

Esperimenti con una macchina musicale Il *Continuator* e i bambini di 3-5 anni

Anna Rita Addressi

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

Dipartimento di Musica e Spettacolo

Annarita.addressi@unibo.it

Abstract

La relazione tra nuove tecnologie e apprendimento sta acquistando una crescente rilevanza anche nel campo dell'educazione musicale. Pur tuttavia sono ancora pochi gli studi sull'interazione tra i bambini e le macchine musicali. Questo articolo descrive uno studio condotto con bambini dai 3 ai 5 anni a confronto con un particolare sistema musicale interattivo, il *Continuator*, elaborato presso il SONY-Computer Science Laboratory di Parigi. L'analisi di due casi-studio mostra che il *Continuator* è capace di sviluppare interessanti interazioni bambino\macchina e processi musicali creativi nella primissima infanzia. E' possibile osservare un'evoluzione dell'interazione e microprocessi simili a quelli osservati nell'interazione adulto\bambino. L'abilità del sistema di attrarre e mantenere l'attenzione dei bambini è stata interpretata attraverso la "Teoria del Flusso" di Csikszentmihalyi. In questo articolo verrà presentata una panoramica sulla letteratura riguardante l'educazione musicale e le nuove tecnologie, una descrizione del sistema interattivo utilizzato nel nostro progetto sperimentale, il protocollo pilota e l'analisi di due casi-studio. Traceremo poi alcune conclusioni sulle implicazioni psicologiche e pedagogiche dei risultati ottenuti.

Parole chiave: sistemi interattivi musicali; educazione musicale e tecnologie

Introduzione

Il progetto di ricerca presentato in questo articolo è svolto in collaborazione con il SONY-Computer Science Laboratory e propone un nuovo approccio ai software

musicali didattici basato su una collaborazione sistematica tra system design e sperimentazione psico-pedagogica. In particolare lo studio riguarda un settore di ricerca ancora in fase di sviluppo, quello dei sistemi musicali interattivi, ed intende analizzare in che modo questi sistemi possono influenzare l'apprendimento e la creatività musicale dei bambini. Abbiamo scelto di studiare bambini in età tra i 3 e i 5 anni perché a questa età il problema dell'interazione tra bambini e macchine assume un ruolo fondamentale nel processo di apprendimento. Secondo alcune teorie dello sviluppo, infatti, le interazioni adulto\ bambino giocano un ruolo importante nello sviluppo affettivo e cognitivo del bambino (Fogel, 2000; Stern, 2004; Trevarthen, 2000). In particolare, per quanto riguarda lo sviluppo musicale, Trevarthen (2000) e Imberty (2002, 2008), in accordo con Stern (2004), hanno sottolineato come nello sviluppo musicale del bambino sia fondamentale l'interazione "vocale" con la madre, caratterizzata da un continuo meccanismo di ripetizione/variazione e sintonizzazioni affettive. Recenti studi che si occupano di invenzione musicale nella prima infanzia (2-4 anni), inoltre, hanno mostrato che l'origine di nuove idee musicali è strutturalmente ancorata alla interazione simpatica che si stabilisce tra l'adulto e il bambino quando suonano insieme (Custodero 2008; Burnard 2000, 2006; McPherson 2006; Young, 2004, 2008). Mazzoli (2003) fa riferimento ai concetti vygotkiani di modeling, scaffolding e rispecchiamento e ai relativi meccanismi di interazione, per fornire una definizione operativa del ruolo degli educatori nei giochi musicali nella scuola dell'infanzia. La questione importante sorge riguardo a quali modelli di sviluppo ed apprendimento vengono prodotti quando queste interazioni sono stabilite non tra due soggetti umani, bensì tra una macchina (dalla TV al computer) e il bambino. Occorre osservare che fin dalla nascita i bambini sono immersi quotidianamente in mondi musicali mediati dalle tecnologie: TV, play-station, cellulari, internet, video, computer. Essi arrivano in età pre-scolare dotati già di una vasta gamma di competenze e di concetti sulla musica derivati da tali esperienze (Mazzoli 2003, Young 2007, Lamont 2008). La questione quindi non è se le tecnologie digitali devono o meno far parte dell'educazione musicale della prima e seconda infanzia (se l'apprendimento "inizia dal bambino", queste sono già presenti nelle prime esperienze che i bambini fanno nel mondo reale), ma come gli approcci pedagogici possono essere trasformati al fine di sviluppare meglio quelle competenze musicali che i bambini hanno e di cui avranno bisogno, perché esse possano funzionare efficacemente nella futura cultura audio-musicale.

Educazione musicale e nuove tecnologie

La relazione tra nuove tecnologie e apprendimento sta acquistando una crescente rilevanza nel campo dell'educazione musicale. Le nuove tecnologie sono viste dai ricercatori come strumenti didattici (Webster, 2002), o come strumenti "trasparen-

ti” che permettono ai bambini, anche senza percorsi formalizzati di educazione musicale, di fare e produrre musica (Folkestad e all., 1998). Molti progetti sono stati sviluppati per proporre modi che consentano ai bambini di produrre musica, con lo scopo di sviluppare in primissima età abilità musicali, attraverso strumenti musicali più facili da suonare di quelli tradizionali (IRCAM-MusicLab, 2002; Weinberg, 1999), o anche per sviluppare strumenti che permettano ai bambini di diventare essi stessi costruttori di strumenti (Resnick et al., 1996). Molti studi hanno anche documentato l’impatto delle nuove tecnologie sull’educazione musicale e sui metodi di insegnamento (vedi per esempio i numeri monografici di alcune riviste quali *British Journal of Music Education*, 14/2, 1997; *Les Dossiers de l’ingénierie éducative*, 43, 2003). Questo argomento ha anche un aspetto più teorico, riguardante il rapporto tra linguaggio digitale e lo sviluppo del sapere (De Kerckhove 1991; Guerra 2002; Maragliano 2000; Turkle 1984). Le domande che vengono poste più frequentemente riguardano le modalità d’apprendimento determinate dalla comunicazione digitale, quali sono le nuove “cornici cognitive” che le nuove tecnologie stanno creando, in altre parole il contesto nel quale i bambini sviluppano i processi di percezione ed apprendimento musicale. Di fronte all’importanza che tale argomento va assumendo nell’ambito educativo della prima infanzia, risulta eclatante l’assenza di studi sulla musica, le tecnologie e i bambini piccoli, come sottolineato anche nella rassegna su tecnologia e educazione musicale di Webster (2002).

All’interno di questa problematica vi è un’area ancora meno studiata, quella dei sistemi musicali interattivi. Da questo punto di vista, studi nell’ambito dell’intelligenza artificiale stanno producendo interessanti risultati (e.g. Camurri e Coglio, 1998; GRM, 2000; IRCAM-Music Lab, 2002; Vemus Project, iMaestro Project). Pur tuttavia, l’impatto sulla pratica didattica musicale di questi lavori è ancora relativamente povero. Ancora oggi la penetrazione di software didattici nella didattica musicale è poco diffusa e, dall’altro canto, i software didattici sono spesso caratterizzati da una concezione pedagogica musicale arcaica e non adeguata agli approcci più recenti. Noi crediamo che la ragione di tale situazione vada individuata nella mancanza di collaborazione tra coloro che costruiscono tali sistemi e la comunità pedagogica. Più precisamente, la comunità ITS è maggiormente interessata al problema dell’invenzione di nuovi sistemi piuttosto che ad integrare validi obiettivi musicali in questi sistemi, fin dall’inizio. Dall’altra parte, gli psicologi e pedagogisti spesso sperimentano software già esistenti ma non lavorano con gli ingegneri alla creazione del software stesso.

Il nostro progetto di ricerca è nato nel 2003 ed abbiamo deciso di:

1. indagare l’interazione tra i bambini molto piccoli e una particolare macchina musicale;

2. studiare l'interazione bambino/macchina con un approccio sperimentale e osservativo;
3. perseguire il paradigma tecnologico di "interazione riflessiva", che rappresenta una nuova generazione di ambienti musicali, inizialmente elaborato presso il SONY-Computer Science Laboratory di Parigi;
4. creare una collaborazione "a spirale" tra la ricerca tecnologica e la sperimentazione psico-pedagogica.

“Questo studio – scrive Webster nella sua rassegna internazionale degli studi su tecnologia ed educazione musicale - è stato uno dei primi ad essere pubblicato riguardante i bambini di 3/5 anni che interagiscono con questo tipo di tecnologia” (2007, p. 1316).

I Sistemi Musicali Interattivi Riflessivi: il *Continuator*

Nel nostro studio abbiamo utilizzato un sistema particolare, il Continuator, creato presso il SONY-Computer Science Laboratory di Parigi per l'improvvisazione musicale (Pachet, 2003). Questo sistema è capace di produrre musica con lo stesso stile di chi suona una tastiera ad esso collegata tramite un computer, come una sorta di specchio sonoro. Un'importante conseguenza di questo particolare design è che la risposta musicale generata dal Continuator è simile ma differente dall'input ricevuto dall'esecutore umano.

Il sistema è stato creato per musicisti professionisti nell'ambito dell'improvvisazione e della musica sperimentale. Noi abbiamo deciso di sperimentarlo con i bambini. Infatti, la situazione così atipica di interazione flessibile basata sul meccanismo di ripetizione e variazione, per alcuni aspetti simile a quella osservata nelle interazioni bambino/adulto e bambino/insegnante, crea forti aspettative nel soggetto che crediamo possano essere sfruttate per aumentare la creatività musicale e più in generale per insegnare la musica. Il concetto chiave di questo approccio è insegnare abilità musicali complesse, ponendo l'esecutore nella situazione in cui questi processi nascono e si sviluppano non a partire dal bambino, non dalla macchina, bensì dalla interazione tra i due.

Il Continuator è il primo prototipo di sistema interattivo "riflessivo": i sistemi interattivi riflessivi sono essenzialmente degli specchi intelligenti, che tentano continuamente di apprendere e riprodurre la musica tramite l'imitazione del comportamento degli utenti. Tala paradigma è stato sviluppato per sperimentare nuove forme di interazione uomo-macchina, nelle quali l'utente essenzialmente manipola una "immagine" di se stesso (Pachet 2006). In questi ambienti attività quali l'improvvisazione, la composizione e altro, non sono prodotte dall'interazione uomo-macchina, ma sono piuttosto un effetto collaterale (side-effect) di questa interazione a specchio. L'output di uno IRMS (Interactive Reflexive Musical System) è una "risposta mimetica" ad un utente in interazione. Le interazioni con gli utenti ven-

gono analizzate dagli IRMS al fine di costruire progressivamente un modello computazionale di questo utente in un dato dominio (per esempio un ambiente musicale).

Per mostrare il funzionamento del Continuator, verrà mostrato un semplice esempio musicale (vedi Esempio musicale n. 1). L'esempio mostra come il Continuator sia capace di adattarsi rapidamente a stili musicali diversi producendo un materiale musicale che suona "alla maniera" dell'esecutore con cui è in interazione. Nel modello standard il sistema riceve un input Midi dal musicista. L'output viene spedito ad un sintetizzatore Midi e in seguito ad un sistema di riproduzione del suono. Le sequenze di note eseguite dal musicista vengono continuamente segmentate in diverse frasi musicali. Ogni frase è inviata asincronicamente ad un analizzatore, il quale costruisce dei campioni di risposta. In risposta alla frase suonata, il sistema genera all'istante una continuazione di essa, secondo il data base di campioni appena memorizzati. Il Continuator conserva in memoria ciò che ha imparato e di conseguenza la qualità della risposta del sistema migliora di volta in volta:

MIDI 01

MIDI 02

MIDI 01

MIDI 02

Esempio musicale n. 1: una semplice melodia (rigo superiore) viene continuata dal Continuator (rigo inferiore) nello stesso stile.

L'interazione tra il musicista ed il Continuator avviene secondo un particolare tipo di "alternanza dei turni", fondato su tre principi:

1. Rilevazione automatica della fine della frase musicale. Il Continuator rileva la fine della frase musicale suonata dall'utente in una brevissima soglia di tempo (circa 400 millisecondi). Quando tale soglia è superata, il Continuator interviene e produce una frase musicale.

2. La durata della frase prodotta dal Continuator viene parametrizzata. Nella maggior parte dei casi la durata è programmata per avere la stessa durata della frase eseguita dal musicista.
3. La priorità è data all'esecutore. Se l'esecutore decide di suonare quando il Continuator sta ancora suonando, il sistema si ferma e ricomincia a memorizzare il nuovo input (e poi ritorna ad applicare il principio 1).

Gli esperimenti realizzati con il sistema hanno dimostrato che queste regole sono apprese implicitamente dall'esecutore: il procedimento del sistema è molto ovvio anche per i bambini.

Il protocollo sperimentale con i bambini e il *Continuator*

Nel 2003 abbiamo ideato e realizzato un protocollo sperimentale per osservare sistematicamente alcuni aspetti dell'interazione tra il Continuator e bambini di 3, 4 e 5 anni. Dal punto di vista pedagogico e psicologico lo scopo era di studiare la natura delle interazioni tra i bambini e il Continuator, i comportamenti musicali che venivano sviluppati e come il sistema può essere usato per stimolare la creatività musicale e il piacere del suonare. Da un punto di vista tecnologico, lo studio aveva l'obiettivo di verificare il funzionamento del sistema in ambito educativo e indicare eventuali modifiche da apportare per migliorare le prestazioni del software. Le osservazioni sono state realizzate nella scuola materna "La Mela" di Quarto Inferiore (Bologna) in collaborazione con l'Istituto Comprensivo di Granarolo. Hanno collaborato un'insegnante della scuola, che era anche tutor presso la Facoltà di Scienze della Formazione dell'Università di Bologna, due laureate in Scienze della Formazione primaria, gli insegnanti della scuola e i genitori dei bambini.

La metodologia osservativa

Prendendo in considerazione l'età dei bimbi e con l'obiettivo di strutturare un ambiente dove potessero sentirsi a proprio agio, abbiamo scelto la metodologia osservativa che ci permetteva di studiare le "condotte" dei bimbi senza interrompere le loro routine scolastiche quotidiane.¹ L'osservazione è stata realizzata secondo la

¹Francese: conduite; Italiano: condotta; Tedesco: betragen; Inglese: conduct. Il termine "condotta" qui si riferisce al termine francese "conduite", utilizzato da Pierre Janet, Jean Cleparède e Jean Pi. Il termine appare soprattutto nella letteratura dei paesi con lingue di origine latina ed è spesso usato come sinonimo di "comportamento". Tuttavia, "il termine comportamento si distingue dal termine più recente in quanto si riferisce al set di azioni e reazioni abituali di un organismo in un ambiente nel quale è possibile effettuare osservazione oggettiva, mentre la condotta si riferisce ad un livello più profondo nel quale queste azioni e reazioni hanno origine" (Galimberti, 1992: 214). Piaget definisce le condotte come "i comportamenti, inclusa la coscienza" (Piaget & Inhelder, It. 1970: 7). In campo musicale il concetto è stato utilizzato da

procedura “quasi-sperimentale” piagetiana, cioè effettuando continue e sistematiche osservazioni sul campo, prendendo in considerazione diverse ipotesi e monitorando delle variabili definite in partenza. Nel nostro esperimento le variabili erano le seguenti: il “compagno” con il quale il bambino era invitato a giocare (con o senza il Continuator, da solo o insieme con un compagno di classe), la durata dell’interazione e dell’esperienza (una volta al giorno per tre giorni consecutivi) e l’età anagrafica dei bambini (3, 4 e 5 anni).

Partecipanti

L’osservazione è stata effettuata con ventisette bambini: tredici bambini e quattordici bambine. Nove bambini hanno svolto il protocollo completo: tre di 3 anni (due bambine e un bambino), tre di 4 anni (due bambine e un bambino) e tre di 5 anni (una bambina e due bambini). Gli altri 18 bambini hanno preso parte all’attività nelle sessioni in coppia o in sessioni libere che sono state comunque registrate. Tutti i bambini hanno partecipato volontariamente ed erano di due classi diverse. Il lavoro degli operatori era di controllare che i bambini potessero completare il protocollo, pur nel rispetto dei tempi e delle routine quotidiane scolastiche dei bambini. Una organizzazione flessibile del protocollo ha permesso di inserire in modo non invasivo l’esperimento nella vita scolastica dei bambini, permettendoci di osservarli nella loro quotidianità e permettendo ai bambini di esprimersi in modo rilassato e spontaneo. Per raggiungere questo livello di spontaneità, è stata particolarmente proficua la collaborazione con gli insegnanti, i quali hanno contribuito in maniera determinante alla scelta degli spazi e delle modalità di coinvolgimento dei bambini.

Procedura

Dopo una serie di visite nella scuola ed incontri di coordinamento con gli insegnanti, l’osservazione è stata preceduta da un breve incontro tra i ricercatori e gli operatori che prendevano parte al protocollo, ed i bambini. L’incontro durava circa venti minuti ed era svolto con gruppi di circa 15 bambini. Lo scopo dell’incontro era di presentare i ricercatori e i collaboratori ai bambini, di conoscere i bambini e di introdurli all’attività sperimentale. Durante questo incontro sono stati fatti dei giochi musicali, utilizzando anche una tastiera e il Continuator. Le osservazioni video sono state svolte nei giorni successivi nella piccola biblioteca della scuola. La tastiera è stata posizionata su di un tavolo di fronte al quale veni-

Delalande (1993): “ragionare in termini di condotta invece che in termini di comportamento significa cercare di capire lo scopo delle azioni. Quando qualcuno prende il proprio strumento, si prepara a suonare e poi suona, che cosa sta cercando, che cosa si aspetta da questo insieme coordinato di azioni? È lo scopo stesso che ci aiuta a definire la condotta musicale” (p.45).

vano fatti sedere i bambini. Nel tavolo accanto era posizionato il computer sul quale era installato il Continuator, collegato alla tastiera tramite MIDI. Una videocamera era collocata frontalmente in un punto non visibile al bambino in modo da videoriprendere sia le mani sia il viso. Un collaboratore manipolava la videocamera non visto dai bambini, mentre gli altri si occupavano dei bambini e del computer. Le sedute erano individuali e a coppia. I bambini erano supervisionati in biblioteca dall'operatore o dall'insegnante. L'operatore dava la consegna al bambino (o ai bambini se in coppia), quando necessario faceva partire il Continuator e mentre il bambino suonava rimaneva nella stanza leggendo e riordinando i libri della biblioteca. Nel corso delle tre sessioni, il bambino è stato progressivamente lasciato da solo, fino ad arrivare alla terza sessione, quando è rimasto da solo nella biblioteca. Al bambino veniva chiesto di suonare in quattro modi diversi: da solo con la tastiera, da solo con il Continuator, con un altro bambino, con un altro bambino e il Continuator. Il bambino poteva scegliere con quale modo iniziare. Le consegne sono state date al bambino sotto forma di "giochi musicali":

Sessioni con un bambino:

Gioco n. 1: "Suona la tastiera fin quando vuoi. Quando ti stanchi mi chiami."

Gioco n. 2: "Suona la tastiera fin quando vuoi, e lei ti risponderà. Quando sei stanco, chiamami". In questo consegna l'operatore attivava il Continuator.

Sessioni con due bambini:

Gioco n. 3: "Suonate la tastiera insieme fin quando volete. Quando siete stanchi, chiamatemi."

Gioco n. 4: "Suonate la tastiera fin quando volete, e lei vi risponderà. Quando siete stanchi, chiamatemi". In questo consegna l'operatore attivava il Continuator.

Le consegne sono state date in ordine casuale. Se il bambino chiedeva di iniziare con un amico, o di iniziare con uno dei giochi, poteva farlo, ma nelle sessioni successive l'ordine delle consegne veniva modificato in modo tale che il bambino non ripetesse le consegne nello stesso ordine.

Tutti gli incontri sono stati videoregistrati. Le musiche suonate dai bambini e dal sistema sono state audioregistrate attraverso il sistema stesso.

Una settimana dopo ai bambini è stato chiesto di disegnare l'esperienza con il Continuator. Ai genitori è stato chiesto di compilare un questionario sui gusti mu-

sicali e sulle esperienze dei loro bimbi con il computer, la tv e lo stereo. Gli insegnanti dei bambini hanno fornito il profilo di ciascun bambino.

Attrezzature

Il Continuator, un computer portatile, una tastiera Roland ED-PC-180A, un expander Roland, un paio di altoparlanti, una videocamera ed una macchina fotografica digitale.

Il Continuator

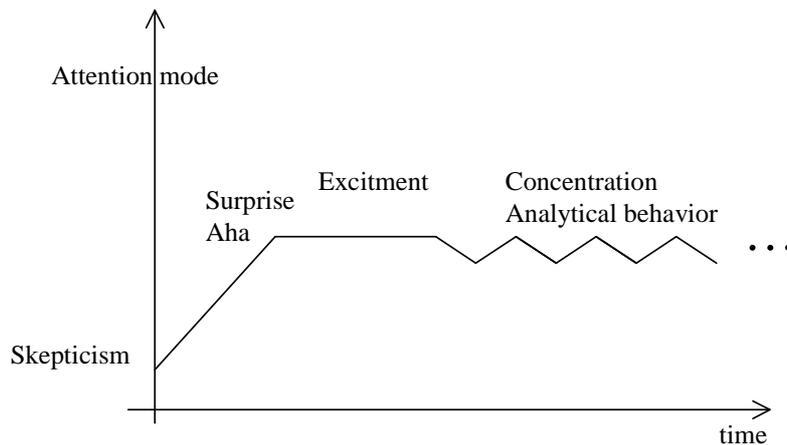
La modalità esecutiva del Continuator era quella dell'alternanza dei turni prima descritta. Le frasi prodotte dal sistema erano programmate per avere la stessa durata delle frasi eseguite dai bambini. Queste regole non sono state esplicitate ai bambini.

Analisi dei dati

Le video registrazioni sono state analizzate da due osservatori indipendenti che hanno estratto le parti più significative raggruppandole in aree tematiche: interazione con il sistema, esperienze estetiche, ascolto, modi di suonare, esplorazione dello strumento, attenzione congiunta, improvvisazione musicale. Successivamente i video sono stati sottoposti ad un lavoro di montaggio che ha permesso di osservare di seguito le tre sessioni svolte da ciascun bambino. Sono stati selezionati due casi-studio per le loro interessanti e contrastanti caratteristiche: si tratta di due bambini della stessa età (5 anni e 10 mesi). Il controllo delle variabili del sesso e dell'età ha permesso di mettere in evidenza le differenze delle loro condotte. Per ciascuna caso-studio è stata svolta una descrizione delle tre sessioni e quindi sono stati selezionati dei momenti più significativi della durata di circa venti secondi-due minuti, che sono stati poi soggetti a micro-analisi. L'analisi ha messo a fuoco la natura delle interazioni tra il bambino ed il sistema e la sua evoluzione nel corso delle tre sessioni. È stata quindi fatta un'analisi per valutare i tempi di attenzione in relazione alle differenti consegne (con o senza il Continuator, da soli o con un compagno). Una griglia di osservazione è stata elaborata per osservare l'esperienza di "Flow" (Csikszentmihalyi, 1990) vissuta dai bambini quando suonavano con o senza il Continuator.

Risultati

La prima fase di osservazione ci ha permesso di evidenziare un "ciclo vitale dell'interazione" che passava dalla Sorpresa ad una fase di Eccitazione, seguita da un periodo di Concentrazione e di comportamento analitico:



L'analisi ha messo a fuoco importanti aspetti della natura delle interazioni tra il bambino ed il sistema e la sua evoluzione nel corso delle tre sessioni. I bambini suonavano, ballavano, cantavano, ascoltavano, attraversavano diversi stati emotivi e spesso esprimevano opinioni estetiche sulle risposte del Continuator. Cercavano di capire le regole del sistema e ascoltavano con attenzione per creare un dialogo musicale con il sistema. Alcuni raccontavano storie mentre ascoltavano il Continuator suonare. Ecco alcuni esempi:

Modi di suonare ed esplorare lo strumento. I bambini esploravano la tastiera producendo suoni in molti modi diversi: con i gomiti, la testa, il sedere o gli avambracci, con le loro mani nelle maniche, facendo finta di tagliare, con un solo dito, diverse dita, con il palmo della mano, con il dorso, sfregando, alternando le mani / dita.



Figura. 1a. Esplorare la tastiera con il gomito...; **Figura 1b.** ... e con il pugno.

Improvvisazione musicale: l'analisi delle improvvisazioni musicali ha messo in evidenza la presenza di idee ritmiche e melodiche, forme di canto e accompagnamento, stili personali di improvvisazione, brevi forme di costruzioni basate su imitazione, ripetizione, alternanza e contrasto, come è possibile vedere nell'esempio musicale n. 2, dove una cellula ritmica viene proposta dal bambino su di un cluster e rielaborata durante l'interazione attraverso ripetizioni e variazioni introdotte alternativamente dai due partner.

The image contains two musical examples, Example n. 1 and Example n. 2, each with two staves: 'Micky' and 'The Continuator'.
Example n. 1 shows a sequence of musical phrases. Annotations include:
 - At 00:00, Micky starts a phrase.
 - At 00:24, Micky has an 'Aha effect (Fig. 5a)'.
 - At 00:45, Micky 'Shows perplexity (5d)'.
 - The Continuator 'Considers that this is ending Gets ready to play in turn (5c)'.
 - Micky 'Understands it is his turn to play' at 00:45.
 - At 1:28, Micky 'Intentionally finishes a phrase(5b)'.
Example n. 2 shows Micky playing a rhythmic pattern starting at 2:07, which is then mirrored and elaborated by The Continuator.

Esempio musicale n. 2: trascrizione ritmica di un frammento di interazione tra un bambino e il Continuator

Esperienze estetiche e di ascolto: l'ascolto era sempre molto attento, sia delle risposte date dal sistema sia delle proprie produzioni, sia, nelle sessioni in coppia, delle produzioni del proprio compagno. A volte l'ascolto suscitava puro entusiasmo, improvvise esplosioni di gioia. Un bambino, Alberto, ascoltando il sistema ha esclamato: è bellissimo!.



Fig. 2a. Ascolto ed estasi



Fig. 2b. Ascolto ed eccitazione

Relazioni tra le coppie di bambini e il sistema. Di particolare interesse sono le relazioni osservate tra i bambini quando suonano in coppia: suonavano, ascoltavano, esploravano insieme, guardavano le reazioni del proprio compagno, svolgendo spesso la funzione di “tutor”, si alternavano, si contrastavano. Una delle tipiche situazioni incontrata è stata quella dell’”attenzione congiunta”: più precisamente, uno dei due bambini invitava l’altro a fermarsi per ascoltare le frasi musicali. Abbiamo chiamato questa situazione ”Aspetta”.



2c



2d



2e

Fig. 2c: una bambina suona la tastiera per attivare la risposta del Continuator che farà da sfondo musicale alla storia che sta leggendo su di un libro.

Fig. 2d: due bambine ascoltano la risposta della tastiera e condividono la loro perplessità di fronte alla risposta del sistema (attenzione congiunta).

Fig. 2e: “Aspetta”: una bambina ferma la compagna che sta per suonare per invitarla ad ascoltare la risposta della macchina (attenzione congiunta).

Due casi-studio

Nei due casi studio ci siamo concentrati sulla qualità dei comportamenti e sui modi in cui l'interazione bambino / Continuator inizia, si sviluppa e termina.

Jerry: caso-studio 1

Jerry ha 5 anni e 10 mesi. Nell'incontro preliminare si era dimostrato molto interessato alla 'tastiera che risponde', ed era passato rapidamente dalla Sorpresa ad un comportamento attento e analitico, commentando ad alta voce: 'Si ripete. . . Ma non è uguale'. Il suo interesse per il nuovo 'strumento' è probabilmente stimolato anche dal fatto che Jerry possiede una conoscenza degli strumenti musicali non comune in bambini della sua età: dal questionario compilato dai genitori abbiamo appreso che ascolta musica classica, anche dal vivo, e nel disegno realizzato la settimana successiva all'esperimento, compare una vasta gamma di strumenti musicali (batteria, chitarra, flauto, violino, tromba). L'aspetto tecnologico (computer, expander) sembra invece non interessarlo particolarmente. L'ordine delle consegne è stato il seguente:

<i>Sessioni</i>	<i>Ordine delle Consegne</i>
<i>1</i>	<i>4</i>
<i>2</i>	<i>1, 2, 3, 4</i>
<i>3</i>	<i>2, 1, 4, 3</i>

Tempi di Attenzione

Per 'attenzione' si intende la tendenza a persistere nel contatto con l'oggetto o l'attività, a prescindere dall'obiettivo perseguito. Sono state misurate le durate di ogni "gioco", in tutte le tre sessioni: i risultati sono mostrati nella Figura 3. Nella prima sessione, Jerry ha scelto di eseguire solo la consegna 4 (suonare con un compagno ed il Continuator), ed è questa una delle consegne che è durata più a lungo. Nella seconda sessione ha chiesto di voler iniziare con la consegna 2 (suonare da solo con il sistema), ed è questa la consegna che è durata più di tutte le altre ed è stata eseguita con grande concentrazione. Nella terza sessione Jerry è di nuovo interessato a suonare con il sistema ed un compagno (consegna 4). I tempi della consegna 2 sono comunque i più lunghi. I tempi restano quasi li stessi per la consegna 1 (suonare da solo senza il Continuator). Durante questa consegna, Jerry spesso appariva annoiato, si fermava di frequente e, a volte, si metteva in attesa della risposta del sistema. Un risultato inaspettato è stata la breve durata della consegna 3, cioè in coppia senza il Continuator, durante la quale, inoltre, i bambini mostrano di divertirsi di meno e di ascoltare meno attentamente. Il sistema, pertanto, appare motivare il bambino quando è da solo ma anche quando suona in

coppia con il compagno, stimolando così la socializzazione dell'esperienza musicale.

L'analisi dei tempi di attenzione ci permette quindi di ipotizzare un maggiore interesse da parte di Jerry per le consegne con il sistema (2 e 4), in particolare quando suonava da solo (2).

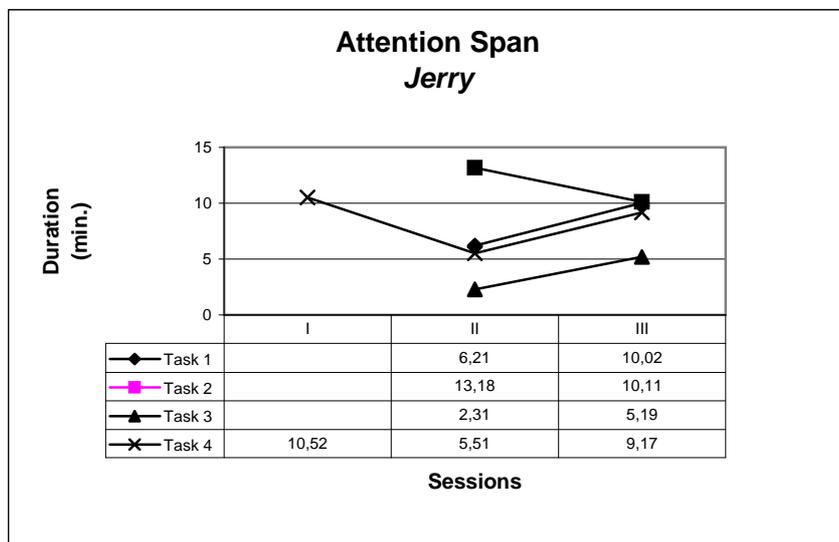


Figura 3: Tempi di attenzione di Jerry. L'asse orizzontale mostra le sessioni (I, II, III), l'asse verticale la durata in minuti di ogni singola consegna (1, 2, 3 e 4).

Profilo dinamico dell'interazione

Passiamo ora a considerare l'analisi dei microframmenti che evidenziano la dinamica evolutiva delle interazioni tra Jerry e il sistema nel corso delle tre sessioni.

Concentrazione e comportamento analitico - sessione II, consegna 2. (Figure 4a/b/c).

Jerry ha mostrato fin da subito un'alta concentrazione e un comportamento molto analitico, spinto dal desiderio di osservare, sperimentare e capire le regole del sistema. Per illustrare questa condotta mostreremo la microanalisi di un frammento tratto dalla sessione II.

E' la prima volta che Jerry suona da solo con il sistema. Il bambino procede per tentativi ed errori, rispettando l'alternanza dei turni con il sistema. Inizia sistematicamente a suonare prima con l'indice, poi con due dita, poi con il palmo della mano, per esplorare l'intera gamma di possibilità date dalla tastiera. Segue un processo lineare, andando dal semplice (un dito, registro medio) al complesso (due dita, il

palmo della mano, ecc; registro medio, grave e acuto). Ogni volta, dopo aver suonato, il bambino si ferma e ascolta attentamente la risposta del sistema (alternanza dei turni). Ascolta con molta attenzione, senza fretta, con un'espressione concentrata. Si comporta cioè come uno scienziato che introduce delle variabili per osservare i cambiamenti. Il suo rapporto con il sistema potrebbe essere definito 'simmetrico', per usare una definizione utilizzata da Fogel (2000). Nel nostro caso particolare, però, non vi è ancora alcun vero dialogo tra i due partner: Jerry sistematicamente introduce nuovi elementi, desideroso come è di approfondire la sua esplorazione del sistema, ma le risposte fornite dal Continuator non sempre “riflettono” i suoi input, poiché sono ancora molti diverse dagli input introdotti dal bambino.



Figure 4a/b/c: Alternanza dei turni: Jerry suona con un dito (a), poi si ferma e ascolta la risposta del Continuator (b), quindi inizia di nuovo a suonare utilizzando tutte le dita (c).

Ripetizione e variazione: il dialogo - sessione II, consegna 2 (Figure 4d/e/f).

Dopo circa 6 minuti, Jerry suona una nota a caso (sol3, staccato) e sta per ridisporre nella posizione di ascolto come aveva fatto finora, ma si ferma: il Continuator infatti questa volta dà una risposta particolarmente “riflessiva, riproducendo la nota appena suonata da Jerry, e aggiungendo l'ottava superiore (sol3-sol4). Jerry riconosce la nota da lui appena suonata, come in uno specchio: è sorpreso, guarda la tastiera, solleva la mano e poi subito risponde con la stessa nota e un'altra variazione (sol-sol-la-la-si-cluster). Questo evento “riflessivo” segna l'inizio di un dialogo basato sulla ripetizione e variazione: Jerry e il sistema si rispondono a vicenda e aggiungono variazioni di registro, ritmo, gesti sonori (Jerry suona sol3 staccato, il Continuator: sol3-sol4 staccato; Jerry: sol-sol-la-la-si-cluster, Continuator: cluster-arpeggio ascendente; Jerry: breve cluster, Continuator: cluster, ecc.).

Questo esempio ci dà una buona idea di come il sistema sia in grado di imitare e variare le proposte del bambino e di come tale comportamento susciti nel bambino sorpresa, curiosità e interesse, che lo incoraggiano a passare dall'esecuzione casuale di una nota (sol) verso una successione elaborata di segmenti ritmico-

melodici, che costituiscono un interessante, seppur breve, dialogo musicale. È interessante osservare come questo tipo di interazione presenta delle somiglianze con l'interazione vocale adulto/bambino nei primi mesi di vita: 'Nello scambio vocale e nei giochi [del bambino] con la madre, la voce materna agisce come uno specchio che riflette le esperienze vocali del bambino e le rafforza' (Imberly, 2002).

E' interessante anche osservare il modo e quando questa forma di dialogo termina: ciò avviene infatti quando le risposte del sistema diventano troppo diverse dall'input suonato dal bambino e l'effetto specchio svanisce. E' in questo momento che osserviamo che Jerry perde interesse, il dialogo cessa e il bambino chiede di concludere quel "gioco".



4 d

4 e

4 f

Figure 4 d,e,f: Jerry riconosce la nota da lui appena suonata nella risposta del Continuator (d), quindi ha inizio un dialogo musicale basato su ripetizione e variazione (e); il dialogo finisce quando le risposte del Continuator sono meno imitative e Jerry dice di volersi fermare (f).

Automatismi di ascolto - Sessione III (Figure 4 g / h).

All'inizio della sessione III, Jerry chiede di iniziare il gioco da solo con il sistema (consegna 2). Egli inizia un rigoroso dialogo con il sistema, fatto di esplorazione, ripetizione, variazione. Jerry suona la prima frase del motivo popolare "Fra Martino" (do-re-mi-do / do-re-mi-do), il sistema ripete le prime tre note e poi continua la scala ascendente (do-re-mi-fa-sol-la-si). Durante il gioco successivo, senza il

Continuator (consegna 1), Jerry mostra una sorta di automatismo d'ascolto: Jerry sa che il sistema non è collegato, ma suona e poi si ferma, aspettando la risposta del Continuator, che non arriva. Jerry inizia nuovamente a suonare da solo, ma ancora si ferma e sembra attendere una risposta (ad esempio, mette la mano all'orecchio). Osserviamo qui una sorta di automatica aspettativa della risposta: l'espressione che appare sul suo volto è un po' triste, la testa appoggiata sulla mano (Fig. 4h), il bambino mostra uno stato emotivo che è parte di un più generale rapporto affettivo da lui stabilito con il Continuator, trattato con cura e attenzione, come se la macchina fosse stata umana, o viva. "Risponde da sola" era stato il commento più diffuso tra i bambini di fronte alle prestazioni del sistema. L'espressione triste di Jerry richiama alla mente certe esperienze di "attaccamento" osservate nei bambini quando vengono separati dalle loro madri o genitori. Il riferimento alla teoria dell'attaccamento di Bolwby è suggerito anche dalle applicazioni di questa teoria nel campo dell'intelligenza artificiale, per esempio, con gli animali-giocattolo virtuali, quali il Tamagotchi, o gli Aibo (Kaplan, 2001).



Figure 4g/h/i: Jerry sfida il Continuator (4g), suona, poi ascolta, ma la risposta non arriva e rimane deluso (4h); Jerry osserva la sorpresa del compagno nell'ascoltare la risposta del Continuator (4i).

L'osservatore - Sessione III, consegna 4 (Fig. 4i).

L'interazione continua nella consegna seguente (4). Jerry suona con un altro bambino e il Continuator. Questa volta Jerry non solo osserva il sistema ma anche il compagno in interazione con il sistema: svolgendo il ruolo di tutor, gli dice di suonare, di attendere la risposta da parte del sistema e quindi osserva con gusto la reazione di stupore.

Tom: caso-studio 2

Tom ha 5 anni e 10 mesi. Egli si fa ben presto coinvolgere dal suono ed impara molto velocemente ad interagire in tempo reale con tutti gli stimoli che riceve dal sistema e dalle altre attrezzature (computer, altoparlante, expander, cavi). Tom riesce ad integrare con facilità tutti i vari elementi con la tastiera e il proprio partner. Ancora una volta il questionario dei genitori ha fornito informazioni utili, che ci dicono che Tom ha molta familiarità con la televisione e il computer e sa già utilizzarli bene. Significativamente nel suo disegno compaiono il computer, i cavi, gli altoparlanti e l'expander, così come Jerry aveva invece meticolosamente disegnato gli strumenti musicali. L'ordine delle consegne è stato il seguente:

Sessioni	Ordine delle Consegne
1	2, 1, 3, 4
2	4, 3, 1, 2
3	1, 2, 4, 3

Tempi di attenzione

Fin dalla prima sessione è possibile osservare che la consegna 4 (con un altro bambino e il Continuator) è durata più a lungo (Figura 5). Nelle successive sessioni la prova 4 resta costantemente alta, mentre il tempo utilizzato per le altre consegne varia notevolmente: nella sessione II, la consegna 2 è stata la più lunga, mentre la durata delle altre due consegne è diminuita. Al contrario, nella sessione III la consegna 2 è stata molto più breve, mentre nelle altre consegne la durata è aumentata.

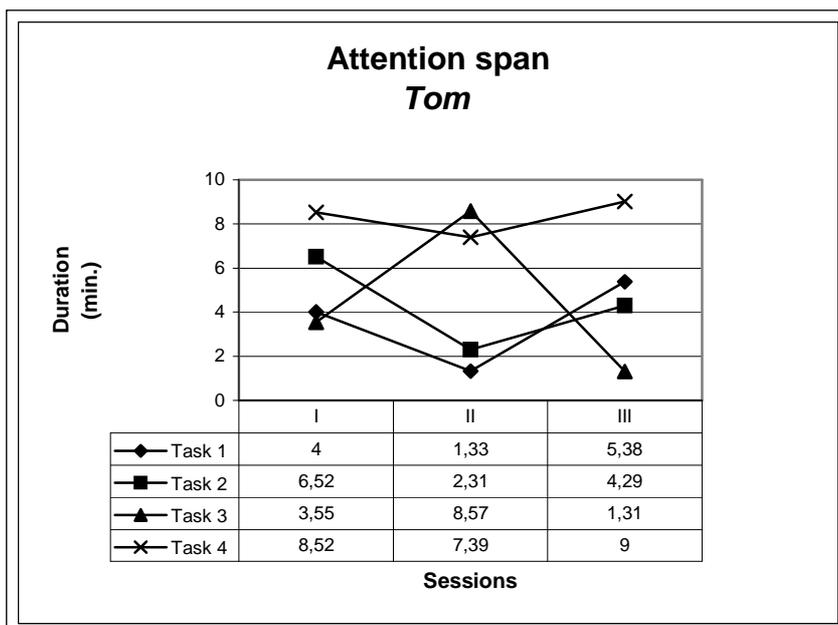


Figura 5. Tempi di attenzione di Tom. L'asse orizzontale mostra le sessioni (I, II, III), l'asse verticale la durata in minuti di ogni singola consegna (1, 2, 3 e 4).

Il fatto che la consegna 4 sia quella durata più a lungo (1 = 11,11 minuti; 2 = 11,52; 3 = 14,22; 4 = 25,31) confermerebbe la tendenza, già osservata in Jerry, che il sistema migliora la socializzazione e la condivisione delle esperienze. Nel caso di Tom, la consegna 2 anche se non è tra le più lunghe, è stata sempre eseguita con molta concentrazione dal parte del bambino, con molte scoperte e interazioni creative con il sistema. Tuttavia, a differenza di Jerry, Tom mostra una generale preferenza per l'interazione a tre: se stesso, il compagno e il sistema.

Profilo dinamico dell' interazione

Tom ha raggiunto rapidamente un buon livello di dialogo con il sistema. Vedremo nelle microanalisi che seguono alcuni momenti più importanti dell'evoluzione di tale interazione nel corso delle tre sessioni.

Sorpresa e valutazione - Sessione I, consegna 2 (Figure 6a/b/c).

E' la prima volta che Tom suona con il Continuator. Il bambino suona alcune note, il Continuator risponde imitandolo. Tom ascolta e mostra sorpresa e divertimento (Figura 6a). Tom suona di nuovo poche note, ma questa volta la risposta del Continuator dura più del previsto, a causa di un cattivo funzionamento del sistema. Tom mostra il proprio disappunto con una particolare espressione del viso, e dice "non finisce più!" (Figura 6b). Tom aspetta che il Continuator si fermi prima di ricominciare a suonare. Questo comportamento ci indica che già al primo scambio con il sistema, la regola dell'alternanza dei turni è implicitamente appresa dal bambino, così come la regola che i turni devono essere della stessa durata. Seguono alcune improvvisazioni durante le quali Tom utilizza diversi stili di esplorazione e improvvisazione musicale, ascoltando attentamente sia ciò che lui produce, sia le risposte del sistema. Ad un certo punto il Continuator comincia di nuovo a ripetere la stessa nota insistentemente, come se si fosse bloccato. Anche in questo caso Tom mostra il proprio disappunto e si chiude le orecchie con un'espressione di irritazione (Figura 6c).



6a.

6b.

6c.

Figure 6a/b/c: Tom riconosce le proprie note suonate dal Continuator (sorpresa ed eccitazione)(6a); Tom ascolta la lunga risposta da parte del Continuator e dice: "Non si ferma più!" (6b); Tom si tappa le orecchie quando il sistema ripete la stessa nota come una macchina bloccata (6c).

Eccitazione e apprendimento 'per immersione' - Sessione I, consegna 4 (Figure 6d/e/f/g/h/i).

Nella prima sessione, dopo aver appreso le regole di interazione suonando da solo con il sistema, Tom comincia il gioco 4, cioè con il Continuator ed uncompagno, e comincia a svolgere il ruolo di tutor. Tom infatti tenta di insegnare all'amico le regole per interagire con la "tastiera che risponde": si suona, poi si alzano le mani per aspettare la risposta del sistema, perché la tastiera "suona da sola" (Figura 6d). Ha inizio quindi un intenso momento di interazione: i bambini suonano e ascoltano, avvicinano le loro orecchie agli altoparlanti, suonano con le mani, teste, sedere, introducono nel gioco anche la suoneria di un cellulare. Mentre imparano le regole di interazione, imparano anche ad ascoltare, toccare, scoprire, giocare, divertirsi, suonare, con stupore e piacere. I due bambini si imitano a vicenda ed inventano nuove regole: dopo aver scoperto che il sistema ripete ciò che loro suonano, cominciano a produrre strani suoni, un po' "buffi" (brevi sequenze di cluster forti, veloci e irregolari) (Figura 6e), e poi ridono divertiti nell'ascoltarli riprodotti dal Continuator (Figura 6f) - esattamente come quando si ride di fronte allo specchio facendo delle smorfie divertenti. In questa sessione possiamo osservare come il momento di eccitazione diventa anche un momento di apprendimento, che possiamo definire per 'immersione', per analogia con il tipo di apprendimento non lineare descritto da Maragliano, caratteristico dell'apprendimento stimolato dalle tecnologie multimediali (Maragliano, 1999).



6d.



6e.



6f.

Figure 6d/e/f: Tom ferma il compagno e gli insegna le regole del sistema e dell'alternanza dei turni, dicendogli "suona da sola" (6d); i due bambini sfruttano la capacità del sistema di imitare i suoni che producono, al fine di divertirsi: essi suonano suoni "divertenti" (6e), con l'obiettivo di divertirsi ascoltando le risposte altrettanto divertenti del Continuator (6f).



6g.



6h.



6i.

Figure 6g/h/i : Tom e l'amico ascoltano la risposta del Continuator portando gli altoparlanti vicino all'orecchio (6g), suonano la tastiera, con il Continuator e il telefono cellulare (6h); suonano insieme con la testa in sincronia (6i).

“Momenti morti” o di “riaggiustamento” - Sessione II, consegna 4.

Durante le consegne con il Continuator abbiamo osservato dei momenti durante i quali i due bambini allentano l'interazione con il sistema, pur mantenendo il contatto con il sistema stesso. Parlano tra loro, mentre il Continuator sta suonando, si avvicinano alla macchina e 'mordono' i fili, ricominciano a suonare, ma autonomamente, poi si fermano, Tom suona ma in maniera inquieta, il suo amico sembra essere alla ricerca di qualcosa, fa diversi tentativi sulla tastiera, suona con la testa, si siede sulla tastiera, sperimenta alcuni brevi partner ritmico-melodici, il sistema risponde con poche note, mentre Tom osserva l'interazione alternando la lettura di un libro. L'interazione quindi attraversa in questi momenti dei periodi caratterizzati da un calo e una discontinuità di attenzione, da una esplorazione irregolare, e in generale da una sorta di “disorientamento”. La funzione di questo momento sembra essere quella di permettere ai bambini di esplorare liberamente nuove modalità di interazione, rinnovando il dialogo con il sistema, che viene infatti presto ripreso con un nuovo gioco e nuove idee, anche musicali. Abbiamo chiamato questi fenomeni “momenti morti”, o di “riaggiustamento”, per via della loro somiglianza con quei momenti di riassetto nell'interazione tra madre e bambino, che Stern ha definito tali (2004).

Dal turn-taking al role-taking - Sessione II, consegna 2.

Nella sessione II, Tom sta suonando da solo con il Continuator. Suona con molta concentrazione e segue analiticamente la risposta del sistema: per capire meglio il funzionamento del sistema guarda anche nello schermo del computer per vedere se trova qualche elemento nuovo. Pian piano osserviamo come l'interazione passi da una fase di esplorazione ad una vera e propria improvvisazione musicale tra due partner: il bambino ed il Continuator eseguono brevi pattern ritmico-melodici, li ripetono e li elaborano, producendo brevi ma complesse frasi musicali. Ad un certo punto Tom si sposta verso il registro grave della tastiera e suona il do1. Il sistema risponde con do4-la5. Tom si ferma e dice “alto”, quindi si sposta verso la parte destra della tastiera, nel registro acuto, suona il do5 e si allontana dicendo “finito”, mentre il Continuator esegue sib3-la3. Questa sequenza è molto interessante poiché ci mostra come il bambino abbia non solo capito il funzionamento dell'interazione, basato sull'alternanza dei turni e sulla ripetizione/variazione, ed imparato ad imitare e a farsi imitare dal sistema, ma abbia anche imparato a considerare nella propria risposta il “punto di vista” del sistema stesso: risponde al sistema inserendo nella sua risposta qualcosa del sistema stesso. In questa sequenza osserviamo quindi il passaggio dal turn-taking, ovvero l'alternanza tra due interlocutori, al role-taking, vale a dire il momento in cui uno dei due interlocutori, il bambino in questo caso, prende in considerazione il linguaggio del partner e adatta il proprio linguaggio a quello dell'altro. I bambini sono, per esempio, in grado di

adattare il loro linguaggio quando devono parlare con bambini di età inferiore (Emiliani e Carugati, 1985).

'Sintonizzazione' e climax - Sessione III, consegna 2.

In questa sequenza è interessante osservare il reciproco adattamento dei due partner nel corso del tempo, non solo per quanto riguarda le note suonate, ma soprattutto nel “modo” di suonarle. Tom inizia l'ultima sessione suonando da solo con il sistema. Arriva di corsa e già mentre si siede, inizia a suonare la tastiera con degli energici cluster. Il Continuator risponde con pari intensità e questa intensità del dialogo si ripete per alcune volte (Figura 7, sezione A). Tom cambia stile esecutivo e inizia a suonare dolcemente, poche note singole al centro della tastiera. Il Continuator risponde con lo stesso stile: note rarefatte con intensità debole (Figura 7, sezione B). Tom riprende lo stile energetico e forte e il Continuator risponde nello stesso stile (Figura 7, sezione A'). Assistiamo qui alla creazione di una frase musicale, con domande e risposte e variazioni di dinamica e densità che danno luogo a una struttura ternaria A - B - A', terminante con un finale che presenta tutte le caratteristiche retoriche di un finale: note ribattute, aumento di intensità e delle durate:

Fig. 7. Sequenza di « sintonizzazione »		
Durata: 37 secondi.		
I turni durano circa 1 secondo ciascuno, a parte gli ultimi due che prendono 5 secondi ciascuno. Una breve pausa precede alcune volte il turno di Tom.		
sec.	Descrizione	Struttura formale del dialogo
0.00	Tom inizia suonando energicamente un cluster, forte Il Continuator risponde con un cluster, forte breve pausa	a + a
0.03	Tom ripete la stessa cosa Anche il Continuator	a + a
0.06	Tom suona un glissando, again forte Il Continuator suona poche note, forte breve pausa	b + b'
0.09	Tom suona due glissandi simultaneamente, crescendo Il Continuator suona una breve sequenza di note, crescendo breve pausa	b'' + b'''
0.12	Tom suona delicatamente 1 nota ppp, nel registro medio e ascolta la risposta del Continuator: 2 note, ppp, nel registro grave	c + c'
0.15	Tom inizia suonando ancora il cluster energicamente, agitato e forte Il Continuator risponde con un forte cluster	a + a
0.17	Questo tipo di scambio è ripetuto ancora tre volte Tom ascolta la risposta “arrabbiata” e risponde con una espressione facciale di irritazione e sfida Egli mette tale energianelsuo gesto dafarsi male al gomito	a + a a + a a + a
0.26	La quinta volta l'input di Tom è molto più lungo, quindi si alza per andare a guardare nello schermo del computer Il Continuator risponde con una risposta altrettanto lunga	a' + a'

Figura 7. Sequenza di “sintonizzazione”.

Osserviamo inoltre che in questa sequenza non siamo di fronte solo ad una questione di ripetizione / variazione; l'interazione infatti coinvolge il bambino emotivamente e fisicamente, come è possibile vedere in alcune espressioni del viso: nella parte A, Tom si agita sulla sedia al punto da battere il gomito sulla tastiera, mentre nella parte B si rianchia su se stesso, assume un'espressione di curiosità e produce il minimo movimento possibile. Una situazione quindi particolarmente complessa per gli aspetti dinamici, formali e temporali implicati, in cui la forma musicale e le esperienze emotive procedono parallelamente. Abbiamo definito questa sequenza con il termine di 'sintonizzazione', per certe somiglianze con la 'sintonizzazione affettiva' descritta da Stern (2004) nell'interazione tra madre e figlio, basata sulla corrispondenza di uno stato d'animo, caratterizzata da un processo che avviene molto rapidamente e con alternanza di turni regolari in cui le tre dimensioni principali sono l'intensità, il ritmo e la forma, e cioè le tre dimensioni che abbiamo visto caratterizzare la struttura del dialogo appena descritto. In questa sequenza il sistema sembra in grado non solo di riflettere le note suonate dal bambino, ma anche in una certa misura il profilo dinamico e affettivo, poiché le caratteristiche musicali e simbolicamente emotive delle sue risposte seguono fedelmente quelle del bambino. Non vogliamo ovviamente dire che la macchina abbia avuto una intenzionalità emotiva. Vogliamo piuttosto mettere in evidenza come siano le caratteristiche tecnologiche del sistema che permettono questo effetto così realistico. Parliamo qui non solo della capacità del sistema di imitare lo stile di chi suona, ma anche di un'altra caratteristica tecnica, apparentemente irrilevante, che è la velocità con la quale il sistema è in grado di registrare l'input ricevuto, analizzarlo e rispondere. Grazie a questa abilità, i tempi di alternanza tra i due partner sono simili a quelli osservati nelle interazioni umane e ciò rende il dialogo fluido e realistico.

Rilancio – Sessione III, consegna 4.

Nella sessione finale, quando Tom suona con il compagno ed il Continuator, il bambino rilancia un pattern ricavato proprio da quella risposta "sbagliata" del Continuator che il bambino aveva ascoltato nella prima sessione, e cioè le note ribattute, trasformandolo così in un "errore creativo" (Gianni Rodari). Su questa idea musicale ha inizio un'improvvisazione musicale in trio, Tom, il compagno ed il Continuator, basata su sequenze di due note ribattute rapidamente, con rallentando, accelerando, seguite da cluster di note suonate da Tom nel registro medio e singole note ripetute nel registro acuto dal partner, intercalate da alcuni momenti di sincronizzazione quando entrambi eseguono la stessa pulsazione. Il Continuator risponde con una lunga sequenza di note ribattute che stimola i bambini e li spinge a portare avanti questa nuova idea musicale. Questa particolare performance fornisce un buon esempio di scaffolding: il Continuator rilanciando in maniera combinata le idee musicali di ciascun bambino ad entrambi i bambini, incoraggia i bambini a contribuire ad un progetto collettivo di improvvisazione musicale. Un otti-

mo esempio di come “anche” un insegnante potrebbe impostare un lavoro sull'improvvisazione. Il finale di questa sessione è un'immagine del trionfo della tecnologia: l'Expander Roland, con le sue luci, diventa una bomba da disinnescare!

Tempi di attenzione

In seguito ai risultati ottenuti dall'analisi dei due casi studio, abbiamo misurato le durate di ciascuna prova in tutti i bambini che hanno partecipato al protocollo. Il risultato è illustrato nel grafico della Figura 8. Come si può osservare nei valori riportati nel grafico, le prove 2 e 4 (B e D nel grafico), e cioè le prove con il sistema, hanno dato il valore medio di durata complessiva più alto. E' stata svolta un'analisi multivariata della varianza (MANOVA) sui fattori a misure ripetute (within) Sessione e Prova, assumendo come variabile dipendente le durate delle prove. Dalle analisi non è risultato nessun effetto significativo sull'interazione dei fattori Sessione e Consegna (Task nel grafico), né vi è alcun effetto significativo per il fattore Sessione. Per il fattore Consegna si è avuto invece un effetto significativo ($F=5,15$; $p<.05$): secondo l'analisi dei tests a coppie sono risultate significative le differenze tra la consegna 1 e la consegna 2 (A e B nel grafico) ($t=-3,79$, $p<.01$) e le differenze tra la consegna 2 e la consegna 3 (B e C nel grafico) ($t=3,21$, $p<.05$). Valori al limite della significatività si hanno per le differenze tra la consegna 3 e la consegna 4 (C e D nel grafico) ($t=-2,30$, $p=.05$).

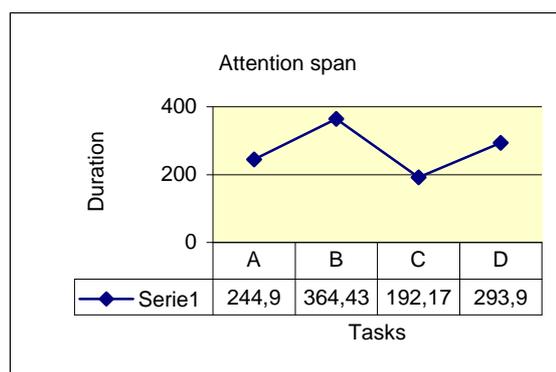


Figura 8. Tempi di attenzione

Le due consegne che coinvolgono il sistema (B e D nel grafico) hanno quindi presentato i tempi di attenzione più lunghi e mostrano come la maggior parte dei bambini abbia raggiunto un livello stabile di attenzione caratterizzato da un forte e continuo interesse nell'interazione. La prova 2 inoltre (B nel grafico: bambino da

solo con la tastiera ed il sistema), mostra il tempo di attenzione più lungo in assoluto e la differenza è significativa non solo con la prova 1 ma anche con la 3 (rispettivamente A e C nel grafico), durante la quale i bambini suonano insieme. Il sistema quindi sembra procurare al bambino un'alta motivazione ad interagire con la tastiera sia quando è da solo sia quando suona in coppia. Un risultato inatteso è stato ottenuto nella consegna C, la consegna alla quale i bambini hanno dedicato meno tempo in generale anche se suonavano in coppia. Il tempo di attenzione aumenta considerevolmente nella consegna 4 quando i due bambini hanno suonato con il sistema (la differenza è al limite della significatività). Il sistema quindi sembra non solo motivare i singoli bambini, ma anche i bambini che suonano in coppia, anche se in misura minore, stimolando la funzione di socializzazione dell'esperienza musicale, come avevamo già visto nei casi studio analizzati.

Le sessioni in media sono durate da pochi minuti a 45 minuti, una durata che è tanto più significativa se consideriamo l'età dei bambini. Un'osservazione finale riguarda la "qualità" dell'attenzione, soprattutto nella prova da soli con il Continuator, che ha presentato meno distrazioni, una più alta concentrazione, maggior piacere, partecipazione e alti livelli di esplorazione, invenzione musicale e soprattutto di ascolto attento.

Il Continuator come macchina del Flow

L'abilità del sistema di imitare lo stile di chi suona una tastiera e di mantenere l'attenzione dei bambini per lunghi periodi di tempo può essere interpretata attraverso la Teoria del Flow introdotta dallo psicologo Mihaly Csikszentmihalyi (1990). La nozione di Flow descrive la cosiddetta "esperienza ottimale" come situazione in cui le persone raggiungono le condizioni mentali derivate da un equilibrio ottimale fra le abilità possedute e gli obiettivi che ci si è prefissi. Recenti studi condotti anche in ambito musicale hanno indicato che questa teoria è uno strumento teorico di grande efficacia in grado sia di spiegare i processi creativi musicali nei bambini così come nei musicisti adulti (musicisti di jazz in particolare) (Custodero 2008; Sawyer 1999). Il Continuator quindi potrebbe essere definito come una macchina del Flow nel senso che esso produce una risposta corrispondente al livello di abilità dell'utente (Pachet 2004). Gli indicatori di flow descritti da Csikszentmihalyi possono essere osservati alla luce dell'esperimento condotto con i bambini e il Continuator:

- Attenzione focalizzata. L'esperimento mostra chiaramente che i bambini sono impegnati in attività focalizzate sia quando suonano sia quando ascoltano.

- Facilità di concentrazione. Ai bambini non è stata data nessuna istruzione, essi suonano con il sistema in maniera auto-motivata, senza bisogno di uno stimolo esterno.
- Feedback immediato. Il Continuator produce un feedback immediato: l'interazione è in effetti "ridotta" all'analisi del feedback prodotto dalla macchina.
- Controllo della situazione. I bambini hanno il controllo della situazione per la maggior parte del tempo. Essi comprendono subito che possono interrompere il sistema quando vogliono o inventare nuove regole.
- Motivazione intrinseca. I risultati più evidenti dell'esperimento (tempi di attenzione prolungati, ascolto autotelico, effetto Sorpresa) possono essere collegati alla motivazione intrinseca che spinge i bambini ad interagire con il sistema. Da un punto di vista pedagogico la motivazione intrinseca è estremamente importante poiché stimola l'apprendimento e la creatività, incoraggiando allo stesso tempo l'interesse per lo strumento musicale.
- Eccitazione. L'eccitazione è chiaramente osservabile nella maggior parte del tempo, ma in particolare nelle prime fasi dell'interazione.
- Cambiamento nella percezione del tempo. Come mostrato dall'analisi dei tempi di attenzione, per la maggior parte dei bambini il tempo passa velocemente.
- Obiettivi chiari. Ai bambini non è stato dato nessun obiettivo da raggiungere, ad eccezione di suonare fin quando volevano. Potremmo dedurre che i bambini si creano spontaneamente degli obiettivi durante l'interazione. Per esempio, in molte sessioni abbiamo osservato che i bambini cercano di insegnare al sistema alcuni passaggi che essi hanno appena suonato.

Attraverso una griglia di osservazione, abbiamo condotto un'osservazione sistematica di tutte le sessioni individuali di tutti i bambini per analizzare le variabili che danno origine al Flow, e abbiamo trovato che la percentuale di flow è maggiormente presente nella prova 1, quando cioè i bambini suonano con il Continuator (54%) piuttosto che nella prova 2, quando i bambini suonano senza il Continuator (42%) (vedi Figura 8) (per maggiori informazioni su questo aspetto vedi anche Addressi et al. 2006):

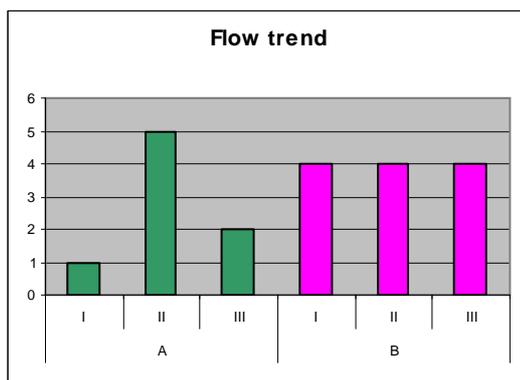


Figure 9. La tendenza del Flow nelle consegne 1 (A, senza il Continuator) e 2 (B, con il Continuator)

Discussione

I risultati ottenuti ci permettono di dare alcune risposte alle domande sollevate all'inizio di questo studio riguardanti la natura dell'interazione tra il bambino e la macchina, in particolare con il sistema utilizzato in questo esperimento.

Sulla natura dell'interazione

I dati presentati suggeriscono che il Continuator permette di sviluppare un'interessante interazione bambino/macchina, molto simile a quella osservata tra umani. Questo fenomeno sembra avere le sue origini nella capacità del sistema di ripetere lo stile musicale dei bambini, di rispettare l'alternanza dei turni e una contingenza temporale molto simile a quella osservata nell'interazione umana. L'interazione basata sulla ripetizione/variazione permette ai bambini di inventare il proprio discorso musicale, passando dall'esplorazione all'invenzione musicale. Tale struttura è simile a quella osservata da Stern (2004) nella relazione vocale tra madre e bambino e da Imberty (2002) nel campo della musica. Questo tipo di dimensione interpersonale è una potenziale fonte di creatività musicale per i bambini piccoli, come è stato osservato anche nelle interazioni musicali tra adulti e bambini (Young, 2008, Burnard 2000; McPherson 2006). Il fatto che l'interazione sia così simile a quella tra umani forse potrebbe spiegare perché i bambini abbiano trovato l'esperienza così entusiasmante: come nel cartone animato dove la cosa che a loro

piace di più è il fatto che “sembra vero perché è falso” (Mattia, 3 anni, in Mazzoli, 2001).

Stili di apprendimento

I bambini hanno imparato le regole del sistema durante l'interazione: il sistema risponde suonando da solo, risponde quando si smette di suonare (turn-taking), imita, ripete con variazioni, commette degli “errori”, è capace di stabilire un dialogo fatto di ripetizione/variazione, le regole del sistema possono essere spiegate agli altri e si possono anche inventare nuove regole ed insegnarle al sistema. Abbiamo osservato due stili di apprendimento, che sono stati definiti rispettivamente “lineare” (caso-studio n. 1) e “per immersione” (caso studio n. 2): il primo è tipico dell'apprendimento basato su tecnologie associate alla scrittura, come i libri, mentre il secondo è più collegato alle tecnologie multimediali (Maragliano, 1999). Nel primo caso, Jerry ha imparato le regole del sistema in maniera “lineare”, procedendo dal semplice al complesso, per prove ed errori; nel secondo caso Tom ha imparato ad usare il sistema mettendo in gioco tutti i propri sensi, utilizzando lo strumentario tecnologico a disposizione interamente, attraverso momenti nei quali eccitamento ed apprendimento sono coincisi. In entrambi i casi il sistema ha stimolato una strategia di apprendimento per problem solving.

La motivazione intrinseca

I tempi di attenzione, i fenomeni della Sorpresa e dell'Eccitamento, l'alta presenza di Flow durante le sessioni con il Continuator, possono essere interpretati come segni di una motivazione intrinseca che ha stimolato l'interesse e il piacere dei bambini nell'utilizzare la macchina e i suoi giochi musicali ed interattivi, incoraggiando un interesse anche verso quegli strumenti musicali, come una tastiera, normalmente poco attrattivi per i bambini così piccoli. Da un punto di vista pedagogico musicale la motivazione intrinseca è di notevole importanza poiché stimola l'apprendimento e la creatività (O'Neill & McPherson, 2002).

L'ascolto: pensare con i suoni

Nell'interazione con questo tipo di sistema l'ascolto è il canale più importante, a volte il solo, attraverso il quale i bambini comunicano con il sistema stesso. Questo fattore, insieme alla motivazione intrinseca precedentemente descritta, ha dato luogo a prolungati periodi di ascolto ed ha incoraggiato i bambini a “pensare con i suoni”. Sono state osservate condotte di ascolto particolarmente ricche e varie, concentrate, analitiche ma anche simboliche, creative e puramente estetiche (vedi Figure 2a/b/c). Un aspetto significativo è la qualità dell'ascolto delle proprie pro-

duzioni, stimolata dall'elemento interattivo "riflessivo", che incoraggia i bambini ad ascoltare attentamente per comparare le proprie produzioni con la risposta del sistema e per identificare ripetizioni e differenze. Come è stato più volte affermato, saper ascoltare le proprie produzioni musicali mentre si suona è uno dei più importanti obiettivi dell'educazione musicale (Delalande, 1993). Infatti la qualità delle esplorazioni, delle improvvisazioni e delle composizioni dei bambini dipende essenzialmente dalla loro capacità di ascolto, che li spinge a inventare una idea musicale, a variarla, a giocare con la variazione e a creare effetti particolari (vedi anche Addessi 2008).

Musicisti con stile

Il sistema ha stimolato e rinforzato le condotte di tipo esplorativo, ma ha anche sollecitato i bambini verso condotte inventive e quindi di elaborazione di idee musicali. In entrambi i casi il Continuator ha rinforzato, rispecchiandolo, lo stile individuale di ciascun bambino. Uno degli aspetti più interessanti di queste interazioni è che l'invenzione è, alla fine, non individuale ma collettiva: il bambino sta suonando "insieme con" la macchina, ed essi suonano come due musicisti che improvvisano insieme. Il modo in cui i bambini suonano mostra la loro competenza stilistica musicale, già molto sviluppata a questa età (Addessi et al., 1996; Hargreaves & North, 1999; Marshall e Hargreaves 2007), non solo come "ascoltatori", ma anche come "produttori" di musica: Tom suona stando in piedi, agitandosi molto, le mani coperte dalle maniche della maglietta; Jerry ha sempre suonato seduto e in maniera molto composta. I questionari compilati dai genitori ci dicono infatti molto sui gusti musicali dei due bambini e delle loro rispettive famiglie: il padre di Tom è un esperto di musica rock, ha molti video di cantanti rock che anche Tom guarda e ascolta, mentre Jerry ascolta musica classica anche in concerti dal vivo.

Il Continuator come insegnante

Possiamo quindi concludere che il processo di apprendimento/insegnamento attivato dal sistema è risultato essere particolarmente efficace. E' importante da un punto di vista pedagogico, sottolineare i punti caratteristici di questo processo: l'alternanza dei turni, tempi dei turni regolari, rispecchiamento, modeling e scaffolding, "sintonizzazione affettiva", motivazione intrinseca, interazione collaborativa e attenzione congiunta. Come sottolinea Young (2008), suonare insieme, in una prospettiva socio-costruttivista dell'apprendimento, diventa un'applicazione in ambito musicale del concetto vigotskiano di "zona di sviluppo prossimale".

Conclusioni

In questo articolo abbiamo presentato il protocollo pilota di un progetto di ricerca in corso presso l'Università di Bologna in collaborazione con il SONY-Computer Science Laboratory di Parigi, che riguarda l'interazione tra bambini di 3/5 anni e un particolare sistema musicale interattivo, il Continuator. Tale sistema è solo un caso di una più ampia classe di sistemi chiamati "riflessivi", con i quali gli utenti possono suonare con copie virtuali di se stessi, o per lo meno con agenti che possiedono una capacità mimetica che si evolve nel tempo. Crediamo che la maggior parte delle interessanti proprietà evidenziate nel nostro esperimento derivino da questa caratteristica. Grazie alla loro capacità di replicare il comportamento musicale e di evolversi in modo organico con l'utente, gli IRMS traducono in disegno tecnologico alcuni concetti teorici dell'apprendimento e delle teorie sulla creatività. Gli IRMS introducono un nuovo concetto di interazione, quello di insegnare indirettamente processi musicali mettendo l'utente in una situazione dove questi processi sono sviluppati non dall'utente o dal sistema, ma dall'interazione fra l'utente ed il sistema. In questo senso gli IRMS sfruttano il concetto vygoskiano di "zona di sviluppo prossimale" (ZPD), quella distanza tra lo sviluppo reale determinato dalla soluzione dei problemi indipendente ed lo sviluppo potenziale determinato dalla soluzione dei problemi con la guida di un adulto, o in collaborazione con pari più capaci. La differenza con il concetto di zona di sviluppo prossimale è che gli IRMS non sono "più capaci" dei bambini: sono sistemi agnostici e si adattano in maniera intuitiva alla conoscenza musicale del bambino durante l'interazione. In questo modo, gli IRMS stabiliscono un'interazione durante la quale la riflessione speculare può generare un equilibrio fra le sfide e le abilità, promuovendo considerevolmente "l'esperienza ottimale" descritta dalla teoria del Flow introdotta da Csikszentmihalyi (1990). Il Continuator permette un progressivo e naturale scaffolding della complessità nell'interazione, che non è presente nella maggior parte dei sistemi didattici musicali programmati con obiettivi predefiniti e fissi, e che non si adattano ai livelli e stili cognitivi dei singoli bambini. Da questo punto di vista, il forte potenziale degli IRMS può essere usato per aumentare la condizione "di benessere" e di creatività. Nonostante l'apparente semplicità del meccanismo, il Continuator genera reazioni molto complesse, nelle quali i bambini sono portati a costruirsi un'immagine del proprio "sé" e dell'"altro" e ad assumere il punto di vista dell'altro per valutare il proprio. In letteratura questi passaggi sono considerati cruciali per la costruzione del sé del bambino: si potrebbe dire che il Continuator, per mezzo del suo effetto di rispecchiamento, rappresenta la costruzione di un sé "musicale", o con le parole di Turkle (1984), un "Secondo sé", dove la macchina non solo sembra "pensare", ma pensa come l'utente. Da un punto di vista pedagogico, uno dei risultati più significativi è che i bambini sono aiutati

a sviluppare capacità di ascolto molto attente, così come una condotta musicale creativa e un personale stile di improvvisazione musicale, basato sulle proprie abilità e conoscenze musicali. A nostro parere, questo è un risultato di non poca importanza, poiché nonostante gli studi più recenti abbiano dimostrato che la pratica dell'improvvisazione sviluppi la motivazione intrinseca, l'apprendimento collaborativo e le abilità musicali (McPherson 2005, Gellerich 2002, Burnard 2000), l'insegnamento dell'improvvisazione è ancora raramente presente nell'educazione musicale occidentale. Il sistema è risultato quindi uno strumento efficacissimo per studiare i processi di improvvisazione e compositivi nei bambini di 3, 4 e 5 anni, come per esempio lo sviluppo del senso della forma (frase musicale, ripetizione e variazione, organizzazione temporale e dinamica, ecc.).

Per quanto riguarda l'uso delle nuove tecnologie nell'educazione musicale, riteniamo che gli incoraggianti risultati ottenuti siano stati dovuti anche ad altre caratteristiche di questi sistemi. Prima di tutto, i bambini interagiscono con la macchina solo attraverso i suoni, cioè suonando la tastiera, senza altre interfacce grafiche o meccaniche (quali per esempio mouse, tasti, commutatori etc.). Il sistema quindi possiede quella proprietà di "trasparenza", che implica "uno spostamento dalla rappresentazione della musica alla musica stessa" (Folkestad et al., 1998, 95). In secondo luogo, esso evita la monotonia della mera ripetizione, indicata come un degli aspetti negativi di molti sistemi automatici (Bertolini & Dallari, 2003). In terzo luogo, il sistema non è programmato con obiettivi musicali fissati precedentemente dal sistema stesso (per esempio esercizi per l'orecchio, di scrittura, ecc.) ma si adatta allo stile cognitivo di ciascun bambino e gli obiettivi nascono durante l'interazione. Questa caratteristica permette lo sviluppo di comportamenti di autoregolazione, auto-iniziativa ed un apprendimento centrato sul bambino. Per questo motivo, gli IRMS permettono al bambino di integrare le abilità già possedute con le nuove abilità acquisite, secondo un processo originale, in linea con la "prospettiva educativa fantacognitiva" teorizzata in Guerra (2002), secondo cui la tecnologia innovativa è quella che permette al bambino di vedere e ascoltare in maniera più originale e di integrare le precedenti esperienze con le nuove. Infine, il tempo dei bambini sembra essere rispettato: l'interazione rimane fluida lungo il corso del tempo, passando attraverso momenti di maggiore e minore concentrazione; i bambini possono interrompere il gioco quando lo desiderano, garantendo così quel "fattore di distanza" tra bambino e macchina, considerato di estrema importanza da un punto di vista pedagogico ed estetico (Bertolini & Dallari, 2003).

Alla luce dei risultati ottenuti in questo protocollo, abbiamo realizzato una serie di altre esperienze in ambito didattico nelle scuole dell'infanzia (Ferrari, et al. 2006) e nei corsi di improvvisazione musicale nelle scuole di musica (Benghi, et al. 2008), anche in altri paesi (Young 2006, St. John 2008). E' in corso di preparazione un progetto di ricerca europeo che coinvolge altri centri di ricerca. Crediamo che un

approccio che integri ricerca tecnologica e sperimentazione psico-pedagogica sia molto produttivo e da perseguire.

Ringraziamenti

Si ringraziano il direttore, gli insegnanti, i bambini e i loro genitori della scuola materna statale “La Mela” (Bologna, Italia); Simona Carlotti, Laura Ferrari e Nicoletta Rossi per la collaborazione nella realizzazione del protocollo; Fabio Ragazzi dell’Università di Bologna per l’assistenza tecnica; il professor Roberto Caterina dell’Università di Bologna per le analisi statistiche dei tempi di attenzione.

Bibliografia

- Addessi A. R.. (2008). I bambini si ascoltano, in F. Spampinato, D. Barbieri e L. Marconi (cur.), *L’ascolto musicale. Condotte, pratiche, grammatiche*. Lucca, LIM, 161-170.
- Addessi A.R., Baroni M., Luzzi C., Tafuri J. (1995/96). The development of musical stylistic competence in children, *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, 127, 8-15.
- Addessi A. R., Pachet F.(2005). Experiments with a musical machine: musical style replication in 3/5 year old children, *British Journal of Music Education*, 22, 1, 21-46.
- Addessi A. R., Pachet F.(2006). Young children confronting the Continuator, an interactive reflective musical system, *Musicae Scientiae*, Special Issue 2005-2006, 13-39.
- Addessi ,A. R., Ferrari, L., Carlotti, S. e Pachet F. (2006), Young children musical experience with a flow machine, in M. Baroni et al. (cur.), *Proceedings of the 9th International Conference on Music Perception and Cognition (ICMPC9)*. Bologna, Bononia University Press, 1658-1665.
- Benghi, D. (2008). Apprendere ad improvvisare: sistemi musicali interattivi riflessivi in ambito didattico, Tesi Laurea in DAMS, relatore Prof.ssa A. R. Addessi, corr. Prof. R. Caterina, Università di Bologna, a.a. 2007/2008.
- Bertolini, P., Dallari, M. (2003). A proposito di giudizio estetico e mass media, in Addessi A.R. e Agostini R. (a cura di), *Il giudizio estetico nell'epoca dei mass media*. Lucca, LIM, 93-118.
- Burnard P. (2000). Examining experiential difference between improvisation and composition in children’s music making, *British Journal of Music Education*, 17/3, 227-45.

- Burnard P. (2006). The individual and social worlds of children's musical creativity, in McPherson G. (a cura di), *The child as musician: A handbook of musical development*. Oxford, Oxford University Press, 353-372.
- Camaioni L., Bascetta C. e Aureli T. (1988). *L'osservazione del bambino nel contesto educativo*. Bologna, Il Mulino.
- Camurri A., Coglio A. (1998). An architecture for emotional agents, *IEEE Multimedia*, October, 2-11.
- Csikszentmihalyi M. (1990). *The psychology of optimal experience*. New York, Harper & Row.
- Custodero L. A. (2008). Indicatori di Flow: una prospettiva sull'esperienza musicale infantile, in Addressi A. R. (a cura di), *Educazione al sonoro nella prima infanzia*, numero monografico di *Infanzia*, XXV/2, 96-101.
- Delalande F. (1993). *Le condotte musicali*. Bologna, CLUEB.
- De Kerckhove D. (1991). *Brainframes: Technology, Mind and Business*. Bosch & Keuning (trad. it. Baskerville, Bologna 1993).
- Emiliani F., Carugati F. (1985). *Il mondo sociale dei bambini*. Bologna: Il Mulino.
- Ferrari L., Addressi A. R. e Pachet F. (2006). New technologies for new music education: The Continuator in a classroom setting, in M. Baroni et al. (a cura di), *Proceedings of the 9th International Conference of Music Perception and Cognition*. Bologna, Bononia University Press, 1392-8.
- Fogel A. (2000). Oltre gli individui: un approccio storico-relazionale alla teoria e alla ricerca sulla comunicazione, in Genta M. L. (a cura di), *Il rapporto madre-bambino*. Roma, Carracci, 123-157.
- Folkestad G., Hargreaves D.J. e Lindström B. (1998). Compositional strategies in computer-based music-making, *British Journal of Music Education*, 15, 1, 83-97.
- Gaggiolo. A. (2003). *Educazione musicale e nuove tecnologie*. Torino, EdT.
- Galimberti U. (1992). *Dizionario di Psicologia*. Torino, UTET.
- GRM - Groupe de Recherche Musicale (2000). *La musique électroacoustique*, cd-rom, INA-GRM.
- Guerra L. (a cura di)(2002). *Educazione e tecnologie. I nuovi strumenti della mediazione didattica*. Azzano S. Paolo, Junior Edizioni.
- Hargreaves D.J. e North A.C. (1999). Developing concepts of musical style, *Musicae Scientiae*, 3, 193-216.
- Imberty, M. (2002). Il bambino e la musica, in *Enciclopedia della Musica*. Torino, Einaudi, vol. II, 477-495.
- Imberty, M. (2008). Non c'è musicalità senza intenzionalità. Ritorno alle origini della musicalità umana, in Addressi A. R. (a cura di). *Educazione al sonoro nella prima infanzia*, numero monografico di *Infanzia*, XXV/2, 90-95.
- IRCAM-MusicLab (2002). 6 interactive music applications for music teaching in the National Education,
<http://www.ircam.fr/produits/technologies/multimedia/musiclab-e.html>.

- Kaplan F. (2001). Artificial Attachment: Will a robot ever pass Ainsworth's Strange Situation Test?, in Hashimoto S. (a cura di), *Proceedings of Humanoids 2001: IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots*. 125-132.
- Kenny B. J. e Gellerich M. (2002). Improvisation, in McPherson G. e Parncutt R. (a cura di). *The Science and Psychology of Music Performance. Creative Strategies for Teaching and Learning*. Oxford, Oxford University Press.
- Kratus J. (1994). The ways children compose, in H. Lees (cur.), *Musical Connections: Tradition and Change, Proceedings of 21st ISME Conference*, Tampa, Florida. Auckland, NZ: Uniprint, The University of Auckland, 128-141.
- Maragliano R. (1999). *Nuovo manuale di didattica multimediale*. Bari, Laterza.
- Marshall N. e Hargreaves D. J. (2007). Musical style discrimination in the early years, *Journal of Early Childhood Research*, 5 (1), 32-46.
- Mazzoli F. (2001). *C'era una volta un re, un mi, un fa...Nuovi ambienti per l'apprendimento musicale*. Torino, EDT.
- Mazzoli F. (2003). 'I suoni abitati'. In F. Mazzoli, A. Sedioli & B. Zoccatelli, *I giochi musicali dei piccoli*, Bergamo: Edizioni Junior, 7-17.
- McPherson G. (1994). Improvisation: Past present and future, in In H. Lees (cur.), *Musical Connections: Tradition and Change, Proceedings of 21st ISME Conference*, Tampa, Florida. Auckland, NZ: Uniprint, The University of Auckland, 154-162.
- McPherson, G. (2002). Motivation, In G. McPherson & R. Parncutt (a cura di), *The Science and Psychology of Music Performance. Creative Strategies for Teaching and Learning*. Oxford, Oxford University Press.
- McPherson, G. (2006)(a cura di). *The child as musician: a handbook of musical development*. Oxford, Oxford University Press
- Pachet, F. (2003). Musical interaction with style, *Journal of New Music Research*, 32, 3, 333-341.
- Pachet F. (2004). On the design of Flow Machine, in M. Tokoro (cur.). *A learning zone of one's own: sharing representations and Flow in collaborative learning environments*. IOS Press, 111-134.
- Pachet F. (2006). Enhancing individual creativity with interactive reflexive musical systems, in I. Deliège, G. Wiggins (cur.). *Musical creativity: Current research in theory and practice*. Hove, Psychology Press.
- Pachet, F. & Addressi, A.R. (2004). Children reflect on their own playing style: Experiments with Continuator and children, *ACM Computers in Entertainment*, 1, 2.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1966) *La Psychologie de l'enfant*, Parigi, Presses Universitaires de France (it. tr. 1970).
- Resnick et al. (1996), Pianos Not Stereos: Creating Computational Construction Kits, *Interactions*, 3, 6.
- Sawyer R. (1999), Improvised conversations: Music, collaboration, and development, *Psychology of Music*, 27, 192-216.

- Stern, D. (2004), *Il momento presente. In psicoterapia e nella vita quotidiana*, Milano, Cortina Raffaello Editore (orig. inglese 2004).
- St. John, P. (2008), Students at Carondelet Music Center make their own kind of music. *CSJ Newslines*, 25/1, 1-3.
- Trevarthen, C. (2000), Musicality and the intrinsic motive pulse: Evidence from human psychobiology and infant communication, *Musicae Scientiae*. Special Issue 1999-2000, 155-215.
- Turkle, S. (1984), *The Second self: Computers and the Human Spirit*. New York (trad. it. Apogeo, Milano 2000).
- Weinberg, G. (1999), "Expressive Digital Musical Instruments For Children", M.S. Thesis. MIT Media Laboratory.
- Webster, P. R. (2002), Computer-based technology and music teaching and learning, in R. Colwell & C. Richardson (cur.), *The New Handbook of Research on Music Teaching and Learning*, Oxford, Oxford University Press, 416-439.
- Webster, P.R. (2007), Computer-based technology and music teaching and learning: 2000-2005. In L. Bresler (cur.), *International handbook of research in arts education*, The Netherlands, Springer, 1311-1328.
- Young S. (2004), The interpersonal dimension: A potential source of musical creativity for young children, *Musicae Scientiae*. Special Issue 2003-2004, 175-91.
- Young, S. (2006), Young, S. (2006). Interactive music technology in early childhood music education. In M. Baroni, et al. (Eds.). *Proceedings of the 9th International Conference on Music Perception and Cognition (ICMPC9)*(pp. 1207-1211). Bologna: Bononia University Press.
- Young S. (2007), Digital technologies, young children, and music education practice, in K. Smithrim-R. Uptis (cur.), *Listen to their Voices*, Waterloo, Ontario, Canadian Music Educator Association, 330-343.
- Young, S. (2008), Giochi musicali tra adulti e bambini, in Addressi A. R. (a cura di), *Educazione al sonoro nella prima infanzia*, numero monografico di *Infanzia*, XXV/2, 107-110.