			
I nomi delle note			7%
La differenza tra altezza, intensità e durata			43%
Le durate (o valori) dei suoni			43%
Come si scrive una melodia			43%
Come è strutturato un brano musicale			71%

8. Pensi che l'attività ti sia stata utile per migliorare le tue abilità con il computer?	
Per niente	14%
Poco	7%
Abbastanza	36%
Molto	43%

9. Ti piacerebbe continuare questo tipo di attività l'anno prossimo?	
No	14%
Sì	86%

10. Ritieni che l'attività debba essere proposta alle classi prime di tutte le scuole?	
No	43%
Sì	57%

11. Cosa pensi riguardo al tempo dedicato ogni settimana all'attività?	
Un'ora alla settimana è troppo poco	43%
Un'ora alla settimana va bene	43%
Un'ora alla settimana è troppo	14%

12. Cosa pensi riguardo al numero totale di lezioni svolte (15)?	
Sono troppo poche	50%
Sono abbastanza	36%
Sono troppe	14%

13. Cosa pensi riguardo allo svolgimento dell'attività in gruppi composti da metà della classe?	
Con soltanto metà della classe si lavora meglio	57%
Con metà della classe o con la classe intera è indifferente, non cambia nulla	29%
Preferisco quando la classe è tutta insieme	14%

14. Ti piace il modo di lavorare a coppie su un solo computer?	
Avrei preferito un computer tutto per me: da soli si impara di più e non si litiga	29%
Lavorare in coppia è divertente, se ti capita qualcuno di simpatico a fianco	29%
Lavorare in coppia è bello in ogni caso	21%
Soltanto certe attività che abbiamo fatto sono adatte al lavoro in coppia	21%

15. Dai un voto all'insegnante Lorenzo Tempesti:	
Ottimo	43%
Buono	29%
Sufficiente	29%
Insufficiente	0%
Gravemente insufficiente	0%