

Principi elementari per una sonificazione del gesto

Maurizio Goina

Scuola di Musica e Nuove Tecnologie
Conservatorio “Giuseppe Tartini” di Trieste

Pietro Polotti

Dipartimento di Informatica
Università di Verona
Scuola di Musica e Nuove Tecnologie
Conservatorio “Giuseppe Tartini” di Trieste

SOMMARIO

In questo lavoro viene condotta un'indagine sulle relazioni tra gesto e suono per mezzo di una sonificazione elementare del gesto. L'ispirazione per questo lavoro viene dai principi del Bauhaus ed in particolare dalla ricerca di Paul Klee nel campo delle forme e della rappresentazione pittorica. In linea con queste idee, l'obiettivo principale di questo lavoro è quello di ridurre il gesto alla combinazione di un numero essenziale di componenti elementari (gestalt) usati per controllare un insieme di suoni corrispondentemente piccolo. Sulla base di una realizzazione software dimostrativa introduciamo qui una linea di ricerca che è ancora in corso di sviluppo. L'obiettivo futuro è quello di realizzare un nuovo sistema che sia uno strumento atto alla composizione e/o all'improvvisazione, come pure un'interfaccia per la danza interattiva.

Parole Chiave

Bauhaus; Klee; analisi del gesto; sonificazione.

INTRODUZIONE

Questo lavoro si ispira alle affinità tra pensiero del Bauhaus [1] e musica, particolarmente evidenti, per esempio, nell'attività di Paul Klee. Andrew Kagan, nel suo saggio 'Paul Klee, Art and Music', afferma: “fra tutti quelli interessati al rapporto tra musica e pittura nessuno più di Paul Klee dedicò così tanto tempo ed energie, e nessuno ottenne risposte, soluzioni e intuizioni così interessanti” in merito [2]. Klee fu violinista e per un periodo suonò nell'orchestra municipale di Berna, e con altre istituzioni musicali svizzere, come musicista semi-professionista. Ci piace immaginare che la pratica del violino sia stata per Klee una fonte di ispirazione per lo sviluppo dei principi formali della sua pittura, e che le linee e le curve che popolano i suoi quadri fossero in qualche modo collegati alla pratica della condotta dell'arco sulle corde del violino (vedi Figura 1).

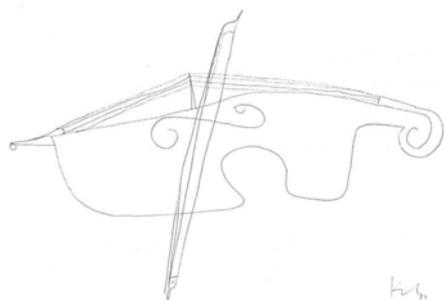


Figura 1. 'Violino ed archetto'. Disegno a matita di Paul Klee [3].

Seguendo gli insegnamenti di Klee, partiamo dal punto (Punkt), che egli chiama l'agente del movimento. Muovendosi, il punto genera delle linee (Linie). Questo concetto è mostrato da Klee nel primo esempio del suo "Pedagogisches Skizzenbuch" (Album pedagogico) [4], un libro concepito come manuale di base per il corso di Teoria del Design al Bauhaus. Il punto è concepito come elemento originante che genera linee e superfici (Fläche). In modo analogo consideriamo un gesto come il prodotto di sequenze di punti, le quali formano strutture che diventano complesse a differenti livelli. L'approccio è sostanzialmente astratto. Anche se la nostra indagine si estende anche all'ambito del visivo, non cerchiamo alcun riferimento a modelli o metafore fisici, come invece è stato fatto in altri lavori (vedi ad esempio [5] e [6]).

Questa ricerca vuole essere il punto di partenza di un lavoro che sembra promettente e che sarà sviluppato ulteriormente in futuro. Come spiegheremo in dettaglio successivamente, la nostra indagine si estende anche all'ambito del visivo. L'obiettivo complessivo è quello di identificare delle forme (gestalt) elementari, intese come strutture percettive/espressive basilari sia visuali che uditive, generate e controllate dal gesto, al fine di definire un mapping efficace (ed indiretto) tra forme e suoni. Qui presentiamo la prima realizzazione di uno strumento dimostrativo, realizzato con Max/MSP/Jitter, che implementa una sonificazione dei gesti generati dai movimenti di una sfera colorata. Nella seconda sezione viene innanzitutto proposta una panoramica dei principi estetici del Bauhaus ed in particolare di Paul Klee, in relazione al nostro lavoro. Nella terza sezione vengono poi definiti dei suoni elementari usati per la sonificazione di due categorie principali di gesti: movimenti in linea retta e movimenti curvi. Nella quarta sezione viene quindi sviluppato il tema delle Forme Elementari per la Sonificazione del Gesto (Elementary Gestalts for Gesture Sonification, EGGS) e viene infine illustrato il prototipo di un sistema basato su tali principi. L'articolo si conclude con una discussione dei possibili sviluppi futuri, alcuni dei quali già in corso d'opera.

KLEE, IL BAUHAUS E I PRINCIPI DEL DESIGN E DELLA PRODUZIONE ARTISTICA

Nel 1921, Klee entrò a far parte della Scuola di Arte ed Architettura Bauhaus, la celebre scuola tedesca degli anni venti, dove insegnò fino al 1931, assieme ad altri importanti artisti come il pittore russo Wassily Kandinsky, l'architetto e designer tedesco Walter Gropius, il pittore tedesco Joseph Albers, il pittore e fotografo ungherese László Moholy Nagy, l'architetto tedesco Mies van der Rohe, il coreografo tedesco Oskar Schlemmer, ed altri. Fondamentalmente, l'insegnamento del Bauhaus promuoveva l'interazione interdisciplinare, e dalla fusione delle competenze delle facoltà fu creato un nuovo campo di studi: il design industriale. Il Bauhaus rappresentò la più importante rivoluzione nell'educazione estetica del

ventesimo secolo [7]: vi si promuoveva l'idea che il linguaggio visivo facesse parte di un linguaggio universale, non figurativo, e spesso venivano fatti dei paralleli con il linguaggio 'universale' della musica (vedi [2], [8], [9] e [10]). In particolare, l'interesse di Klee negli aspetti musicali della pittura ha a che vedere con il ritmo. Nel suo saggio [2] Klee afferma che fu il Cubismo a fornire a Paul Klee le prime solide basi per il suo pensiero musicale-pittorico: "Nell'alternanza tra superfici chiare e scure del Cubismo egli riconobbe un collegamento con il ritmo musicale .../... Durante la sua carriera, Klee continuò a elaborare e a raffinare il concetto di ritmo pittorico". D'altra parte "Klee stesso, particolarmente durante i primi anni della sua carriera, era estremamente cauto nel tracciare analogie tra le arti" e "l'effettiva applicazione da parte di Klee di modelli musicali alla sua arte avvenne solamente attraverso un lentissimo e lunghissimo processo di evoluzione". Inoltre Klee "credeva nell'asserzione di Goethe che colore e suono non possono essere confrontati direttamente .../... ma entrambi sono riferibili ad una formula universale." Questi concetti sembrano perfettamente in linea con le odierne ricerche sulla cross-modalità [11]. Quello che viene perseguito in questa ricerca è l'esplorazione delle caratteristiche della cross-modalità (per esempio la formula universale di Goethe) studiando una versione astratta della terna formata da gesto, suono, immagine. Nel suo Quaderno di schizzi pedagogici, Klee delinea un percorso didattico per i suoi studenti al Bauhaus, ma, allo stesso tempo, presenta i principi generali della sua ricerca artistica. Nella prima parte del libro, Klee introduce la trasformazione del punto statico in dinamiche lineari. Usando le parole della prefazione al quaderno, scritta da Sybil Moholy Nagy, la linea, essendo una sequenza di punti, "si sposta, circonda e crea dei contorni di figure piane passive e delle figure piane attive" (vedi le Figure 2, 3, 4, 5 e 6).

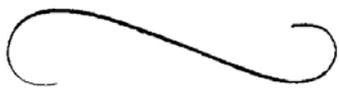


Figura 2. Linea attiva. L'agente è un punto in movimento. Movimento curvilineo. Disegno di Paul Klee [4].



Figura 3. Linea attiva. L'agente è un punto in movimento. Movimento curvilineo. Disegno di Paul Klee [4].

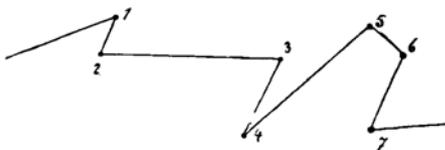


Figura 4. Linea attiva che si muove tra punti definiti. Movimento rettilineo. Disegno di Paul Klee [4].

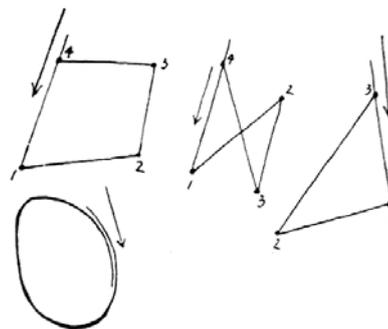


Figura 5. Linea mediale, a metà tra il movimento di un punto e l'effetto di superficie. Il carattere lineare lascia il posto all'idea di superficie. Disegno di Paul Klee [4].

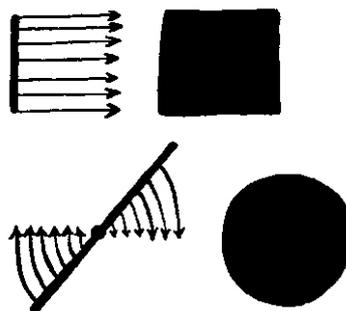


Figura 6. Linee passive che risultano da una superficie attiva. Disegno di Paul Klee [4].

Questo approccio astratto alla rappresentazione visiva è in qualche modo equivalente a quello che si vuole realizzare nel dominio uditivo: liberare il suono dal compito di esprimere e simbolizzare qualche cosa di per sé e dare ad esso una vita autonoma in relazione alla linearità o circolarità del gesto come elementi primi costruttivi.

Klee considerava la musica come un modello maturo per quello che egli voleva realizzare nel campo visivo: considerava "...la grandezza suprema di Mozart, Bach e Beethoven..." come guida per raggiungere "...una egualmente monumentale ed universale arte visiva del futuro..." [2]. Il fine ultimo era "...scoprire le proprietà estetiche generali che potessero essere isolate dai traguardi raggiunti dai titani della musica e quindi tradurre tali scoperte in termini visivi pratici, concreti ed efficaci" [2].

Quello che stiamo cercando di realizzare qui è una sorta di processo inverso, dal gesto al suono, considerando la lezione di Klee sui punti e le linee per definire un nuovo modo di comporre o, potremmo dire, "disegnare" il suono per mezzo del gesto.

VERSO UNA SONIFICAZIONE DEL GESTO PER MEZZO DI SUONI ELEMENTARI

A questo livello della ricerca lo scopo è quello di creare uno strumento virtuale che produca suoni "astratti" passando attraverso un'analisi e classificazione del gesto, dove il gesto è a sua volta concepito in termini astratti. L'obiettivo è quello di cercare relazioni originali tra gesto e suono tramite la ricombinazione di categorie elementari, partendo dal presupposto che non vi sia alcuna relazione necessaria tra gesto e suono. Al contrario, l'obiettivo è di mostrare come sia possibile costruire nuove ed efficaci relazioni tra gesto e suono definendo relazioni astratte secondo un mapping appropriato.

L'idea principale è di definire un numero di componenti elementari di traiettorie riferite al gesto, e di associare a ciascuno di essi una determinata categoria di suoni. In questa sezione vengono esposti i principi adottati ed i risultati preliminari ottenuti.

Gesti elementari

Il nostro agente del movimento, l'equivalente del punto di Klee, è una sfera colorata. Il suo movimento produce linee diritte e curve in uno spazio bidimensionale, le quali controllano la produzione del suono. Klee comincia con un punto su un foglio, l'elemento base, a generare linee e, ad un livello più alto, superfici. In modo simile, qui è la posizione della sfera colorata che genera gesti e quindi suoni. La produzione del suono parte in questo modo dal gesto di chi tiene in mano la sfera. La ricerca sull'analisi e l'interpretazione del gesto è un argomento molto vasto [12]. Un gesto è in relazione diretta con il movimento ed è caricato di significati che hanno a che vedere, oltre che con la dinamica, la forza, l'inerzia, in quanto caratteristiche del movimento, anche con l'espressività. In questo lavoro tutto ciò è messo in secondo piano a favore di un approccio geometrico astratto all'analisi del gesto. A questo stadio, abbiamo deciso di ridurre l'insieme delle componenti del gesto a quello dei segmenti rettilinei e dei segmenti curvilinei. Per mezzo di queste due categorie semplici e molto generiche, scomponiamo il gesto in una sequenza di linee diritte e linee curve. Coerentemente, la sonificazione del gesto sarà una sequenza di suoni corrispondenti alle due categorie gestuali. Questo è il principio geometrico di base che controlla la selezione dell'una o dell'altra famiglia di suoni. Accanto a questa parte astratta, vengono considerati alcuni parametri secondari allo scopo di rendere la risposta sonora più percettivamente coerente con l'evoluzione dinamica del gesto. Ciò è descritto nei paragrafi successivi in modo dettagliato.

Suoni elementari

Come già detto, si vogliono definire due categorie principali di suoni, corrispondenti a movimenti diritti e a movimenti circolari. Al momento vengono usati suoni generati da una semplice sintesi additiva: due armoniche forniscono il "suono lineare" e otto parziali inarmoniche formano il "suono curvilineo". In più, il suono curvilineo produce un glissando veloce e continuo, più precisamente un glissando infinito di Shepard (vedi [13] e [14]). Qui la scelta di un glissando infinito è stata fatta per applicare al suono il concetto di rotazione. Ci sono dei precedenti in questa scelta, per esempio Verfaillie, Quek e Wanderley usano il glissando di Risset per la sonificazione dei movimenti circolari della campana del clarinetto nel loro studio sui movimenti ancillari dell'esecuzione musicale [15].

Nella categoria del suono "circolare" viene poi fatta una ulteriore distinzione, tra rotazione in senso orario e rotazione in senso anti-orario (vedi Tabella 1). Inoltre, delle variazioni dinamiche di parametri di tali suoni astratti, come il pitch e l'intensità, vengono fatti corrispondere alla posizione assoluta, alla velocità ed all'accelerazione del gesto. Questi attributi ci riportano da un mondo totalmente astratto ad un mondo fisico. Ciò è necessario per evitare il rischio di monotonia. L'altezza del suono dipende dalla posizione spaziale assoluta (una posizione più alta nello spazio corrisponde ad un'altezza più alta del suono), e il volume sonoro è in relazione diretta con un valore mediato tra velocità ed accelerazione.

SISTEMA PER UNA SONIFICAZIONE ELEMENTARE

Come già detto, ci siamo soffermati su due tipi di movimento, diritto e curvilineo (vedi Figure 2, 3 e 4), limitando la presente analisi al solo caso bi-dimensionale.

Anche solo con un tale semplice mapping, il suono risultante è tuttavia sorprendentemente ricco ed efficace, ed il sistema rivela inaspettate potenzialità in termini di esplorazione della relazione tra suono e movimento.

quiete	silenzio
movimento curvilineo in senso orario	glissando di Shepard ascendente + glissando semplice, dipendente dall'altezza del punto
movimento curvilineo in senso anti-orario	glissando di Shepard discendente + glissando semplice, dipendente dall'altezza del punto
movimento rettilineo	glissando semplice, dipendente dall'altezza del punto

Tabella 1. Relazione tra movimento e suono (mapping).

Per i nostri scopi abbiamo considerato una serie di sistemi per il riconoscimento del gesto. Per esempio, MnM [16] è un pacchetto incluso nella libreria esterna per Max/MSP FTM [17], e con esso viene fornito un Gesture-Follower (sistema di riconoscimento del gesto) (vedi anche [18] e [19]). Sfortunatamente questo strumento non è adatto per i nostri scopi poiché è concepito per riconoscere bene un singolo oggetto tra molti, mentre quello di cui abbiamo bisogno è di individuare delle caratteristiche astratte inerenti diversi tipi di traiettorie. Il nostro scopo è cioè quello di identificare una caratteristica comune ad infiniti oggetti. MnM necessita di essere istruito con molti singoli oggetti di una stessa famiglia se vogliamo che ne riconosca di simili. Noi invece, focalizzandoci sul gesto, abbiamo voluto trovare un algoritmo comune adatto a tutte le categorie gestuali definite: ad esempio consideriamo cerchi e spirali come oggetti appartenenti alla stessa categoria dei movimenti curvilinei.

Per implementare il sistema di tracking del movimento abbiamo iniziato a provare anche l'utilizzo di cv.jit [20], un pacchetto di oggetti esterni per Max/Msp/Jitter orientato alla computer vision. Sicuramente sfrutteremo le numerose e interessanti funzioni di tali oggetti per gli sviluppi futuri del nostro sistema.

Per l'implementazione attuale abbiamo impiegato Max/MSP/Jitter assieme a Jamoma [21][22]. Jamoma è un tool modulare basato su Max/MSP/Jitter, e serve a costruire velocemente delle patch in Max/MSP/Jitter semplificandone la struttura e abbreviando i tempi di programmazione. Ogni modulo infatti svolge una determinata funzione, dispone di interfaccia grafica che permette una rapida configurazione, ed è facilmente combinabile con altri moduli, oltre ad essere perfettamente inseribile in una normale patch. I due moduli qui impiegati sono jmod.input%, che gestisce l'input della telecamera, e jmod.motion% che calcola i parametri del movimento (vedi figura 7).

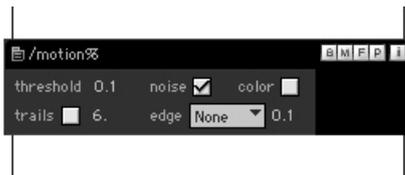


Figura 7. Uno dei moduli di Jamoma, il jmod.motion%.

Il nostro sistema realizza il tracking del colore mediante la combinazione di due tecniche: dapprima viene applicato un chromakey all'immagine catturata dalla camera, in maniera da selezionare il colore della sfera che usiamo per generare il gesto. Poi l'immagine viene trasformata in forma binaria, tenendo solo l'informazione di quali sono i pixel del colore selezionato. Infine vengono selezionate e tracciate solamente le parti in movimento di quel colore (tramite jmod.motion%). Si ottiene così che anche se sullo sfondo c'è qualche altro oggetto statico dello stesso colore, oppure anche qualche oggetto in movimento ma di un colore diverso, questi non vanno ad influire sul tracking della nostra sfera.

I dati spaziali così raccolti, concernenti il gesto, vengono elaborati in tempo reale in maniera da restituire cinque valori. Il primo va da 0 a 3 a seconda che ci sia quiete (nessun movimento), movimento curvilineo in senso anti-orario (Figura 9), movimento rettilineo (Figura 8), movimento curvilineo in senso orario (vedi Tabella 1). Il secondo valore è la velocità scalare del gesto. Il terzo è l'angolo, in radianti, del vettore velocità, calcolato rispetto all'origine. Il quarto valore è l'angolo totale, in radianti, calcolato dall'inizio di ogni sessione; quest'ultimo parametro è utile per avere un valore angolare che vari in maniera continua, senza il salto del valore di 2π che altrimenti si avrebbe tra la fine di un angolo giro e l'inizio del seguente.

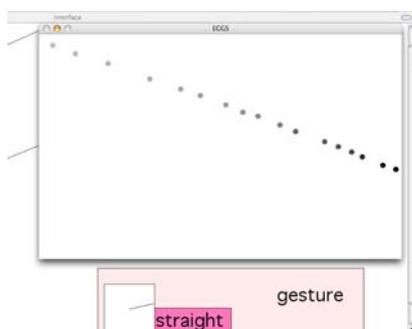


Figura 8. Riconoscimento e classificazione della traiettoria: movimento rettilineo.

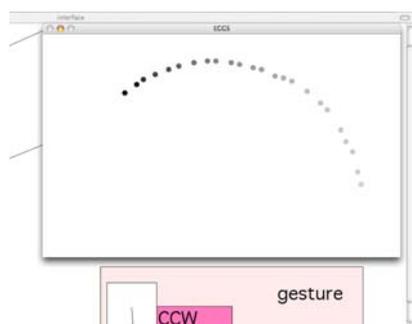


Figura 9. Riconoscimento e classificazione della traiettoria: movimento curvilineo anti-orario.

Da un punto di vista tecnico, la distinzione tra movimenti rettilinei e curvilinei è ottenuta misurando la variazione dell'angolo dei due segmenti definiti da 3 punti consecutivi (Figure 10 e 11), cioè l'accelerazione centripeta del moto.

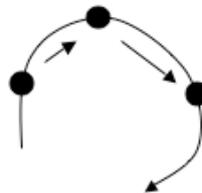


Figura 10. Tre punti consecutivi vengono impiegati per calcolare il tipo di moto.

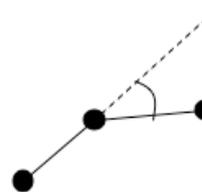


Figura 11. Deviazione angolare (accelerazione centripeta del moto).

Una variazione (in valore assoluto) prossima allo zero (o vicina al valore di mezzo angolo giro π) è classificata come traiettoria rettilinea, altrimenti viene classificata come traiettoria curvilinea.

POTENZIALITÀ PERFORMATIVE E SVILUPPI FUTURI

Ispirandoci agli esempi pittorici di Klee, dove le immagini vengono formate a partire da elementi semplici (come ad esempio nell'esempio pittorico delle Figure 12 e 13), abbiamo iniziato a realizzare una polifonia a due voci, tracciando il movimento di due sfere colorate diversamente. In futuro le voci potrebbero essere più di due, e si potrebbe ad esempio fare il tracking di più punti del corpo di un performer, il quale danzando potrebbe creare da solo delle situazioni sonore polifoniche.



Figura 12. "Häuser in der Landschaft" (Case nel paesaggio). Dipinto di Paul Klee [3].

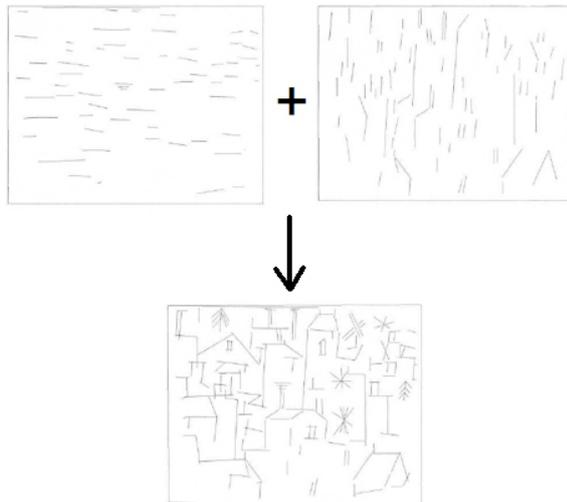


Figura 13. Analisi di “Häuser in der Landschaft” [3]. Polifonia.

Ancora una volta ci siamo ispirati a Klee ed abbiamo iniziato ad implementare i suoi principi di formazione delle figure piane a partire da elementi semplici (Figure 5 e 6). In questo caso abbiamo usato i nostri “mattoni” elementari, i segmenti rettilinei ed i segmenti curvilinei, per definire dei gesti composti che vanno a formare figure piane, per ora limitate a cerchi e triangoli.

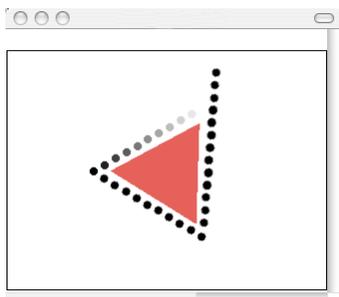


Figura 14. Il sistema riconosce un triangolo.

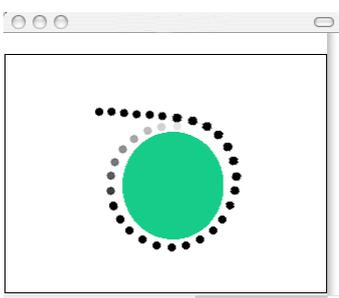


Figura 15. Il sistema riconosce un cerchio.

Quando una spezzata di retta si chiude a formare un triangolo il sistema lo riconosce come tale, lo sonifica e lo visualizza (vedi Figura 14). Lo stesso vale per un tratto di traiettoria circolare, che quando compie un giro completo viene riconosciuto come cerchio (vedi Figura 15). In futuro vogliamo estendere questo insieme di sub-categorie anche ad altre figure piane derivate dai segmenti elementari rettilinei e curvilinei, e cioè ad altre poligonali, ellissi, figure a otto,

spirali, ecc., da essere associate a suoni appropriati. Questo costituisce un primo passo in questa ricerca di gestalt elementari che abbiano una valenza cross-modale, ovvero a cavallo tra il visuale e l’uditivo.

Quello presentato è anche un primo e semplice sistema performativo. Sono concepibili molte altre possibilità in termini di articolazione delle combinazioni e di mapping elementare. Ad esempio, stiamo sperimentando un semplice processo di accumulazione, gestito da momenti di movimento e momenti di quiete: l’inizio della quiete è il segnale di partenza di un processo di ricomposizione che utilizza quanto generato e registrato nei momenti di moto. Il serrato alternarsi di movimenti e di momenti di quiete crea così delle situazioni polifoniche, anche utilizzando un unico punto generatore, in cui ogni ripresa viene disattivata automaticamente a tempo.

Inoltre, come in ogni attività musicale, il tema dell’apprendimento è fondamentale. L’esercizio è importante per capire le possibilità dello strumento ed ottenere risultati rilevanti. Allo stesso tempo non è richiesta all’esecutore un’abilità tecnica avanzata in quanto anche gesti semplici producono una sonificazione significativa. Inoltre, come già anticipato, seguendo ancora una volta gli insegnamenti di Klee e del Bauhaus, ed il paradigma “Punkt, Linie, Fläche” (punto, linea, piano), stiamo lavorando ad un’estensione del sistema per definire anche la sonificazione del piano. Da un punto di vista del suono, questo corrisponderà ad una texture sonora. Più in generale, nel futuro vorremmo anche sviluppare l’idea di usare il gesto come controllo sia per la generazione di suono che di immagini, come già in parte fatto con i triangoli e i cerchi. Si possono immaginare tre modi di mappare suoni con immagini: dal suono all’immagine, dall’immagine al suono, e la contemporanea generazione di suono e immagini. Con il sistema qui proposto, l’obiettivo finale sarebbe di cercare una nuova relazione tra suono ed immagine per mezzo della ricombinazione di categorie astratte controllate dal gesto. L’intenzione è di scoprire se la definizione di categorie astratte del gesto e la definizione di un mapping efficace ed indipendente sia per la generazione del suono che per quella dell’immagine rivelerà inaspettate relazioni tra immagini e suoni. Un tale sistema potrebbe essere usato per una ricerca di tipo artistico sui domini cross-modal e multi-modal, in particolare nell’ambito audiovisivo. Si può immaginare la possibilità di usare il sistema nelle arti performative e nella danza interattiva. In questo modo un danzatore, diventando un compositore audio-visivo, sarebbe l’esecutore ideale di uno strumento capace di rivelare nuove relazioni tra ascolto e visione.

RIFERIMENTI

1. Andrew Kennedy. *Bauhaus*. Flame Tree Publishing, London, 2006.
2. Andrew Kagan. *Paul Klee, Art & Music*. Cornell University Press, Ithaca and London, 1987.
3. Paul Klee. *Teoria della Forma e della Figurazione*, trad. Mario Spagnol e Francesco Saba Sardi. Feltrinelli, Milano, 1984.
4. Paul Klee. *Pedagogical Sketchbook*, trans. Sibyl Moholy-Nagy. Frederick A. Praeger, New York, 1965.
5. Claude Cadoz, Annie Luciani, and Jean-Loup Florens. ‘Artistic creation and computer interactive multisensory simulation force feedback gesture transducers’. In *Proc. Conf. on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, pages 235–246, Montreal, Canada, May 2003.
6. Davide Rocchesso and Federico Fontana, editors. *The Sounding Object*. Mondo Estremo, Firenze, 2003.

7. Murray Schafer. *The Soundscape: Our Sonic Environment and the Tuning of the World*. Destiny Books, Rochester, Vermont, 1977.
8. Pierre Boulez. *Il paese fertile: Paul Klee e la musica*. Abscondita, Milano, 2004.
9. Wassily Kandinsky. *Point and Line to Plane*. Dover, New York, 1979.
10. Isabella Simonini. 'Storia del Basic Design', in Giovanni Anceschi, Massimo Botta e Maria Amata Garito, *L'ambiente dell'apprendimento - Web design e processi cognitivi*. McGraw Hill, Milano, Italia, 2006.
11. Antonio Camurri, Carlo Drioli, Barbara Mazzarino, and Gualtiero Volpe, 'Controlling Sound with Senses: multimodal and crossmodal approaches to control of interactive systems'. In Pietro Polotti and Davide Rocchesso, eds. *Sound to Sense, Sense to Sound. A State of the Art in Sound and Music Computing*. Logos Verlag, Berlin, 2008.
12. Antonio Camurri. and Gualtiero Volpe, eds., *Gesture-based Communication in Human-Computer Interaction, LNAI 2915*, Springer Verlag, February 2004.
13. http://en.wikipedia.org/wiki/Shepard_tone
14. Curtis Roads. *Computer Music Tutorial*. The MIT Press, Massachusetts, 1996.
15. Vincent Verfaillie, Oswald Quek, Marcelo M. Wanderley. 'Sonification of musicians' ancillary gestures'. In *Proceedings of the 12th International Conference on Auditory Display, London, UK June 20 - 23, 2006*.
16. Frederic Bevilacqua, Remy Mueller and Norbert Schnell. 'MnM: a Max/MSP mapping toolbox', in *Proceedings of the New Interfaces for Musical Expression Conference, NIME, Vancouver, Canada, 2005*.
17. Norbert Schnell, Riccardo Borghesi, Diemo Schwarz, Frederic Bevilacqua, Remy Muller. 2005. 'FTM – Complex Data Structures for Max.' *Proc. of ICMC 2005*. International Computer Music Association. Barcelona, Spain.
18. http://ftm.ircam.fr/index.php/Gesture_Follower
19. Frederic Bevilacqua, Fabrice Guédy, Norbert Schnell, Emmanuel Fléty, Nicolas Leroy. 'Wireless sensor interface and gesture-follower for music pedagogy.' In *Proceedings of the 2007 Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME07), New York, NY, USA*.
20. <http://www.iamas.ac.jp/~jovan02/cv/>
21. <http://jamoma.org/>
22. Tim Place and Trond Lossius. 'Jamoma: a modular standard for structuring patches in Max', in *Proceedings of the International Computer Music Conference 2006*.