



**Discorso inaugurale del socio Giovanni Marchesini  
per l'anno 2010-2011 (412°)**

**MUSICA, RICERCA E TECNOLOGIA:  
IL CICLO VIRTUOSO DELLA CREATIVITÀ**

NICOLA BERNARDINI

Conservatorio "C. Pollini" di Padova

SERGIO CANAZZA, GIOVANNI DE POLI

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Padova

ALVISE VIDOLIN

Centro di Sonologia Computazionale, Università di Padova

Il ciclo *musica - ricerca scientifica - tecnologia* ha le sue radici in due diverse fonti: quella antichissima della matematica e delle scienze naturali, e quella più recente dell'ingegneria dell'informazione. Per la portata dei cambiamenti determinati dallo sviluppo delle tecnologie dell'informazione e dei sistemi di comunicazione negli ultimi sessant'anni, è particolarmente interessante prendere in considerazione questo periodo storico.

## 1. MUSICA ELETTRONICA E SUONO ELETTRONICO

Accade spesso di sentir parlare di *musica elettronica*. Questo termine nasconde numerose ambiguità che sarà opportuno chiarire prima di affrontare l'argomento.

Spesso la musica elettronica è confusa con il *suono elettronico*, ovvero con segnali audio prodotti attraverso tecnologie riconducibili all'elettronica. Oggi le sorgenti sonore elettroniche che riempiono le nostre quotidianità sono talmente tante – e continue – da formare un

sottofondo di cui ormai non ci accorgiamo neppure. Telefoni cellulari, suonerie, allarmi, messaggi automatici e avvisatori acustici sono parte integrante del panorama sonoro nel quale, volenti o nolenti, viviamo. Naturalmente, questi suoni hanno scarse relazioni con la musica elettronica: le tecnologie possono essere le stesse, ma i contenuti sono molto diversi. Va anche detto però che in alcuni casi il suono elettronico utilizza elementi riconducibili ai lunghi primordi della musica elettronica, come nel caso dei brani realizzati al computer negli anni Sessanta da Pietro Grossi – paragonabili alla suoneria di un telefono cellulare, forse un po' datato, ma comunque posteriore di una trentina d'anni rispetto agli esperimenti di Grossi.

Un altro elemento di confusione riguarda le modalità di produzione. Spesso accade che venga definita *elettronica* qualsiasi musica prodotta con tecnologie elettroniche. Il fatto è che oggi gran parte della musica di consumo è prodotta utilizzando questa tecnologia. L'esempio più immediato è costituito da una versione tecnologica del *one man band* (versione moderna del musicista di strada che suona tutti gli strumenti con una qualche parte del corpo), che spesso si vede nei piano bar manovrare una piccola panoplia di strumenti elettronici in grado di simulare un'intera orchestra e che trovano posto sul leggio del pianoforte o all'interno di una tastiera. Anche il karaoke è un esempio di utilizzazione di tecnologie elettroniche affatto triviali che costituiscono una versione moderna del *music minus one* di mezzo secolo fa: in questo caso, l'accompagnamento del cantante dilettante è realizzato in modo completamente elettronico e in grado di adattarsi istantaneamente alla gamma vocale e alle capacità dell'interprete. Esistono anche innumerevoli esempi di prodotti discografici molto sofisticati che vengono realizzati in studio da poche persone. Persino la musica classica viene spesso registrata oggi con modalità completamente diverse da quelle di trenta anni fa grazie alle tecnologie digitali: dalle diverse prove di esecuzione, vengono estratti piccoli frammenti sonori, i quali vengono poi uniti insieme per mezzo di un minuzioso lavoro di montaggio. Gli equilibri delle parti vengono stabiliti a posteriori rimodulando la dinamica secondo i voleri del direttore (e spesso anche dei produttori). In questo senso, la registrazione di un brano classico assomiglia più alla lavorazione di un film che alla ripresa di un'esecuzione teatrale.

Tutto questo non ha nulla a che vedere con la musica elettronica che potremmo definire di ricerca. Questi esempi riguardano infatti un uso del mezzo tecnologico per imitare e surrogare forme e strumenti tradizionali. La musica elettronica di ricerca, invece, è stata concepita per realizzare nuove forme ed espressioni musicali attraverso l'uso di

nuovi mezzi tecnologici; forme ed espressioni che non erano attuabili e nemmeno concepibili con i mezzi musicali tradizionali.

Come sappiamo, quando parliamo di musica parliamo di note, di ritmo, di dinamiche, di timbro, e così via. Questi elementi sono ovviamente collegati a parametri fisici precisi (anche se la relazione è resa complessa dai fenomeni percettivi): la frequenza per le note, il tempo per il ritmo, l'energia per la dinamica, lo spettro per il timbro. La musica tradizionale ha, nel corso dei secoli, segmentato gli spazi fisici in cui si muovono questi parametri: esiste un numero finito di note nello spazio infinito delle frequenze, le suddivisioni del tempo non usano la continuità di quest'ultimo nel ritmo, la dinamica è fatta di *pianissimo*, *mezzoforte*, ecc., con poche altre sfumature; infine, il timbro è indissolubilmente legato agli strumenti musicali, e con essi si identifica. Non esistono timbri *intermedi* tra due strumenti musicali diversi, anche se lo spazio spettrale è continuo. Questa segmentazione è legata alle necessità dei linguaggi musicali, inizialmente semplici, alle restrizioni collegate alla meccanica degli strumenti e alle limitazioni intrinseche degli esseri umani che li suonano. Naturalmente, la segmentazione ha portato con sé anche una serie di convenzioni musicali che sono state via via adottate, per allentare questi vincoli, in linguaggi in evoluzione perenne. E anche vero, però, che su questa segmentazione si è cristallizzato l'impianto cognitivo degli ascoltatori, ovvero la loro capacità di ascoltare e mediare tra la rassicurante presenza di ciò che è già conosciuto e la necessaria introduzione di nuovi elementi linguistici ed espressivi.

Di converso, i suoni della musica elettronica non sono costretti dai vincoli sopracitati. Essi si muovono in spazi continui che il compositore può delimitare e segmentare come crede e vanno quindi in forma continua dalle primitive più elementari (onda sinusoidale, impulso, rumore bianco) sino a loro combinazioni ed elaborazioni anche molto complesse. Anche suoni registrati dal mondo reale possono essere trasformati in senso musicale e integrati nell'universo sonoro elettronico, come per esempio la voce nel *Gesang der Jünglinge* (1955-56) di Karlheinz Stockhausen, la cui prima pagina della partitura è riprodotta in Figura 1, o la voce e le campane nel *Mortuos Plango, Vivos Voco* (1980) di Jonathan Harvey.

Va detto che l'abbattimento di questi vincoli tradizionali della musica occidentale non è stata un'operazione fine a se stessa: è facile mostrare – come vedremo – che da molto tempo i compositori cercavano di liberarsene per appropriarsi di potenziali espressivi difficilmente accessibili con gli strumenti tradizionali. Si pensi, ad esempio, alle esplorazioni compiute (tra gli altri) da Béla Bartók negli spazi frequenziali attraverso spettacolari combinazioni orchestrali – come nella

FIG. 1 - Prima pagina della partitura di *Gesang der Jünglinge* di Karlheinz Stockhausen.

FIG. 2 - Pagina 69 della partitura di *Musica per archi, percussioni e celesta* di Béla Bartók.

celebre *Musica per archi, percussioni e celesta* (1936), di cui la Figura 2 riporta una pagina della partitura, in questo senso particolarmente rappresentativa.

Già agli inizi del secolo scorso, il famoso pianista e compositore Ferruccio Busoni (1866-1924) scriveva: «[...] gli strumenti sembrano incatenati alla loro estensione, al loro timbro, alla loro possibilità di esecuzione, e le loro cento catene legano necessariamente anche chi vuol creare». <sup>1</sup> Ma oltre a liberare la musica dai vincoli imposti dai limiti fisici e meccanici della natura, la nascita della musica elettronica rivoluziona anche le modalità di produzione della musica stessa: il compositore, oltre a comporre, diventa il liutaio, l'interprete e l'esecutore del prodotto finito, generalmente memorizzato su nastro magnetico (la Figura 3 mostra un momento del lavoro di Bruno Maderna e Luciano Berio nella realizzazione di un'opera su nastro magnetico), il quale si configura come un unicum (Figura 4) al pari di prodotti di altre forme artistiche (quadro, scultura, ecc.). La musica cambia quindi di categoria artistica: per utilizzare una celebre suddivisione prodotta dal filosofo dell'estetica Nelson Goodman, la musica elettronica non è più un'arte allografica (vale a dire un'arte che si esplica attraverso il contributo di più attori – nel caso della musica compositore e interprete), ma diventa un'arte autografica (cioè un'arte in cui c'è un prodotto finito e completo in se stesso al termine del processo di creazione).<sup>2</sup> Il primo periodo della musica elettronica produce una fioritura di lavori (talvolta veri capolavori) senza partitura scritta – esiste solo il nastro magnetico. L'*interpretazione* di questi lavori non è più quella tradizionale, nella quale si fa ricorso a uno o più musicisti per l'esecuzione di una partitura; essa si sposta invece verso la *proiezione* in sala da parte di un regista del suono sfruttando o meno le caratteristiche di quest'ultima – una sorta di parallelo con l'esposizione di un quadro in una mostra, dove la fruizione cambia in base alle condizioni di illuminazione e alla disposizione della sala. Persino l'unicità dell'opera di musica elettronica assume le problematiche di quelle delle arti visive, quali l'attribuzione e la generazione di versioni diverse.

---

(<sup>1</sup>) Busoni non fu solo un compositore di prima grandezza, ma anche un teorizzatore musicale e precursore (nell'immaginarla) della musica elettronica nel *Saggio di una nuova estetica musicale* (1906, Schmidl, Trieste).

(<sup>2</sup>) In *Languages of Art. An Approach to a Theory of Symbols* (Bobbs-Merrill, Indianapolis, 1968), attraverso la distinzione tra autografico e allografico, Goodman non solo distingue le riproduzioni dalle repliche e le opere *falsificabili* da quelle costitutivamente *infalsificabili*, ma affronta il problema del rapporto di identità-differenza tra opera e oggetto e tra opera e testo.

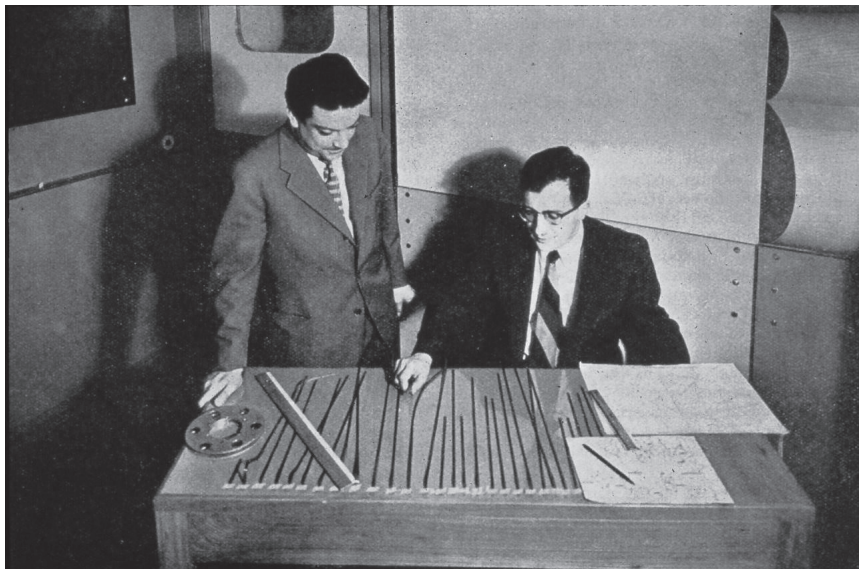


FIG. 3 - Bruno Maderna e Luciano Berio nello Studio di Fonologia RAI di Milano.

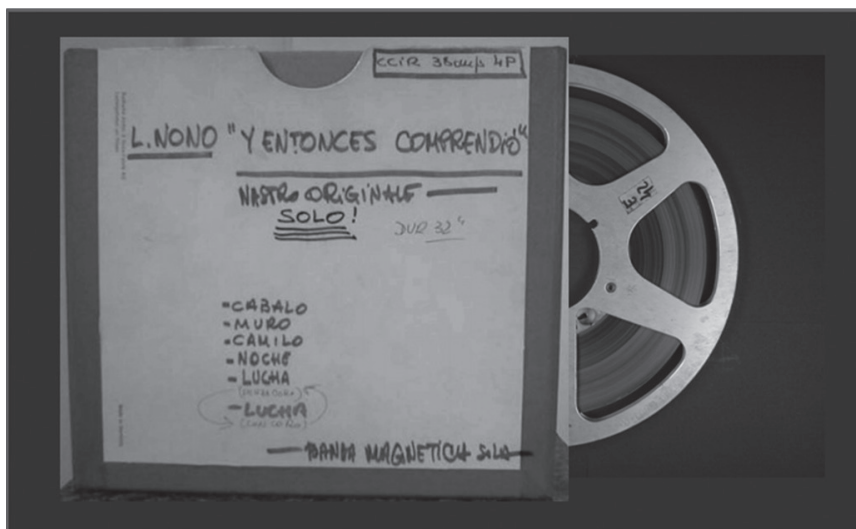


FIG. 4 - Il nastro magnetico di *Y entonces comprendió* (1970), opera per sei voci femminili e nastro magnetico di Luigi Nono.

## 2. COME NASCE LA MUSICA ELETTRONICA

La musica elettronica nasce subito dopo il secondo conflitto mondiale, a più di mezzo secolo dall'invenzione del fonografo e della lampadina. Questo intervallo di tempo vede una discreta quantità di strumenti musicali che usano in maniere diverse l'elettricità per produrre suoni. Questi dispositivi, denominati elettrofoni, costituiscono la produzione di inventori più o meno slegati dalle necessità compositive dell'epoca; essi tendono a sostituire gli strumenti meccanici nelle loro funzioni consuete più che ad aprire nuovi orizzonti espressivi. Si pensi al più famoso di tutti, l'organo *Hammond* (Figura 5): il suo successo è legato alla possibilità (assolutamente straordinaria all'epoca), di avere un surrogato dell'organo a canne in ogni casa. Anche le sperimentazioni più ardite sono state relegate alla semplice replica di funzioni convenzionali. Un esempio significativo di questo approccio è il *theremin*, uno strumento rivoluzionario che si suona con i soli gesti delle mani – senza contatto fisico – il quale è stato però prevalentemente utilizzato per imitare il canto monodico. La Figura 6 mostra il *theremin* suonato dal suo inventore, Lev Sergeivitch Termen.



Fig. 5 - Un'immagine pubblicitaria dell'organo Hammond.



FIG. 6 - Lev Sergeivitch Termen al *theremin*.

Nel contempo sul versante musicale si assiste allo sviluppo vertiginoso di una ricerca che mette in discussione tutte le pratiche compositive ed esecutive utilizzate fino ad allora. Non è certo solo la dodecafonia a mettere in crisi le funzioni armoniche: lo stesso Schönberg pone una particolare attenzione al timbro, come testimoniano le *Farbenmelodien* (melodie di colori – ossia di timbri) del terzo dei suoi cinque pezzi per orchestra op. 16, oppure l'invenzione dello *Sprechgesang*, il cantato/parlato dell'attrice nel *Pierrot Lunaire*. Molti altri sperimentano nuovi paradigmi in questo fortunato periodo compositivo: tra tutti, vale la pena di citare Edgard Varèse, vero pioniere e visionario di una *nuova musica*. Pur con premesse completamente diverse, anche i Futuristi italiani (Marinetti, Russolo, Pratella) partecipano a pieno titolo a questo fervore d'invenzione, creando nuovi strumenti (i celebri *intonarumori*, Figura 7) e nuove forme musicali.

Nonostante tutto ciò, nella prima metà del ventesimo secolo i contatti tra ricerca musicale e ricerca scientifica e tecnologica sono assolutamente saltuari, legati alle curiosità dei singoli (come l'interesse di Hindemith per il *trautonium* suonato dal suo amico Oskar Sala) più che a precise necessità espressive. La tecnologia elettrica ed elettronica è ancora molto lontana da ciò che stanno cominciando a immaginare i compositori. Nel 1917, Varèse esclama: «Je rêve les instruments

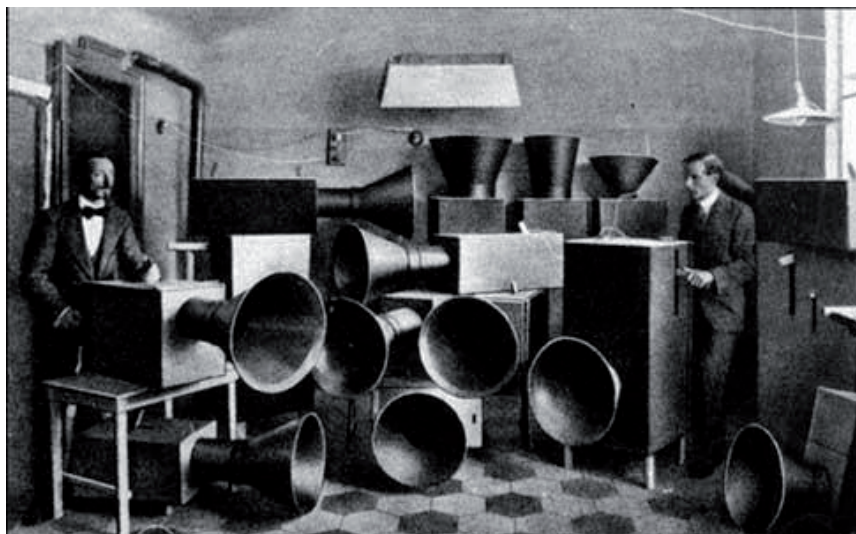


Fig. 7 - Luigi Russolo e Ugo Piatti con l'orchestra di *intonarumori*.

obéissant à la pensée et qui, avec l'apport d'une floraison de timbres insoupçonnés, se prêtent aux combinaisons qu'il me plaira de leur imposer et se plient à l'exigence de mon rythme intérieur». <sup>3</sup> Questa utopia, che accompagna Varèse durante tutta la sua vita, è l'anelito della conquista di nuovi spazi e territori espressivi: in verità, la musica fugge sempre in avanti richiedendo nuovi contenuti e proponendo nuovi problemi – ciò che è interessante in questo caso è che Varèse si riferisce chiaramente a *nuovi strumenti*: egli sente il bisogno urgente dell'introduzione di nuove tecnologie e ne percepisce la portata anche nello stato primordiale in cui si trovano.

È il secondo conflitto mondiale, nei suoi tragici sviluppi, a creare il salto tecnologico necessario ai compositori. Il mondo occidentale esce dal conflitto con le radiofonie di stato come nuovo polo di aggregazione culturale e in particolar modo musicale. Inizia a diffondersi anche il nastro magnetico e nascono gli elaboratori elettronici. Alcuni giovani compositori si trovano a lavorare nelle sedi delle emittenti nazionali come programmisti e creatori di interventi musicali estemporanei.

(<sup>3</sup>) «Sogno strumenti obbedienti al pensiero i quali, con l'apporto di un'inedita fioritura di timbri, si prestino alle combinazioni che vorrò imporre loro e si pieghino alle esigenze del mio ritmo interiore», Edgard Varèse. *Ecrits*. Christian Bourgois, Ed. Paris, 1983 (trad. it. *Il Suono Organizzato*, Ricordi/Unicopli, Milano 1985).

Vengono a contatto con le nuove tecnologie nei laboratori di misure interni a ciascuna stazione radiofonica e cominciano a usare (spesso abusare di) queste tecnologie a fini musicali. Usano gli oscillatori di taratura, filtri e modulatori combinandoli con la registrazione su piccoli frammenti di nastro magnetico (Figura 3). Questi frammenti vengono incollati insieme dando luogo a nuove e inedite combinazioni sonore. È nata la musica elettronica.

Gli esperimenti dei compositori suscitano l'interesse dei dirigenti delle emittenti radiofoniche i quali promuovono la realizzazione di *studi di musica elettronica* come elementi di prestigio di questo nuovo *palcoscenico distribuito* che è la radiofonia. Nascono così gli studi di Parigi, Colonia, Milano (Figura 8), Princeton, Varsavia, Tokio, ecc. Naturalmente, ciascuno di questi studi ha le proprie specificità e fa storia a sé. Ma tutti concorrono alla creazione di questa nuova forma d'arte che è la musica elettronica e che si sviluppa rapidamente in ambito funzionale radiofonico e cinematografico (Mathews, 1969; Pousseur, 1976).

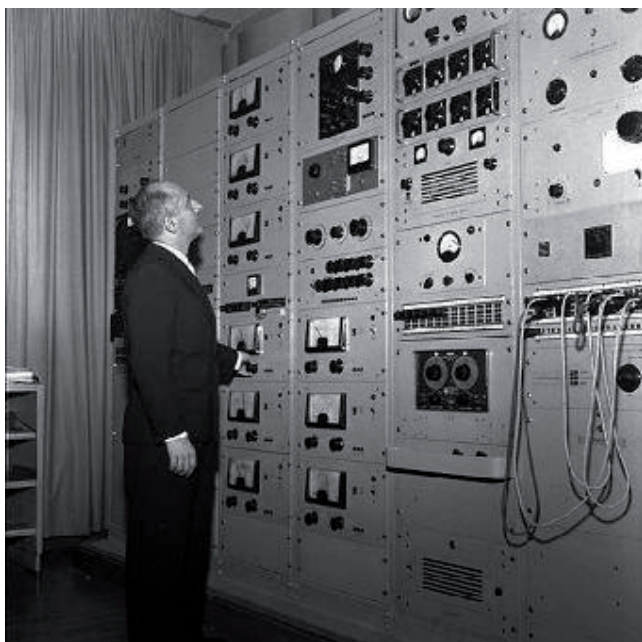


FIG. 8 - Lo Studio di Fonologia RAI di Milano. L'equipaggiamento elettrofono dello Studio fu artigianalmente costruito in laboratorio dal fisico Alfredo Lietti (ritratto nella foto): era perciò costituito da pezzi unici, con caratteristiche e funzioni non riscontrabili negli apparati tecnici disponibili allora in commercio.

L'attenzione verso le nuove possibilità musicali legate alle tecnologie elettroniche non rimarrà confinata nelle stazioni radiofoniche. A Padova, per esempio, Teresa Rampazzi (Figura 9) coglie immediatamente l'importanza delle nuove idee della musica elettronica. Sull'onda delle effervescenti attività del gruppo *N* (un gruppo di artisti dedicati al design sulla base di premesse innovative) si fa promotrice del gruppo *Nuove Proposte Sonore* (NPS) nel 1965. Pochi anni dopo diventerà, grazie all'entusiasmo dell'allora direttore Wolfgang Dalla Vecchia, docente – sempre a Padova – di uno dei primi corsi di musica elettronica attivati nei conservatori di stato. Sul piano della ricerca, nel 1957 Giovanni Battista Debiasi aveva realizzato all'Università di Padova un organo basato su un sistema fotoelettronico di generazione dei suoni (coperto dai brevetti italiano, del 1957, e tedesco *Lichttonorgel*, del 1960). Un modello sperimentale fu pubblicamente presentato a una conferenza per l'Associazione Elettrotecnica Italiana, con l'esecuzione di brani musicali a cura di Wolfgang Dalla Vecchia, a cui lo strumento ricordava i timbri di un organo barocco. Questo è stato il primo passo della ricerca multidisciplinare tra ingegneria elettrica/elettronica e la musica a Padova.

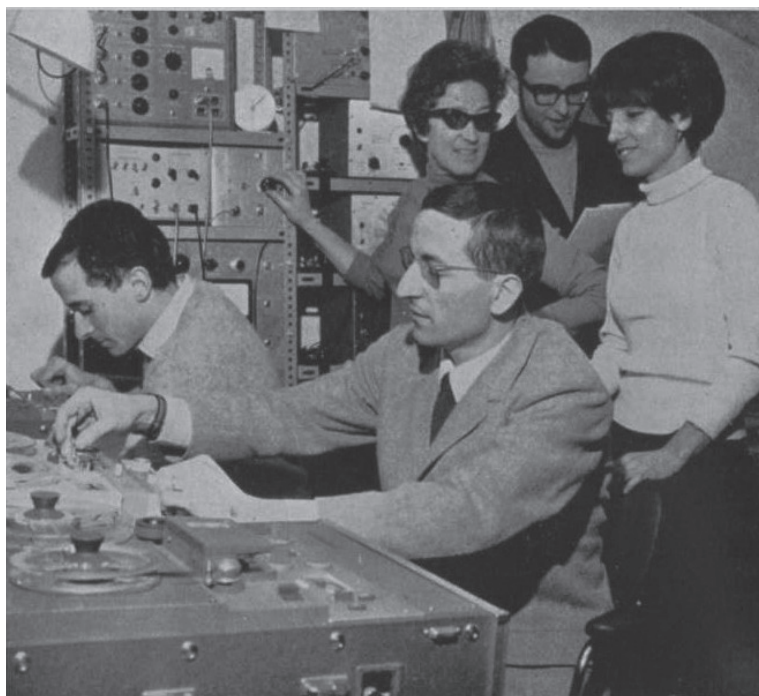


Fig. 9 - Teresa Rampazzi (con gli occhiali scuri) assieme a Ennio Chiggio e altri.

## 2.1 Dall'analogico al digitale

Se è vero che la musica elettronica nasce e si sviluppa con la radiofonia, in altri ambiti – sostanzialmente quelli dei centri di ricerca della telefonia e delle università – progrediscono le tecnologie informatiche legate al suono e alla musica. Negli anni Settanta i compositori scoprono le potenzialità dell'informatica e adottano l'elaboratore elettronico come naturale evoluzione dello strumentario analogico sviluppato negli studi radiofonici (Roads, 1996).

Nascono così, sempre sotto la spinta dei compositori, i centri di *computer music*. I più famosi sono il *Center for Computer Research in Music and Acoustics* (CCRMA) di Stanford, l'*Institut de Recherche et Création Acoustique/Musique* (IRCAM) di Parigi, e il *Centro di Sonologia Computazionale* (CSC) di Padova. Uno dei tratti distintivi e innovativi di questi centri è l'interdipendenza tra ricerca scientifica, produzione musicale e didattica. I compositori e gli scienziati hanno capito che l'unico percorso possibile per arrivare a risultati di rilievo è quello di lavorare insieme, coniugando le esigenze compositive con il rigore della ricerca scientifica. Naturalmente, i risultati non sono soltanto musicali: dobbiamo a questi centri (e ad altri simili a essi) un approfondimento vertiginoso delle conoscenze in ambito acustico e psicoacustico. È al loro interno che si pongono le premesse per alcune grandi innovazioni tecnologiche che fanno ormai parte del nostro quotidiano: Compact Disc, mp3, iPod, Dolby Digital Surround, ecc.

La rapida evoluzione conosciuta dai calcolatori elettronici nella seconda metà del secolo scorso porta a ridurre il tempo necessario per l'elaborazione dei suoni a un intervallo impercettibile, consentendo di recuperare il rapporto interprete–strumento musicale (informatico, in questo caso) e reintroducendo quindi la causalità tra gesto e suono tipica del musicista con il suo strumento. Questa evoluzione permette di integrare il mezzo elettronico negli organici tradizionali, mescolando così liberamente il suono degli strumenti meccanici con elaborazioni sonore generate sul momento: nasce la figura dell'interprete del *live-electronics*. L'informatica permette di controllare i singoli processi (sintesi ed elaborazione del suono) a un livello più astratto di quello raggiungibile con gli equipaggiamenti elettrofoni degli anni Sessanta (generalmente basati sul controllo in tensione). Così come un pilota d'aereo manovra dalla sua plancia – durante il volo – tutti gli equipaggiamenti (meccanici ed elettronici) del velivolo e come il direttore d'orchestra controlla mediante la gestualità – durante il concerto – l'esecuzione dei diversi musicisti, così l'interprete di *live-electronics* elabora mediante calcolatori elettronici appositamente programmati

e interfacce uomo-macchina più o meno evolute – durante la performance – il segnale audio prodotto dagli altri musicisti. Anche in questa fase il CSC di Padova riveste un ruolo pionieristico, ricevendo in dono da Giuseppe di Giugno (il fisico creatore dei primi processori di suoni in tempo reale dell'IRCAM di Parigi) il sistema di elaborazione *4i* (Figura 10) quale riconoscimento del contributo del centro italiano alla ricerca in questo ambito. Grazie a questo processore e alle ricerche messe in atto con esso, il CSC diventa un protagonista dell'opera *Prometeo* di Luigi Nono (Biennale di Venezia, 1984; Teatro alla Scala, 1985) e dell'opera *Perseo e Andromeda* di Salvatore Sciarrino (Staatstheater Stuttgart, 1991; Teatro Alla Scala, 1992). In relazione al *Prometeo*, la Figura 11 mostra la struttura progettata da Renzo Piano in chiesa San Lorenzo (Venezia); in Figura 12 si può ammirare lo spazio di esecuzione nella stessa chiesa (12a: modello; 12b: foto dell'ambiente reale durante l'esecuzione) e la disposizione della regia del suono in Figura 13.

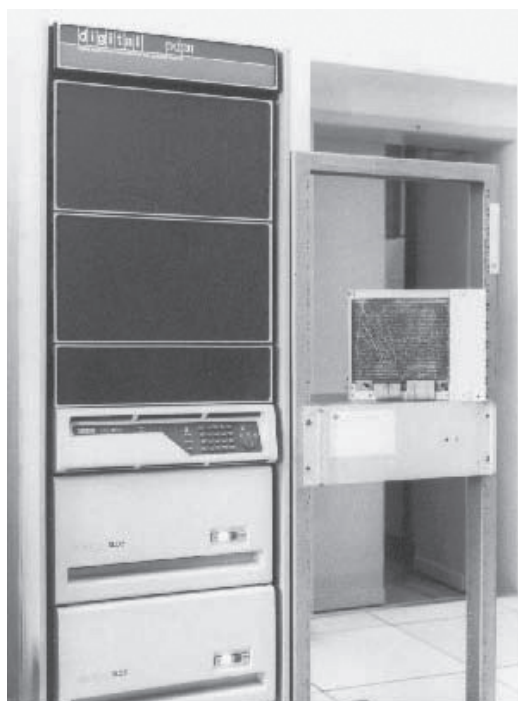


FIG. 10 - Il sistema *4i* al CSC (1983).

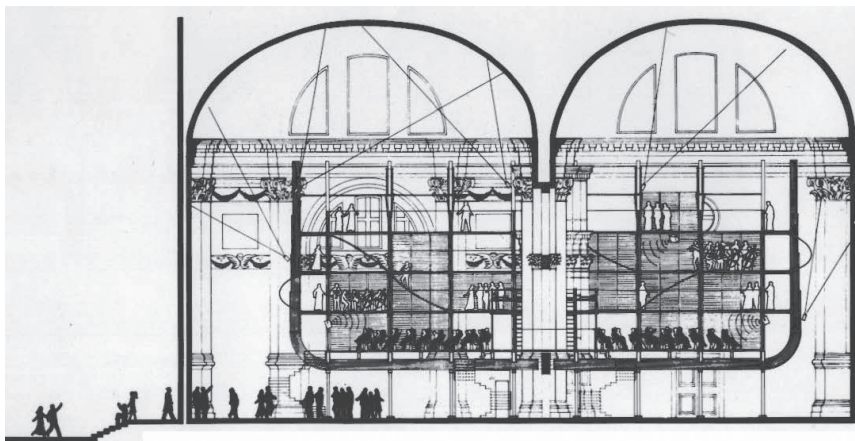


FIG. 11 - Struttura progettata da Renzo Piano per il *Prometeo* di Luigi Nono in chiesa San Lorenzo (Biennale di Venezia, 1984).

Un'altra innovazione della *computer music* è la simulazione informatica dei suoni strumentali ed elettronici. Il primo linguaggio di sintesi numerica del suono è stato sviluppato da Max Mathews nel 1957 (MUSIC I) nei Laboratori Bell Telecom. Altri centri di ricerca (IRCAM, Melbourne, Glasgow, London) apportarono significative modifiche al linguaggio, sino ad arrivare allo sviluppo di CSound (scritto in linguaggio C da Barry Vercoe, del MIT, nel 1986) e ai suoi derivati CSound AV e Direct-CSound, utilizzati ancora oggi da molti compositori. John Chowning a Stanford ha sviluppato negli anni Settanta tecniche di modulazione in frequenza basate su un *vibrato* portato a frequenza audio, che permettono la generazione di suoni molto complessi a partire da dispositivi estremamente semplici. Questo ha creato un nuovo caratteristico spazio timbrico continuo tramite combinazioni particolari delle frequenze della portante, della modulante e dell'indice di modulazione (un esempio significativo è la sua opera *Turenas* del 1972). La sintesi numerica del suono ha avuto straordinarie ripercussioni sulla scrittura musicale, permettendo ai compositori di comprendere meglio il modo in cui i suoni si costituiscono e il loro effetto uditivo e di trasformare totalmente la scrittura orchestrale. A tal proposito Tristan Murail parla di *rivoluzione dei suoni complessi*. Il gruppo dell'*Itineraire* (Gerard Grisey e Hughes Dufourt) ha addirittura trasfuso nella scrittura orchestrale procedimenti compositivi propri della tecnologia informatica.

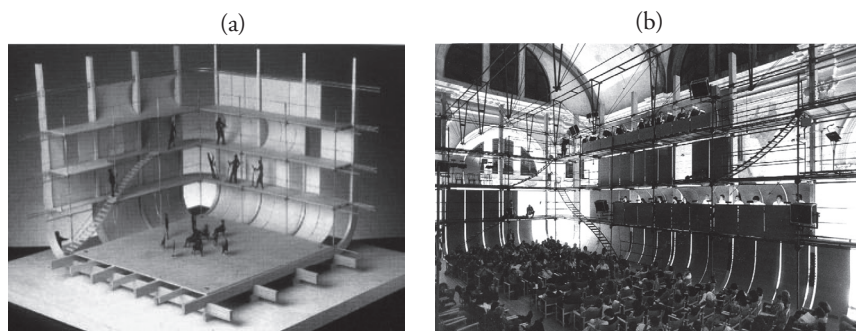


Fig. 12 - Lo spazio di esecuzione del *Prometeo*.



Fig. 13 - Disposizione della regia del suono nel *Prometeo*: Luigi Nono (al centro), Sylviane Sapir e Alvisse Vidolin (sinistra), Hans Peter Haller (destra).

Il CSC è stato uno dei pionieri in uno dei più innovativi e interessanti metodi di sintesi, basato sulla modellizzazione della sorgente sonora, anziché del segnale audio (De Poli, 1991; De Poli e Rocchesso, 1998). Quando il modello ammette un'interpretazione semantica forte, l'evoluzione della scena sonora può essere agevolmente controllata dall'utente: l'esecutore può invocare, ad esempio, uno *staccato* o un

*ribattuto* senza dover riprodurre esplicitamente il complesso delle modificazioni tempo-frequenziali che intervengono a livello di segnale. La sintesi per modelli di sorgente raggruppa l'insieme di algoritmi che producono suono come effetto collaterale di un processo di simulazione di fenomeni fisici (sintesi per modelli fisici) e sta dando un nuovo impulso alla composizione musicale e alla comunicazione uditiva negli ambienti multimediali e/o multimodali.

La musica è stata forse la prima disciplina artistica a introiettare tutte queste innovazioni informatiche nel proprio linguaggio espressivo: negli anni Novanta tutte le *performing arts* hanno poi utilizzato l'informatica. Si è passati dalla macro-multimedialità – dove l'interazione avviene solo a un macro-livello, come nel cinema o nel teatro musicale – alla micro-multimedialità, dove i media interagiscono tra loro a diversi livelli in modo molto stretto. Un esempio significativo di questo nuovo tipo di espressione (micro-)multimediale è l'opera-video *Medea* (2000) di Adriano Guarnieri, la cui parte informatica è stata realizzata dal CSC di Padova, dove il gesto di un musicista viene utilizzato per controllare, durante il concerto, il movimento del suono nello spazio (la Figura 14 mostra il sistema di videoregistrazione del movimento del trombonista). In questo caso è evidente la stretta relazione che lega il movimento fisico di un *performer* (musicista, danzatore o attore) a un gesto musicale.



FIG. 14 - *Medea* di Adriano Guarnieri (dettaglio della performance), Teatro La Fenice di Venezia (2002).

### 3. PRESENTE E FUTURO DELLA MUSICA ELETTRONICA

In questi anni stiamo assistendo a un cambio paradigmatico epocale: il passaggio dalla società industriale a quella dell'informazione. I beni diventano immateriali (informazione, conoscenza, cultura, ecc.) e ci costringono a una revisione urgente dei valori e delle tutele (diritto d'autore, licenze d'uso, brevetti, ecc.). Se la ricerca fondamentale della *computer music* rimane appannaggio delle università, è altrettanto evidente che il cambiamento ha completamente trasformato le opportunità della ricerca applicata in questo ambito. Lo spostamento progressivo dalle *industrie di prodotti* (strumenti musicali elettronici, dispositivi per la fruizione di contenuti sonori, ecc.) alle *industrie di servizi* (fornitori di servizi musicali e di aggregazione di contenuti) offre prospettive inesplorate di applicazione industriale delle conoscenze sviluppate nell'ambito della *computer music*. Nella società industriale la conoscenza e la cultura potevano essere considerate sovrastrutturali rispetto a una società basata sulle fonti di energia e su prodotti tangibili: nella società dell'informazione esse diventano infrastrutture portanti. Un esempio concreto di questo cambiamento è dato dalla moltiplicazione estensiva dei campi di applicazione delle tecnologie inizialmente messe a punto per la sola composizione musicale. Perché, se è vero che la *computer music* era inizialmente imperniata soltanto sulle problematiche compositive, essa ha abbracciato nel tempo ambiti sempre più vasti, diventando un cardine delle ricerche che spaziano dalla psicoacustica alla musicologia, sino a contribuire a creare discipline completamente nuove. A cavallo dei due millenni, la *computer music* si trasforma in *Sound and Music Computing* (SMC), che comprende molti campi di ricerca relativi a prodotti non-musicali (Bernardini e De Poli, 2007): e se è vero che la de-materializzazione annunciata dai profeti della realtà virtuale non sta (ancora) avvenendo, è altrettanto chiaro che le quantità di beni materiali che utilizzano tecnologie legate all'SMC sono costantemente in crescita. In termini più generali, è chiaro che la società dell'informazione genererà uno spostamento progressivo dei paradigmi di ricerca: essa non sarà più centrata sulla tecnologia fine a se stessa quanto rivolta piuttosto alla soluzione dei problemi dell'uomo: lo sviluppo tecnologico diventerà un mezzo per aiutare gli esseri umani a sopravvivere in un mondo sempre più sovraccarico di informazioni articolate e complesse che ne rappresentano sia la risorsa fondamentale sia il principale fattore d'inquinamento (proprio come lo sono state le fonti di energia per la società industriale).

In questi ultimi anni è enormemente cresciuta l'attenzione per il *sound interaction design*, ovvero per una gestione più attenta e rigorosa (ancorché sempre molto creativa) di quell'enorme messe di informazioni che ci viene quotidianamente veicolata attraverso i suoni. In sostanza, il *sound interaction design* si occupa di elaborare nuove strategie di ideazione e produzione dei cosiddetti *everyday sounds*, per massimizzare il loro contenuto informativo riducendo il più possibile tutti gli aspetti superflui e fastidiosi che ben conosciamo. Si tratta quindi di una disciplina che è radicata tanto nella ricerca quanto nella produzione industriale ma anche negli aspetti più creativi affini al design.

Ultimamente si è diffusa anche l'attenzione per la *sonificazione* disciplina che studia problemi relativi alla resa sonora (anziché grafica e/o visiva) di insiemi di dati troppo estesi o troppo complessi per essere analizzati con gli strumenti consueti. In questo caso, si associano suoni specifici (elaborati con strategie di *sound interaction design*) a sottoinsiemi di dati del corpus in questione, sfruttando le nostre capacità di cogliere immediatamente polifonie e ripetizioni col nostro orecchio. Si pensi ad esempio alle ricerche sul genoma: le eliche di DNA sono difficili da analizzare visivamente, mentre la loro sonificazione rende istantaneamente palese tutte le iterazioni regolari e anche molte delle irregolarità. Persino le strategie di riabilitazione psico-motoria fanno oggi ampio impiego di strumenti messi a punto nell'ambito dell'SMC – ad esempio per segnalare in modo inequivocabile la presenza di elementi patologici, oppure per rieducare (attraverso il feedback di un *suono corretto*) un arto, o anche nello sviluppo di strumenti musicali dalle interfacce speciali concepite per permettere una migliore socializzazione di pazienti disabili. Presso il CSC è stata recentemente realizzata la *Stanza Logomotoria*, un ambiente interattivo multimodale per l'apprendimento e la comunicazione, attualmente in uso in diverse scuole italiane. Prolungate sperimentazioni in scenari reali hanno dimostrato che il sistema è in grado di migliorare il coinvolgimento fisico degli alunni, di prolungarne il tempo di attenzione e quindi di aumentarne l'apprendimento, anche nel caso di persone in situazione di handicap. La Figura 15 mostra l'architettura del sistema (15a) e due alunni durante l'utilizzo del sistema (15b): il grado di concettualizzazione di una fiaba narrata dall'insegnante viene aumentato grazie al *feedback* sonoro e visivo associato a particolari movimenti (che vengono rilevati da una telecamera e quindi analizzati via software) degli stessi bambini.

Naturalmente, la transizione all'immateriale società dell'informazione impone anche una migrazione di numerosi prodotti materiali delle società pre-esistenti verso l'immaterialità caratteristica di questo momento storico: documenti di ogni tipo devono poter trovare

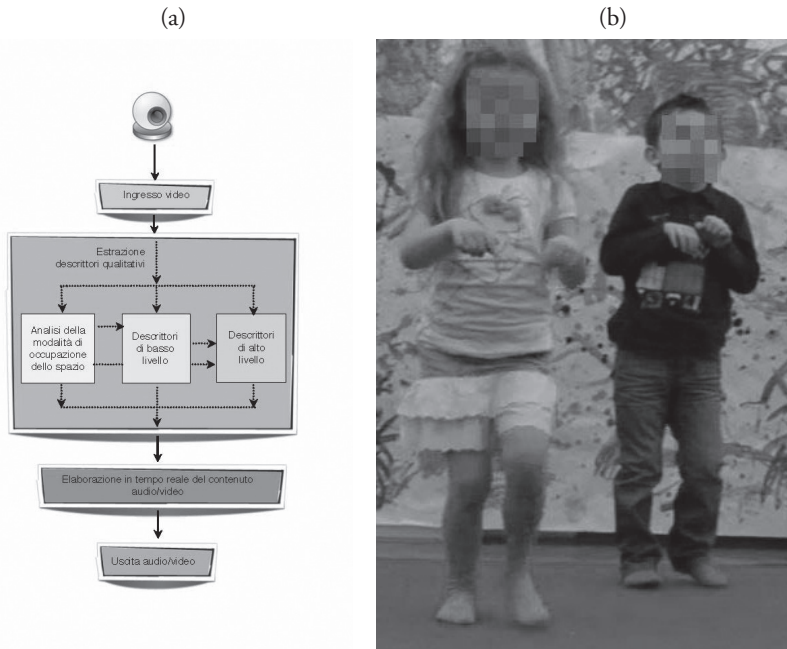


Fig. 15 - *Stanza Logomotoria*: schema logico (a) e due bambini durante l'utilizzo del sistema (b).

spazio nelle rappresentazioni digitali per poter resistere all'usura del tempo ed essere sempre ricercabile e recuperabile attraverso strumenti sempre più sofisticati e potenti. Nella società attuale tutto deve essere archiviato, ricercabile, disponibile a tutti e in qualsiasi momento: le implicazioni di questo paradigma sono molto estese quando ci si riferisce al suono. In questo contesto si sviluppano le ricerche riguardanti la conservazione e il restauro di documenti sonori (Godsill e Rayner, 1998), che si sposano con le innovazioni introdotte nelle tecnologie di archiviazione e di reperimento dell'informazione. Ciò non implica soltanto la definizione di protocolli di digitalizzazione in grado di garantire il mantenimento dell'unità documentale e la definizione di nuove strategie di immagazzinamento dei dati, ma anche lo studio di nuove tecniche di ricerca dei contenuti (ad esempio mediante melodie fischiettate dall'utente, *query by humming*, o esempi sonori tratti da altri file audio, *query by example*) in enormi miniere di dati spesso non omogenei e non convenzionali – nonché di strategie di restituzione adeguate a ogni situazione (l'ambiente domestico, la sala da concerto,

il telefono cellulare, ecc.) e basate su avanzati strumenti di elaborazione numerica del segnale, guidati dalla conoscenza della storia interna del documento originale e dallo studio delle condizioni materiali e tecnologiche che l'hanno prodotto. Nell'ambito del restauro del suono, il CSC, in anticipo rispetto alla comunità scientifica internazionale, ha studiato algoritmi dedicati alla musica elettronica, nella quale, essendo presente materiale sonoro con caratteristiche simili al rumore, diventa particolarmente complesso separare il segnale utile dai disturbi non intenzionali (Canazza e Vidolin, 2001). Per quanto riguarda la conservazione dei supporti sonori, il CSC ha realizzato diversi sistemi innovativi, tra cui: (a) un originale sistema laser per la lettura dei più antichi cilindri di cera, che non ne pregiudica la conservazione, anche se il supporto fosse divenuto estremamente fragile; (b) un software in grado di ricostruire l'audio dalla fotografia dei vecchi dischi in gommalacca a 78 giri (in Figura 16 lo schema logico), anche se afflitti da importanti corrotture (dischi rotti o gravemente incurvati).



FIG. 16 - Schema logico del software in grado di ricostruire l'audio dalla fotografia dei vecchi dischi a 78 giri.

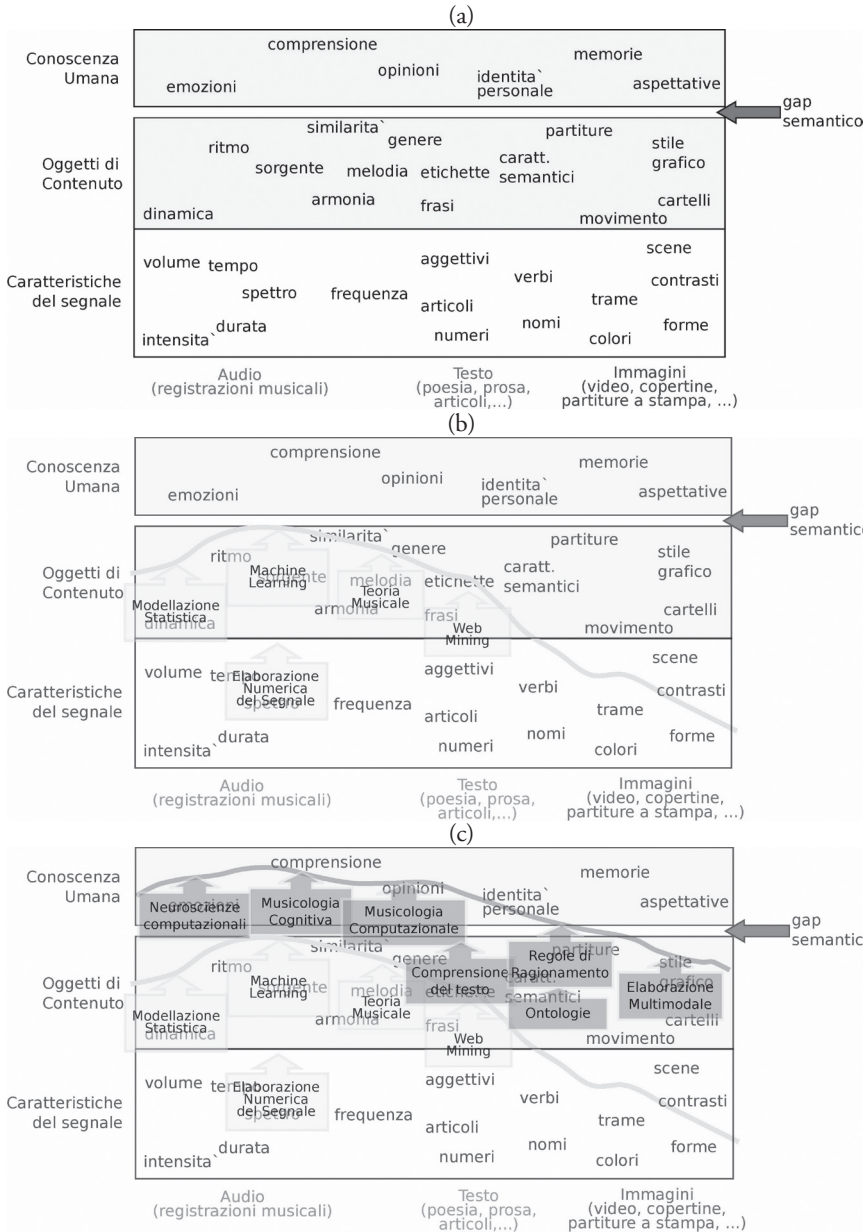


Fig. 17 - Gli obiettivi della ricerca (a), lo stato dell'arte dell'SMC (b), e le discipline coinvolte per colmare il divario semantico tra il suono e il senso (c). Da Serra, X. (2005). *Bridging the music semantic gap*. EC Info Day on Audio-Visual Search Technologies.

Altri casi di queste recenti ricerche in ambito SMC si trovano nell'analisi dell'esecuzione musicale, dove esistono modelli informatici legati alla rappresentazione di componenti espressive, di emozioni, intenzionalità e affetti. A partire dagli anni Novanta del secolo scorso, diverse discipline scientifiche (musicologia sistematica, musicologia storica, psicologia, neuroscienze, ingegneria dell'informazione) hanno studiato le possibili connessioni tra due universi che possono sembrare antitetici: le emozioni e le macchine, approfondendo le modalità che permettono ai computer di comunicare contenuto espressivo usando un canale di tipo non-verbale. Questa attenzione è giustificata dall'obiettivo di migliorare l'interazione utilizzando i canali tipici della comunicazione uomo-uomo, che sono meno frustranti e più semplici da assimilare, in particolare per utenti diversamente abili o comunque non addestrati dal punto di vista informatico (musicisti, insegnanti, bambini). Questo ambito di ricerca è noto come *Affective Computing* negli Stati Uniti, *Kansei Information Processing* in Giappone ed *Expressive Information Processing* in Europa (Canazza et al., 2004). I primi studi per la musica condotti in questo campo sono stati effettuati da Giovanni De Poli e Alvisè Vidolin al CSC di Padova e da Johann Sundberg e Anders Friberg al KTH di Stoccolma.

L'abbandono delle strutture convenzionali delle società industriali (la fabbrica, l'azienda) e la nascita di nuove imprese completamente virtuali (i motori di ricerca, i social networks, ecc.) impongono un ripensamento completo delle didattiche professionali a tutti i livelli. Le nuove generazioni nascono e crescono nella difficoltà di trovare le proprie funzioni all'interno della nuova conformazione sociale. Esse devono concentrarsi sui contenuti e sulle potenzialità (ancora in gran parte inesprese) della rete. Abbiamo già rilevato che questi ambiti di ricerca sono di vitale importanza in questa società, e la musica (più in generale, l'SMC) rappresenta un terreno privilegiato di investigazione (Godoy e Leman, 2009). La Figura 17 riassume gli obiettivi della ricerca e lo stato dell'arte dell'SMC, mostrando le discipline i cui strumenti scientifici sono necessari a colmare il divario semantico tra il suono e il senso.

#### 4. IL LABORATORIO SAMPL

In questo contesto si inserisce SaMPL (*Sound and Music Processing Lab*), il nuovo laboratorio creato dal Conservatorio *Cesare Pollini* di Padova in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria dell'Infor-

mazione dell'Università grazie a un finanziamento della Fondazione CARIPARO. La caratteristica principale di SaMPL è quella di essere il primo *living lab* dedicato alla musica e ai musicisti. Il *living lab* è una nuova tipologia di laboratori immersa nel tessuto culturale da cui nasce, in grado di stimolare il trasferimento tecnologico verso il mondo delle imprese e di coinvolgere i ricercatori nell'elaborazione di nuove idee musicali e i musicisti quali sorgenti di creatività nella ricerca scientifica. Per definizione, i *living labs* sono strutture aperte che accolgono in ugual misura tutti gli interessati – strutture nelle quali le attività non coinvolgono solo i ricercatori ma tutta la loro potenziale utenza. SaMPL è composto da scienziati e musicisti che svolgono assieme attività di ricerca, produzione e didattica. Si tratta quindi di uno spazio espositivo, didattico e di ricerca aperto in grado di coniugare la fruizione del pubblico dei concerti con la didattica specialistica, i progetti internazionali di ricerca con i momenti divulgativi di uno spazio espositivo (Figura 18). Seguendo la tendenza verso la miniaturizzazione e la mobilità delle tecnologie, SaMPL dedica molta attenzione a quest'ultima sin dalla fase progettuale, organizzando le strutture e gli accessori necessari a essa. Questa predisposizione va incontro anche a specifiche necessità didattiche che spesso vengono integrate da riprese audio/video dal vivo, e scientifiche – che talvolta devono affrontare (a margine o al centro delle proprie speculazioni) problematiche legate all'informatica ubiqua e alla mobilità. Di conseguenza, il *luogo* di SaMPL è di volta in volta la sala da concerto, il laboratorio, lo studio di registrazione, l'aula didattica, la rete (Figura 19). Le tecnologie installate in SaMPL sono trasversalmente utili e necessarie a tutto il complesso di attività che si svolge all'interno del laboratorio.

Padova ha da sempre rappresentato una delle prime eccellenze a livello internazionale in questo ambito. Il laboratorio SaMPL promette di conservare questo vantaggio anche al cospetto dei nuovi paradigmi della società dell'informazione e della conoscenza.

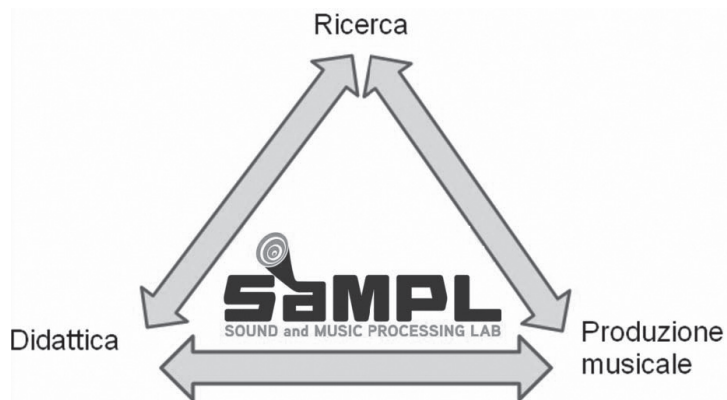


FIG. 18 - SaMPL (*Sound and Music Processing Lab*), coniuga la produzione musicale con la didattica specialistica e con i progetti internazionali di ricerca scientifica.

(a)



(b)



(c)



FIG. 19 - Tre momenti diversi di SaMPL (2010): (a) la ricerca. John Dack (Middlesex University, Londra) e Giovanni De Poli alla Giornata di Studio *Le installazioni multimediali interattive* (Villa Contarini-Fondazione Ghirardi); (b) la produzione musicale. Carlo Lazari durante le prove di un concerto (si può notare il sistema di tracking del movimento fissato al polso destro); (c) la didattica specialistica. *SaMPL Summer School* sul restauro audio.

## BIBLIOGRAFIA

- BERNARDINI, N. E DE POLI, G. (a cura di). (2007). *The Future of Sound and Music Computing*. Numero speciale del *Journal of New Music Research*, vol. 36, n° 3.
- CANAZZA, S. E VIDOLIN, A. (a cura di). (2001). *Preserving electroacoustic music*. Numero speciale del *Journal of New Music Research*, vol. 30, n° 4.
- CANAZZA, S., DE POLI, G., DRIOLI, C., RODÀ, A. E VIDOLIN, A. (2004). *Modeling and control of expressiveness in music performance*. *Proceedings of IEEE*, vol. 92, n° 4, pp. 686-701.
- DE POLI, G. (1991). *A Tutorial on Digital Sound Synthesis Techniques*. In C. ROADS (a cura di) *The Music Machine*, pag. 429-447. MIT Press, Cambridge, MA, USA.
- DE POLI, G. E ROCCHESO, D. (1998). *Physically Based Sound Modelling*. *Organized Sound*, vol. 3, n° 1, pp. 61-76.
- GODOY, R.I. E LEMAN, M. (a cura di). (2009). *Musical Gestures: Sound, Movement, and Meaning*. Routledge Chapman & Hall, London.
- GODSILL, S.J. E RAYNER, P.J.W. (1998). *Digital audio restoration: a statistical model based approach*. Springer Verlag, Berlino.
- MATHEWS, M.V., MILLER, J.E., MOORE, F.R., PIERCE, J.R. E RISSET, J.C. (1969). *The Technology of Computer Music*. MIT Press, Cambridge, MA, USA.
- POUSSEUR, H. (a cura di). (1976). *La Musica Elettronica*. Feltrinelli, Milano.
- ROADS, C. (1996). *Computer Music Tutorial*. MIT Press, Cambridge, MA, USA.