

Anno 2020-2

Rivista di Analisi e Teoria Musicale

Periodico dell'associazione
«Gruppo di Analisi e Teoria Musicale»
(GATM)

GATM

Libreria Musicale Italiana



Libreria Musicale Italiana



PDF

I nostri PDF sono per esclusivo uso personale. Possono essere copiati senza restrizioni sugli apparecchi dell'utente che li ha acquistati (computer, tablet o smartphone). Possono essere inviati come titoli di valutazione scientifica e curricolare, ma non possono essere ceduti a terzi senza una autorizzazione scritta dell'editore e non possono essere stampati se non per uso strettamente individuale. Tutti i diritti sono riservati.

Su *academia.edu* o altri portali simili (siti repository open access o a pagamento) è consentito pubblicare soltanto il frontespizio del volume o del saggio, l'eventuale abstract e fino a quattro pagine del testo. La LIM può fornire a richiesta un pdf formattato per questi scopi con il link alla sezione del suo sito dove il saggio può essere acquistato in versione cartacea e/o digitale. È esplicitamente vietato pubblicare in *academia.edu* o altri portali simili il pdf completo, anche in bozza.

Our PDF are meant for strictly personal use. They can be copied without restrictions on all the devices of the user who purchased them (computer, tablet or smartphone). They can be sent as scientific and curricular evaluation titles, but they cannot be transferred to third parties without a written explicit authorization from the publisher, and can be printed only for strictly individual use. All rights reserved.

On *academia.edu* or other similar websites (open access or paid repository sites) it is allowed to publish only the title page of the volume or essay, the possible abstract and up to four pages of the text. The LIM can supply, on request, a pdf formatted for these purposes with the link to the section of its site where the essay can be purchased in paper and/or in pdf version. It is explicitly forbidden to publish the complete pdf in *academia.edu* or other similar portals, even in draft.

Rivista di Analisi e Teoria Musicale

Anno XXVI n. 2, 2020

Rivista di Analisi e Teoria Musicale

Periodico dell'associazione scientifica Gruppo Analisi e Teoria Musicale (GATM)
(la numerazione dei singoli numeri prosegue quella dei Bollettini del GATM)
Autorizzazione del Tribunale di Bologna n. 6245 del 28/1/1994 – ISSN 1724–238X

La *Rivista di Analisi e Teoria Musicale* (RATM) è una rivista *peer reviewed* fondata nel 1994 dal GATM. Sulla rivista sono pubblicati studi in lingua italiana e inglese, dedicati all'analisi di repertori e pratiche musicali di ogni periodo storico, genere, stile e provenienza geografica. La RATM è stata inclusa dall'ANVUR nell'elenco delle riviste di CLASSE A per l'Area 10 Scienze dell'antichità, filologico-letterarie e storico-artistiche. L'aggiornamento è stato pubblicato sul sito dell'ANVUR il 31/10/2018 ed è attivo da Luglio 2018.

Direttore: Antonio Grande (Conservatorio di Como).

Vicedirettore: Catello Gallotti (Conservatorio di Salerno).

Comitato scientifico: Mario Baroni (Università di Bologna), Catherine Deutsch (Università Paris-Sorbonne, Paris IV), Franco Fabbri (Università di Torino), Vasilis Kallis (Università di Nicosia), Kerri Kotta (Estonian Academy of Music), Sergio Lanza (Conservatorio di Alessandria), Fabien Levy (Hochschule für Musik und Theater, Lipsia), Susan McClary (Case Western Reserve University, Ohio), José Martins (Università Cattolica Portoghese), Mauro Mastropasqua (Università di Bologna), Augusto Mazzoni (pubblicista), Antonello Mercurio (Conservatorio di Salerno), Alberto Odone (Conservatorio di Milano), Egidio Pozzi (Università della Calabria), Massimo Privitera (Università di Palermo), Gianfranco Salvatore (Università del Salento), Makis Solomos (Università Paris VIII), Giorgio Tedde (Conservatorio di Milano)

Redazione: Nicola De Giorgi (Ist. Comprensivo, Lecco), Marina Mezzina (Conservatorio di Salerno), Marco Russo (Università di Trento), Giuseppe Sellari (Conservatorio di Frosinone).

Consulenti: Giovanni Albini (Conservatorio di Udine), Lee Barrow (University of North Georgia), Santi Calabrò (Conservatorio di Messina), Sonia Cannas (Università di Pavia), Duilio D'Alfonso (Conservatorio di Latina), Carlo Delfrati, William Drabkin (University of Southampton), Anne Hyland (University of Manchester), Jerome Kohl (University of Washington), Julia Kursell (University of Amsterdam), Ciro Longobardi (Conservatorio di Salerno), Raffaele Molinari (Conservatorio di Firenze), Friedemann Sallis (University of Calgary), Carlo Serra (Università della Calabria), Leopoldo Siano (Università di Colonia), Giorgio C. Tacani (Conservatorio di Torino), Joannella Tafuri, Bianca Temes (Music Academy of Cluj), Jacopo Tomatis (Università di Torino), Massimiliano Viel (Conservatorio di Milano).

Gli articoli inviati alla rivista vengono sottoposti all'esame di due revisori scelti dal Comitato Scientifico, e il loro parere motivato viene integralmente comunicato per iscritto agli autori. L'articolo, una volta accettato, deve essere redatto secondo le norme editoriali, disponibili al sito <https://www.gatm.it/>. Gli autori possono inviare le loro proposte di pubblicazione al seguente indirizzo: direttoreratm@gatm.it

ISCRIZIONE ALL'ASSOCIAZIONE GATM E ABBONAMENTI ALLA RIVISTA

Dal 1° gennaio del 2020 le iscrizioni al GATM si possono fare direttamente sul nuovo sito <https://www.gatm.it/>, specificando le proprie generalità e il tipo di iscrizione che si preferisce.

Con l'iscrizione si ha diritto all'abbonamento annuale alla Rivista in formato cartaceo e all'accesso online a tutti i numeri arretrati. L'iscrizione consente anche di avere uno sconto del 50% per

l'iscrizione al Convegno Annuale in qualità di relatore, la partecipazione gratuita a tutte le attività del GATM (convegni, seminari, commissioni, gruppi di studio) e la possibilità di usufruire di borse di studio e specifici contributi alla ricerca.

Alla pagina <https://www.gatm.it/it/iscrizioni/> si trovano sia le indicazioni per iscriversi all'Associazione, sia quelle per attivare solo l'abbonamento alla RATM, in formato cartaceo oppure in PDF.

Il versamento richiesto dal nostro sito usa Paypal, ma è sempre possibile iscriversi facendo un bonifico al nostro conto bancario, utilizzando le seguenti coordinate e inviando la ricevuta all'indirizzo: segreteria@gatm.it.

– conto intestato a GRUPPO ANALISI E TEORIA MUSICALE

– codice IBAN: IT4300760102400000023163405

Per il 2020 le quote delle iscrizioni e degli abbonamenti sono le seguenti:

QUOTE DI ISCRIZIONE	SERVIZI OFFERTI	ITALIA	ALTRE NAZIONI
Iscrizione Socio Ordinario e abbonamento RATM	– iscrizione associazione (con partecipazione a tutte le iniziative) – abbonamento RATM annuale (formato cartaceo) – abilitazione pagina personale online con l'accesso a tutte le pubblicazioni periodiche del GATM in pdf – sconto 50% iscrizione Convegno di Rimini – possibilità di usufruire di borse di studio e contributi alla ricerca – sconti per specifiche iniziative	€ 60,00	€ 75,00
Iscrizione Socio Ordinario (studente) e abbonamento RATM	--- come sopra ---	€ 50,00	€ 65,00
Privati: Quota abbonamento RATM formato cartaceo	abbonamento annuale RATM solo cartaceo	€ 40,00	€ 55,00
Privati: Quota abbonamento RATM formato PDF	abbonamento annuale RATM solo PDF	€ 35,00	
Studenti: Quota abbonamento RATM formato cartaceo	abbonamento annuale RATM cartaceo	€ 30,00	€ 45,00
Studenti: Quota abbonamento RATM formato PDF	abbonamento annuale RATM solo PDF	€ 30,00	
Istituzioni: Quota abbonamento RATM	abbonamento annuale RATM (formato cartaceo + PDF)	€ 100,00	€ 115,00

Nel caso di una seconda iscrizione nello stesso nucleo familiare, la quota è di € 15 (senza diritto alla RATM)

Per richiedere una iscrizione triennale al GATM occorre inviare una richiesta all'indirizzo: segreteria@gatm.it

Le quote triennali sono le seguenti:

– Iscrizione Socio Ordinario e abbonamento RATM: per l'Italia € 150,00, per altre nazioni € 195,00

- Privati, Quota abbonamento RATM formato cartaceo: per l'Italia € 100,00, per altre nazioni € 145,00
- Privati, Quota abbonamento RATM formato PDF: € 85,00 (Italia e altre nazioni)
- Istituzioni, Quota abbonamento RATM: per l'Italia € 250,00, per altre nazioni € 295,00

ARTICOLI SINGOLI E NUMERI ARRETRATI

Sul sito del GATM (<https://www.gatm.it/>) è possibile effettuare l'acquisto di un singolo articolo in formato digitale al costo di € 10 euro. È previsto anche l'acquisto di un intero numero arretrato, sempre in formato digitale e al costo indicato nei singoli casi.

LIBRERIE, COMMISSIONARIE E DISTRIBUTORI

Per l'acquisto rivolgersi a Libreria Musicale Italiana srl, via di Arsina 296/f, 55100 Lucca

lim@lim.it – www.lim.it +39 0583 394464

Singolo fascicolo: € 20

Singolo saggio in formato digitale: € 10

Gruppo Analisi e Teoria Musicale

Presidente: Egidio Pozzi (Università della Calabria).

Comitato scientifico: Mario Baroni, Rossana Dalmonte, Fabio De Sanctis De Benedictis, Catello Gallotti, Antonello Mercurio, Marina Mezzina, Egidio Pozzi, Massimo Privitera, Marco Stassi

Consiglio direttivo: Egidio Pozzi (presidente), Antonello Mercurio (vice-presidente), Fabio De Sanctis De Benedictis (segretario-tesoriere).

Collegio dei Sindaci: Anna Rita Addressi, Anna Maria Bordin, Johannella Tafuri



Redazione, layout e copertina: Ugo Giani.

Disegno in copertina: Giordano Montecchi

© 2021 Libreria Musicale Italiana srl, via di Arsina 296/f, 55100 Lucca

lim@lim.it www.lim.it

Tutti i diritti riservati. La riproduzione, anche parziale e con qualsiasi mezzo, non è consentita senza la preventiva autorizzazione scritta dell'editore.

Il titolare della testata rimane a disposizione degli aventi diritto per eventuali fonti iconografiche non identificate.

ISSN 1724-238X

ISBN 978-88-5543-094-4

INDICE

EDITORIALE

Antonio Grande	
<i>Pensiero e pratiche della tecnica</i>	9

SAGGI

Agostino Di Scipio	
<i>Che vuol dire "musica elettronica dal vivo"?</i>	
<i>Liveness e agentività nell'ecosistema performativo</i>	19
Laura Zattra	
<i>The Use of Technology in Revolutionary Perspective.</i>	
<i>Computer Music Research in Luigi Nono's</i>	
<i>Prometeo. Tragedia dell'Ascolto (1984–85)</i>	53
Gabriele Cecchetti, Steffen A. Herff, Christoph Finkensiep, Martin A. Rohrmeier	
<i>The experience of musical structure as computation: what can we learn?</i>	91
Jeffrey E. Boyd, Friedemann Sallis, Martin Ritter	
<i>A Computational Examination of Spectral Music</i>	129

RECENSIONI

Mario Baroni, Rossana Dalmonte	
<i>Bruno Maderna. La musica e la vita</i>	163
<i>Notizie sugli autori / Notes on contributors</i>	167
<i>Master Universitario di I livello</i>	173

Editoriale

Pensiero e pratiche della tecnica

In un precedente editoriale avevamo espresso il desiderio, ma anche la necessità, di un allargamento d'orizzonte delle discipline teorico-analitiche alla luce dei grandi cambiamenti avvenuti con la svolta del secolo. Un aspetto che andava raccolto dalla nostra rivista per rimanere agganciati a queste trasformazioni, facendo crescere la discussione e dando la dovuta rilevanza ai nuovi scenari.

Con il numero qui in uscita si è cercato di dar seguito a quelle intenzioni aprendo un primo canale di discussione sui rapporti tra la nostra disciplina e il pensiero scientifico e, in particolare, con quella particolare declinazione di esso che è il pensiero dell'età della tecnica.

Siamo soliti leggere la tecnica come quel medium che si colloca tra noi e la musica: ciò che ci consente di ascoltarla, di scriverla e rappresentarla, di analizzarla, di comporla entrando nella dimensione fisica dei suoni, e così via. Ma, a ben vedere, appena si comincia a mettere a fuoco il problema si osserva che la tecnica non è un semplice supporto del corpo, della mente musicale o del nostro bagaglio immaginativo, ma l'agente tramite il quale quelle dimensioni si ridisegnano e si declinano. Ha quindi un carattere più costruttivo che ausiliario: siamo modificati dalla tecnica piuttosto che semplicemente supportati da essa.

Pensiamo alla notazione musicale che, da sempre, è una delle manifestazioni più evidenti di un impiego "tecnologico" dell'attività immaginativa. Sin dal passato essa ha rappresentato non tanto un semplice ausilio della memoria, quanto lo strumento che ha consentito una particolare elaborazione del pensiero musicale. Basti pensare alle tecniche imitative, agli automorfismi del moto retto, contrario o retrogrado, alla disposizione orizzontale o verticale dei suoni, e così via. È indubbio che le civiltà musicali legate alla scrittura hanno intrapreso una strada tutta particolare perché essa, in quanto tecnica, ha ridisegnato la nozione stessa di umani che fanno musica.¹

1. «Dietro la parola 'scrittura' non c'è l'uomo che scrive: anche il significato 'uomo' si viene realizzando e trasformando entro pratiche di vita e di parola che via via si condensano, si espandono, mutano di senso e di natura» [Sini 2000, 165]. Da altra prospettiva, anche Galimberti pone l'accento sul legame indissolubile tra tecnica e identità umana: «Non, dunque, l'uomo che può usare la tecnica come qualcosa di *neutrale* rispetto alla propria

Tutti gli articoli qui presentati si riferiscono in qualche modo alla scrittura: alcuni direttamente, altri in modo indiretto. Ovviamente un'indagine in profondità del problema apre a dimensioni anche molto lontane rispetto al tradizionale ambito di senso del termine. Ma è proprio questa apertura che è indispensabile per riflettere sui nuovi confini concettuali con i quali dobbiamo confrontarci. Nell'era tecnologica, la scrittura viene ad estendere il suo significato diventando una pratica che investe molto più che il semplice supporto della partitura. Mentre Beethoven con la sua musica ci impone una fedeltà al testo (peraltro sempre storicamente intesa), nella musica elettroacustica spesso le partiture non sono supporti durevoli, ma vengono cambiate dopo le esecuzioni, modificate o semplicemente cancellate. Il proliferare di forme di scrittura rende oggi assai più *liquido* il supporto, sicché si può dire che la tecnica ha fatto esplodere ciò che prima era l'unicità della partitura tradizionale, polverizzandola nelle sue varie forme descrittive, prescrittive, gestuali, algoritmiche, aleatorie, ecc.

L'articolo di Agostino Di Scipio, che indaga il concetto di *liveness* in ambito elettronico, discute in profondità proprio gli aspetti con cui l'età tecnologica modifica le pratiche del fare musica. La tecnologia, lungi dall'essere un semplice medium tra compositore e realizzazione sonora, viene inquadrata all'interno di un più ampio sistema multidimensionale che Di Scipio chiama *dispositivo performativo*. Si tratta del luogo delle interrelazioni tra differenti *agenzie*: autore e/o performer, attrezzature, opportunità logistiche, spazio/ambiente, ecc., tutti elementi che formano un'unità sistemica capace di produrre dei processi. Ogni agenzia, sebbene in quote differenti di autonomia, opera in modo proprio in una più ampia rete di scambi ricorsivi.

L'inquadramento concettuale nella categoria delle *agenzie* permette a questo approccio di superare le convenzionali posizioni di compositore *vs* musica, di suono/natura *vs* suono/cultura, di uomo *vs* macchina, di suono pensato nella mente *vs* suono diffuso nello spazio, ecc. Il dispositivo performativo diventa una sorta di iperoggetto [Morton 2018] in cui l'intervento umano non è che una delle tante agenzie che realizzano il sistema in una rete di scambi. In tal senso, la *liveness* è una forma di iperscrittura.

Solo la tecnologia può consentire una reale presa di coscienza di questo fattore che rimane nascosto nella pratica musicale convenzionale. Gli studi sul rapporto tra analisi e performance, ad esempio, ne possono trarre notevoli spunti di riflessione.

Da questa prospettiva, i suoni acquistano un'aderenza con gli ambienti, una sorta di *viscosità* che li porta a con-fondersi con quelli. Lo spazio, lungi dall'essere

natura, ma l'uomo la cui natura si modifica in base alle modalità in cui si declina tecnicamente» [2002, 521].

un mero contenitore di suoni, è ciò che riflettendosi in essi, li rende vivi e li completa. D'altra parte, interagire con un certo spazio — ciò che Di Scipio chiama spazio reale, per fare il verso alla nozione, oggi acquisita, di tempo reale — significa far entrare lo spazio dentro i parametri musicali in modo diverso da come (pure) lo era in passato. Lo spazio riflette il suono in quanto ambito fenomenologico di presenze, di stati, di dis-posizioni. Ciò ricorda una straordinaria suggestione di Merleau-Ponty sul riflesso della luce negli occhi e la svolta che ciò costituì per le arti figurative: «sono stati necessari secoli di pittura prima che si vedesse sull'occhio quel riflesso senza il quale esso rimane spento e cieco, come nei quadri dei primitivi» [2005, 405].

L'articolo di Laura Zattra, che discute l'uso della tecnologia nel *Prometeo* di Nono, sembra porsi in una singolare relazione con il precedente contributo. Il suo focus è sulla genesi dell'opera e su come essa prende forma nella dimensione più intima della fenomenologia sonora. Dove questo suono non è l'oggetto "inerte", da laboratorio, della prospettiva scientifica, né quello discorsivo della riflessione estetica, ma il luogo molteplice delle interazioni e delle inter-agentività. L'articolo si muove a ridosso del processo creativo presentando l'opera *Prometeo* come un progetto multimediale e collaborativo, mettendo al centro un'idea *in progress* di scrittura dell'opera che prende vita intorno a un insieme di pratiche interattive tra i differenti agenti, con una serie di documenti originali, alcuni dei quali pubblicati qui per la prima volta. In specie, viene data voce ai tre computer music designers — Alvis Vidolin, Sylviane Sapir e Mauro Graziani — che lavorarono a stretto contatto con Nono. I primi, in un certo senso, dovettero imparare a pensare come il secondo o, nelle parole di Vidolin, a «prevedere ciò che gli sarebbe piaciuto e ciò che non gli sarebbe piaciuto». Ma è essenziale sottolineare che fra i due poli del sistema — compositore e ingegneri del suono — vi fu una completa interazione. Come ricorda Sylviane Sapir, lei e i suoi colleghi, oltre a prevedere le richieste di Nono, gli offrivano «allo stesso tempo la possibilità di esplorare altre cose». Ciò mostra la quota di scambi nei due sensi che avveniva all'interno del sistema. Altre categorie di scambi riguardano gli spazi: non solo quelli convenzionali degli allestimenti (Milano, Parma), ma anche l'ambiente inteso come un più ampio contesto, con le sue pratiche vive. Si pensi, ad esempio, al ruolo giocato dalle campane di vetro che si aggancia, in senso storico e culturale, ad un materiale legato territorialmente alle isole della laguna.

Chi è abituato a confrontarsi con le partiture potrebbe non riconoscersi pienamente davanti a un tale approccio, ma è utile considerare che, in questa prospettiva, non siamo più davanti a un supporto fisico "finito" in cui sono tracciati i segni che identificano una particolare composizione. L'obiettivo dell'articolo è semmai quello di intrattenersi sugli aspetti dinamici e diacronici entro cui

prende forma quella inter-agentività nella cui rete si riassume l'opera. La tecnica di notazione che si produce intorno a *Prometeo* è dunque il luogo in cui la musica si declina come evento, con una sovrapposizione di segni: quelli del compositore, dei sound designers, quelli estemporanei dei gesti sulle consolle, degli spazi che riflettono i suoni, dei materiali usati, e così via.

Anche l'*ascolto* entra a far parte di questo sistema allargato in quanto non è più il livello convenzionale che attiene alla "destinazione" dell'opera, ma diventa esso stesso un'agenzia che concorre e ne definisce la costruzione.

L'articolo di Gabriele Cecchetti, Christoph Finkensiep, Steffen Herff, e Martin Rohrmeier ci presenta lo stato della ricerca nel campo dell'approccio computazionale alle sintassi musicali. In pratica, le nostre condotte cognitive vengono formalizzate con dei modelli descrittivi che, attraverso un formalismo di input-output su differenti livelli, ci consentono di avanzare ipotesi che potranno poi essere oggetto di verifica empirica. Nella nostra metafora, quel formalismo può definirsi una scrittura del pensiero.

Ad esempio, nella discussione di un passaggio di Schubert, già reso celebre da un'analisi di Lewin in senso fenomenologico [1986], gli autori sottolineano la stretta relazione tra una certa cornice di riferimenti sintattici, che fa capo a una grammatica pregressa, e le possibili proiezioni inferite dall'ascoltatore tramite ipotesi di preparazioni e prolungamenti. Interpretare un passaggio, da questa prospettiva, significa ricostruire una possibile catena di input/output basata su specifiche regole grammaticali.

L'aspetto singolare è che il formalismo che descrive il lavoro computazionale non è vincolato a una grammatica piuttosto che un'altra e questo apre interessanti scenari su come un pezzo, o suoi passaggi, possano ricevere differenti letture sulla base di diverse modellizzazioni sintattiche. Siamo quindi fuori da alcune rigidità presenti in certo cognitivismo musicale aperto a basi universaliste, oggi meno accreditate sul piano teoretico. È possibile così, come scrivono gli autori, «esplorare i limiti di una teoria della musica e dell'esperienza musicale». Si apre dunque uno scenario che estende l'ambito immediato di queste ricerche che, a un primo esame, possono sembrare astratte e formali: al contrario, esse vengono ad interessare da vicino chi si occupa di teoria musicale e di come certi ambiti stilistici (pensiamo, per fare un esempio, allo stile classico) si caratterizzino per specifiche formule identitarie. I modelli computazionali possono produrre previsioni e, in tal senso, una disparità tra i modelli e il comportamento osservato può spingerci a definire meglio certi concetti musicali, a estenderne o ridurne l'efficacia o, infine, condurci a elaborarne di nuovi.

Un altro importante spunto che ricaviamo dall'articolo riguarda la fase di *parsing* del lavoro computazionale che, basandosi su progressive finestre temporali,

pone il giusto rilievo ad un'esperienza *dal vivo* delle strutture musicali, colte cioè nel loro dispiegarsi temporale, piuttosto che in quell'osservatorio statico e fuori dal tempo, qual è quello delle più convenzionali teorie analitiche.

Infine, l'articolo del team composto da Jeffrey E. Boyd, Friedemann Sallis e Martin Ritter si confronta con un brano spettrale, *Touch* per pianoforte ed elettronica interattiva, restringendo l'indagine ad un breve frammento e puntando a collocarsi lungo quella fragile linea di confine — quella *soglia* che è peraltro un'immagine così cara agli spettralisti — dove si incontrano la notazione convenzionale e l'elettronica, la realtà oggettiva dei suoni e la loro presenza percettiva, con tutti i possibili sconfinamenti, tra reale e virtuale. L'obiettivo è problematizzare l'approccio analitico proprio laddove esso punta a confrontarsi con un contesto sonoro ontologicamente sfuggente, che sembra essergli impermeabile. Il confronto fa nascere una serie di pertinenze, ci invita ad una presa di coscienza, ad una messa a fuoco di aspetti che prendono forma solo in particolari contesti, mentre sono inesistenti in altri. L'articolo, ad esempio, ritorna spesso sulla cosiddetta *ground truth* — in pratica l'evidenza empirica che si confronta con i sistemi di predizione — rilevando proprio lo scarto che spesso avviene tra ciò che ascoltiamo o ciò che ci aspettiamo di sentire, e ciò che, di fatto, i sistemi di analisi del software rilevano. Questo continuo confronto fra differenti livelli di verità è uno degli esiti più sorprendenti che la tecnologia, anche in modo indiretto, ci mette davanti.

La linea di confine si pone anche tra due linguaggi, quello rigoroso della scienza e quello *fuzzy* degli oggetti estetici: il primo abituato a sezionare la complessità in unità minime, il secondo a riunificare i dettagli dell'osservazione in blocchi dotati di senso.² Non solo: il discorso scientifico, necessariamente basato sul rigore, mal si accorda con gli oggetti estetici o i linguaggi artistici, basati su qualità che richiedono, come direbbe Goodman, sistemi semanticamente *densi* e per ciò stesso ambigui [2008, 134–135]. Può esserci dialogo tra questi due mondi? Gli autori sfidano questa domanda proponendo ciò che chiamano una sorta di *meticcianto* di metodi e di prospettive. E già questo può essere un ottimo argomento per occuparsi di questo studio.

Uno spunto di grande interesse è che gli autori non puntano ad analizzare *Touch* come oggetto estetico compiuto, ma solo come una sua possibile istanziazione, una sua occorrenza specifica, temporalmente e spazialmente determinata. Questo, se da un lato ci ricorda Goodman — per il quale un pezzo è la classe delle sue esecuzioni —, evidenzia che la tecnologia rompe i limiti di quell'equilibrio

2. Le due aree di conoscenza sono anche diverse benché collegate, come suggerisce la nota distinzione semantica tra *erklären* (spiegare) e *verstehen* (comprendere) presente nella tradizione tedesca, da Dilthey a Jaspers [Jaspers 2000, 244].

entro cui era ancora possibile cogliere *nella* partitura un oggetto estetico ideale (dico che era possibile, non che esistesse realmente). Nell'era tecnologica questo non è più credibile e ci si deve limitare ad una sua occorrenza storicamente data, un ente precario e provvisorio. Questo sottrae all'opera la sua aura e ci invita a pensare che forse anche un brano del passato può essere inteso in modo analogo, rendendo sempre più stretta la connessione tra un testo musicale e la sua performance, che è il tramite della sua istanziazione.

L'ultima parte dell'articolo tira le somme della discussione precedente puntando a trovare una relazione tra i parametri tecnici che definiscono il concetto di *acoustic glow* — una sorta di coloratura del suono che si associa ad alcuni aspetti di certe composizioni spettrali — e una sua descrizione discorsiva (in senso musicologico) che gli autori mutuano da J. Fineberg [2000]. È un traguardo interessante dell'articolo il cui obiettivo, lo ricordiamo, è proprio quello di mettere in relazione due sistemi di conoscenza.

Il riferimento al testo di Fineberg ci consente di aggiungere qualche ulteriore riflessione perchè il modo con cui egli cerca di spiegare cosa sia la musica spettrale sembra dare ragione a chi sostiene che la modernità ha spezzato i legami con i fondamenti e con il vero, lasciandoci soli in un mondo i cui troppi volti ci infondono un costante senso di incertezza. Infatti, nel concludere che è impossibile definire al positivo cos'è la musica spettrale, egli afferma che tutto ciò che si potrebbe dire a riguardo sarebbe altrettanto vero che falso [Fineberg 2000, 3].

Ciò che Fineberg non dice, però, è che la musica spettrale è così intrecciata al pensiero tecnologico e, più filosoficamente, al pensiero della 'soglia' — fra stati che si confrontano, trapassando l'uno nell'altro — che alla fine essa denuncia il limite dei nostri approcci riduzionisti e monolitici, mentre ci invita ad un pensiero plurale e multidimensionale. Questa riflessione potrebbe riguardare *tout court* il pensiero della tecnica: essa forza i confini del nostro orizzonte e ci impone di riflettere sugli strumenti che abbiamo per misurarlo. Un confronto con queste tematiche, allora, non può che dare nuovo ossigeno alla nostra disciplina.

Bibliografia

- FINEBERG J. (2000), *Spectral music*, «Contemporary Music Review», 19–2, pp. 1–5.
 GALIMBERTI U. (2002), *Psiche e techne. L'uomo nell'età della tecnica*, Feltrinelli, Milano.
 GOODMAN N. (2008), *I linguaggi dell'arte*, Il Saggiatore, Milano (ed. orig. Bobbs-Merrill, Indianapolis, 1968).
 JASPERS K., *Psicopatologia generale*, Il Pensiero Scientifico, Roma 2000 (ed. orig. Springer, Berlin 1913).

- LEWIN D. (1986), *Music Theory, Phenomenology, and Modes of Perception*, «Music Perception. An Interdisciplinary Journal», 3(4), 327–392.
- MERLEAU-PONTY M. (2005), *Fenomenologia della percezione*, Bompiani (ed. orig. Gallimard, Paris 1945).
- MORTON T. (2018), *Iperoggetti*, Nero (ed. orig. *Hyperobjects*, Un. of Minnesota Press, 2013).
- SINI C. (2000), *Idoli della conoscenza*, Raffaello Cortina, Milano.

Saggi

Che vuol dire “musica elettronica dal vivo”? *Liveness* e agentività nell’ecosistema performativo

1. *Dal vivo, live, en direct...* Spunti preliminari

Le pratiche performative musicali con mezzi elettronici *dal vivo* si sono enormemente moltiplicate e diversificate nella storia recente, arrivando già prima della fine del '900 a penetrare tendenzialmente ogni ambito musicale, stimolando anche nuovi territori e varie forme di “arte sonora”. Il termine inglese *live* (aggettivo, oggi usato talvolta come sostantivo) è da tempo entrato nel linguaggio comune, anche in aree non anglofone, per qualificare eventi performativi di vario genere la cui realizzazione richiede regolarmente strumentazioni elettroacustiche analogiche e audio-numeriche, utilizzate in molteplici funzioni. Il termine serve a distinguere condizioni di esecuzione strumentale o vocale “in diretta” rispetto a condizioni di produzione “in studio”. L’accento sulla dimensione “viva” o “vivente” — insomma sulla *liveness* — in locuzioni del tutto usuali quali *live music* o *musica dal vivo* suggerisce la distinzione tra una realtà biologica *in vitro* (esperita in contesti laboratoriali formalizzati e protetti, ideali) e fenomeni biologici *in vivo* (esperiti nell’esistenza reale, fragile e precaria di organismi “in carne e ossa”, esposti a condizionamenti ambientali di vario tipo).¹ La sfumatura semantica si conserva in varie lingue (per esempio anche in spagnolo, *música en vivo*), ma scompare del tutto in altre (in francese si usa con regolarità *en direct*).

L’attributo *live* appare negli anni 1930, nel contesto tecnico allora in pieno sviluppo della radiofonia civile, allorché si pone il bisogno di qualificare certe trasmissioni (inglese *live broadcast*, francese *émission en direct*, tedesco *Direktübertragung*) marcandone la differenza e la presunta maggiore autenticità comunicativa rispetto alla “ritrasmissione” di discorsi ed esecuzioni musicali registrate e riprodotte con mezzi fonografici (spesso connotate in senso negativo come “musica in

1. La suggestione è ampiamente sviluppata, sia sul piano teorico sia in rapporto a concrete pratiche musicali recenti e storicizzate, in Di Scipio [2020]. Nelle pagine seguenti ne riprendiamo alcune implicazioni significative.

scatola” — *canned music, musique en boîte*). Non a caso, è proprio in concomitanza col primo sviluppo maturo delle tecniche fonografiche e con la crescente attenzione per le “arti industriali” moderne in generale (fotografia, cinema, discografia musicale, forme espressive specifiche della radiofonia) che si pone anche l’esigenza critico-teorica di identificare l’*aura* dell’opera d’arte, la dimensione del qui-e-ora propria dell’autentico, dell’unico, del partecipato rispetto al riprodotto, al trasmesso, all’oggetto realizzato in serie (il riferimento d’obbligo è ovviamente Benjamin [1966], la cui prima redazione infatti è di metà anni 1930).

A metà del ’900, quando l’ascolto di incisioni discografiche diventa praticamente la condizione di ascolto normale nei più vari contesti di fruizione musicale, a scapito dell’ascolto di esecuzioni pubbliche in concerto, l’aggettivazione *live* assume il senso più ampio di un’azione comunicativa non registrata, né conseguita da montaggio in studio, come sarebbe appunto un brano musicale eseguito e fruito “immediatamente” (cioè idealmente, senza mediazione di tecniche e supporti di riproduzione elettromeccanica), nonché “in presenza” (senza il velo della distanza spazio-temporale insito nei mezzi di comunicazione di massa).

A partire dal quello stesso periodo, le modalità esecutive perseguite in concerto cominciano a essere sempre più modellate sul calco di musica prodotta in studio, con corrispondenti soluzioni tecniche. Ciò vale soprattutto per musiche di fruizione di massa, ma in fondo anche per l’interpretazione del repertorio classico-romantico le cui incisioni discografiche iniziavano a essere infatti, sempre più spesso, frutto di precise procedure di montaggio. In molteplici ambiti musicali, le condizioni dell’evento “dal vivo” si ridefinivano dunque per l’effetto di ritorno delle pratiche di produzione e riproduzione di massa. Questo avveniva ovviamente anche in contesti extra-musicali dell’industria dello spettacolo e dei mezzi d’informazione (in seguito si sarebbe parlato anche di *infotainment*, l’ibridazione fra “informazione” e “intrattenimento” che oggi, e da alcuni decenni ormai, appare del tutto usuale).

L’attributo *dal vivo* è divenuto pertanto del tutto corrente in riferimento a forme di spettacolo che richiedono strumentazioni e infrastrutture tecniche altamente specialistiche e che hanno luogo, di fatto, in spazi debitamente equipaggiati, cioè appunto in “studi” (per esempio studi “di ripresa televisiva”). In tali ambienti professionalmente allestiti, suoni e immagini sono ripresi e fissati “all’istante” e poi ritrasmessi senza fare particolari operazioni di *editing* e montaggio necessarie in altri contesti (“studi di produzione”) — salvo eventuali accorgimenti (di “post-produzione”) funzionali alla circolazione e alla fruizione finale effettiva. Un esempio assai chiaro, restando in ambito musicale, è quello dei dischi registrati appunto *dal vivo*, cioè davanti a un pubblico, in concerto, ma quasi sempre rielaborati più o meno profondamente in studio prima di essere messi in circolazione.

Si pensi poi alle trasmissioni televisive “in diretta” (per distinguerle da quelle registrate e trasmesse “in differita”). Si pensi all’odierno *streaming* su internet, talvolta descritto come *live streaming* anche se poi, fatta la ripresa audio-video, la sua fruizione è in realtà quella di un flusso-dati pre-elaborato, fissato e disponibile per essere ritrasmesso (o “scaricato”) su richiesta.

Qualifiche come *live* o *dal vivo* sono quindi assegnate in maniera del tutto ordinaria a contesti comunicativi e performativi profondamente mediatizzati, strutturati da molteplici livelli di elaborazione elettronica (del suono e dell’immagine). In generale, come torneremo a vedere più avanti, la *liveness* è di fatto l’esito di mediazioni tecniche più o meno complesse, non una dimensione di autenticità intatta eventualmente “corrotta” o comunque alterata dalla tecnica [Auslander 1999]. È dunque legittimo chiedersi «se vi sia una reale differenza ontologica tra evento “dal vivo” ed evento “mediatizzato”» [*ibid.* 7].

2. Elettronica *dal vivo*. Lineamenti di un percorso storico-musicale

Restringiamo il campo di osservazione. La locuzione *live electronic music* sembra sia stata adoperata la prima volta nel 1962 da John Cage, a proposito del suo *Cartridge Music* — un lavoro di natura radicalmente sperimentale concepito due anni prima, poi considerato, in contesti musicali di grande libertà espressiva ed estetica, vero e proprio «prototipo» della musica elettronica dal vivo (così si sarebbe espresso il compositore e artista sonoro Mario Bertoncini). La locuzione venne poi utilizzata regolarmente in riferimento a varie tendenze musicali sperimentaliste degli anni 1960 e 1970, tanto negli Stati Uniti (Gordon Mumma, David Tudor, Sonic Arts Union, etc.) quanto in Europa (ricordiamo *Mikrophonie I* di Karlheinz Stockhausen, del 1964, e altre proposte più o meno coeve, nate ad esempio su impulso di Hugh Davies, di Franco Evangelisti, dello stesso Bertoncini e ancora altri). Al tempo, veniva riferita soprattutto a pratiche improvvisative e di “composizione di gruppo” con risorse tecniche molteplici, dagli allora nuovissimi sintetizzatori analogici modulari, a oggetti d’uso comune riciclati e trasformati in strumenti elettroacustici di basso costo. La varietà delle pratiche perseguite appare evidente dalle attività di collettivi quali Musica Elettronica Viva (a Roma), AMM e Gentle Fire (a Londra), New Music Ensemble, Composers Inside Electronics e Sonic Arts Union (negli Stati Uniti), o ancora nelle proposte del GERM (Groupe d’étude et réalisation musicales, a Parigi).²

2. Emmerson [2007a, 104] ha osservato che quei collettivi d’improvvisazione utilizzavano la locuzione *live electronics* in modo alquanto informale e, comunque, indipendentemente dal fatto di ricorrere, nelle loro esibizioni, anche a materiali sonori fissati su nastro magnetico, benché gestiti poi in modo estemporaneo.

In quella fase, la possibilità di agire con mezzi elettroacustici dal vivo fu salutata come l'opportunità di «animare» le forme di produzione e presentazione di musica elettronica e concreta [Pousseur 1976, 242 sgg.]: si poteva insomma uscire, lasciare finalmente il chiuso dello studio — saltare «out of the studio» [Chadabe 1997, 81] — e proporre inedite soluzioni di generazione e gestione elettronica del suono e della musica di fronte al pubblico, non solo in teatri e sale da concerto, ma anche in luoghi di tipo diverso (per esempio gallerie d'arte o spazi generici aventi altre funzioni sociali — giardini, capannoni industriali, siti archeologici, ecc.). Tutto ciò in nome di una dimensione appunto performativa, partecipata e più flessibile rispetto alla semplice riproduzione da nastro magnetico che molti (non tutti) avvertivano come limitante.

Si poteva inoltre dar luogo a interazioni più articolate con eventuali strumenti della tradizione musicale. E, soprattutto, si creava l'opportunità di agire non solo “in diretta”, ma anche “in situazione”, cioè stabilendo una consapevole e anche tematica relazione con determinati spazi — per esempio mediante installazioni sonore *site-specific* (concepite cioè secondo le proprietà acustico-geometriche, ma anche e soprattutto culturali e sociali di luoghi specifici). Si può sostenere, con qualche precauzione, che l'arte sonora installativa sia emersa (fra anni 1960 e 1970) in buona continuità con le pratiche musicali *live electronics* [Di Scipio 2005; 2017; Saladin 2017]. Figure pionieristiche come Max Neuhaus e Alvin Lucier operarono restando spesso in bilico tra “musica” e “arte sonora”, tra “concerto” e “installazione”. Più in generale, molta arte sperimentale dell'epoca mirava appunto a «vitalizzare la relazione opera / ambiente» [Centore 2011, 63; Popper 1980].³

Locuzioni come *live electronics* o *musica elettronica dal vivo* sono state in seguito riferite anche ad altre tendenze, volte a integrare nella prassi compositiva ed esecutiva nuove soluzioni elettroacustiche e poi anche informatiche. Semplificando molto, si è detto che alla vocazione “sperimentalista” di area nordamericana finì col contrapporsi — soprattutto a partire dagli anni 1970 — un canone europeo “avanguardista” dell'elettronica dal vivo, centrato sull'elaborazione e trasformazione del suono di strumenti musicali tradizionali. Si pensi, per limitarci a pochi e ben noti esempi, ai lavori di Luigi Nono degli anni 1980, frutto della collaborazione del compositore veneziano con l'Experimental Studio di Friburgo. Oppure

3. Ricordiamo che negli stessi anni emergeva anche un'ampia riflessione su “musica e ambiente” e sul “paesaggio sonoro” [Schafer 1969], parallelamente ai primi sporadici esempi di quel particolare repertorio acusmatico più tardi pensato in termini di *soundscape composition* (le prime proposte del genere, tra loro indipendenti, vennero da David Behrman, Irv Teibel, Luc Ferrari intorno alla metà degli anni 1960).

ai lavori realizzati da Pierre Boulez e da molti altri all’IRCAM di Parigi.⁴ Rispetto a tali proposte, lo sperimentalismo nordamericano perseguiva un’elettronica assai più informale, spesso “fatta a mano” (*hand-made electronics*) con attitudine al *bricolage* tipica di figure quali David Tudor, David Berhman, Gordon Mumma (e più tardi Nicolas Collins, Ron Kuivila e altri ancora) e comunque “fatta in casa”, non nella “torre d’avorio” di contesti organizzativi e istituzionali ben strutturati ed equipaggiati.

Va detto però che la contrapposizione “sperimentalismo / avanguardismo” non coincide davvero con quello schema geo-culturale, salvo volendo molto semplificare una realtà storica ben più articolata e varia. Questo vale soprattutto a riguardo dei repertori elettroacustici dal vivo [Di Scipio 2017; 2021, 313–326]. Basti pensare allo schietto sperimentalismo di figure europee come Hugh Davies, Mario Bertoncini e numerosi altri. Peraltro, in tempi più recenti, si sono avute molteplici commistioni dei due orientamenti, a rimarcare ormai l’inattualità di quella contrapposizione.⁵ Senza dimenticare il sovrapporsi, in questo quadro complessivo già fluido, di un ulteriore fenomeno di rilievo tecnologico-musicale (oltre che estetico, naturalmente), e cioè quello della “ricerca strumentale” — da intendersi qui, per brevità, in accezione molto molto ampia: dall’esplorazione delle *tecniche estese* di esecuzione con strumenti musicali tradizionali, ai vari *strumenti aumentati* messi a punto ibridando tecniche meccaniche, analogiche e informatiche.⁶

2.1 Problemi di classificazione musicologica

Per tradizione gli studiosi (soprattutto in area francofona) distinguono due principali categorie di musica elettroacustica: *acusmatica* (suoni fissati su un supporto di riproduzione) e *mista* (esecuzione strumentale sovrapposta alla diffusione di suoni da supporto oppure generati con mezzi elettronici dal vivo)

4. Va precisato che all’IRCAM, come poi in molti centri di informatica musicale avviati negli anni 1980 e 1990, si è sempre preferito parlare di “trattamento elettronico in tempo reale” (*en temps réel*) invece che di *live electronics*, sia in riferimento alla fase degli anni 1980 [Manoury 2007] sia in riferimento a esperienze più recenti [Cont 2012, Bonardi 2015]. A mia conoscenza, il solo compositore francese che preferisca parlare di «*électronique live*» sembra essere Tristan Murail [Murail 1991; Béranger 2009].
5. Si vedano le diverse pratiche creative perseguite, tra gli altri, da John Richards, Atau Tanaka, John Bowers, Owen Green, Toshimaru Nakamura — per limitarci solo a qualche nome.
6. Come nel lavoro recente e *in fieri* di autori diversi per generazione e approccio espressivo, quali Simon Waters, Michelangelo Lupone, Giovanni Verrando, Panayotis Kokkoras e altri. La dimensione “ibrida” delle risorse tecniche appare in certi casi fortemente teatralizzata, come in lavori di Georges Aperghis (prodotti all’IRCAM) o nei lavori nati dalla collaborazione tra Andrea Valle e Mauro Lanza.

[Chion — Reibel 1976; Emmerson 2007; Cont 2012; Tiffon 2018]. Questo schema fa della *musica elettroacustica dal vivo* una sottocategoria della *musica mista*. Ciò appare problematico, sia in considerazione delle numerose pratiche centrate unicamente o principalmente su attrezzature analogiche o numeriche (senza strumenti musicali tradizionali), sia perché le implicazioni tecniche ed estetiche delle pratiche con elettronica dal vivo (con o senza strumenti tradizionali) si rivelano divergenti e anche molto divergenti rispetto a quelle del repertorio “misto” [Di Scipio 2017; 2018].⁷

In alcuni importanti contributi (tra cui [Mumma 1975; Manning 1985; Bernardini 1986; Battier 1999]) si indicano come *live electronic music* anche certe proposte della prima metà del '900 secolo, come *Imaginary Landscape n.1* di John Cage (per pianoforte, percussione e due giradischi, 1939), nonché vari brani cameristici scritti per strumenti di “liuteria elettronica”.⁸ Senza nulla togliere al rilievo storico di quelle proposte e, in generale, al rinnovamento fomentato dalla liuteria elettronica nei decenni tra le due guerre (1920–1940) [Patteson 2015; Di Scipio 2021, 55–85], l’indicazione non sembra del tutto opportuna, salvo forse proprio per il lavoro di Cage sopra citato: sul piano storico, un aspetto decisivo della musica elettronica dal vivo consiste nel mettere da parte l’idea di “strumento” (anche se “elettronico”), inteso come mezzo di generazione del suono a struttura fissa e predeterminata, e nell’assegnare invece al musicista (compositore e/o interprete) il compito di concepire e praticare sistemi o infrastrutture elettroacustiche coesenziali alla prassi musicale. Il “mezzo tecnico” qui è piuttosto un dispositivo originale, una configurazione tecnica peculiare e magari unica nel suo genere, la cui particolare operatività è in grado di specificare l’opera, e cioè definisce le condizioni materiali che ne specificano la singolarità, superando una concezione del mezzo come strumento d’uso musicale generico. In breve, non si tratta di «comporre per nuovi strumenti» [Appleton 1990] ma di «comporre gli strumenti» [Davies 1981; Schnell – Battier 2002]. Vale a dire, di assumere nel processo creativo, in qualche misura, la progettualità della prassi esecutiva stessa, nella consapevolezza che questo partecipi dell’individuazione dell’identità dell’opera (identità dunque funzionale e operativa, prim’ancora che formale).

In un quadro storico-musicale più ampio, qualcosa del genere era in fondo già avvenuto quando — in una linea evolutiva che idealmente va da Berlioz a

7. La sottolineatura non implica alcun deprezzamento del repertorio di “musica elettroacustica mista”, che infatti comprende alcuni veri capolavori della seconda metà del '900 (da *Déserts* di Varèse a *Musica su due dimensioni* di Maderna, da *Kontakte* di Stockhausen a *La fabbrica illuminata* di Nono).
8. Per esempio, 7 *Triostücke* di Paul Hindemith (per tre trautionium, 1930), la *Suite pour ondes Martenot et piano* di Darius Milhaud (1933), la *Free Music n.1* Percy Grainger (per quattro theremin, 1936) e *Fêtes des belles eaux* di Olivier Messiaen (per sei ondes Martenot, 1937).

Stravinsky, da Debussy a Varèse, fino a Stockhausen — le tecniche di strumentazione e d’orchestrazione erano state gradualmente assunte tra le competenze creative del comporre, riconoscendo in esse un potenziale costruttivo ed espressivo prima inedito. Si tratta ora di verificare tale fenomeno in un contesto diverso e più recente, e quindi di estendere la responsabilità compositiva *alla concezione e alla messa in opera delle condizioni tecniche della performance* — ovvero a ciò che più avanti chiameremo *dispositivo performativo*.⁹ È proprio questo legame o questa intima “con-fusione” fra prassi compositiva, prassi esecutiva e progettualità tecnica che richiede alla teoria e all’analisi di concepire l’*opera* appunto come *dispositivo* [Baranski 2009; Panaccio – Letendre 2011]. E di accedere a un concetto di “scrittura” — nel senso enfatico di *écriture*, di “iscrizione della soggettività” creativa — finalmente coerente ai contesti musicali *live electronics*, da conoscere e valutare appunto nella loro “scrittura elettronica” (piuttosto che strumentale, vocale, orchestrale, teatrale...).

3. Cos’è “vivente” nel *live electronics*?

In generale si riscontra una sostanziale «mancanza di certezze su ciò che è davvero *live*» nella musica elettronica *dal vivo* [Emmerson 2012a, 10]. Ciò perché evidentemente il significato e il concetto stesso di *liveness* non può che essere «storicamente contingente» [Auslander 1999, 60], ma anche perché l’incredibile diversità di pratiche oggi attestabili rende «problematico e sempre più difficile» dare un significato preciso alla locuzione *live electronics* [Bartolani – Sallis 2016]. Questa difficoltà però è un retaggio storico: già negli anni 1980 alla locuzione potevano essere assegnati «significati diversi al mutare delle condizioni storiche, sociali e musicali» [Bernardini 1986, 61].

Da canto suo, l’egemonia culturale dei media di massa moderni e contemporanei ha imposto da tempo un’idea (un’ideologia) della dimensione *dal vivo* sovraccarica di una retorica della “immediatezza” — nel senso di una comunicazione paradossalmente senza mediazioni — che introduce e diffonde parecchi malintesi. Espressioni gergali quali *live set* (o semplicemente *live*, usato come sostantivo in ambiti di musica elettronica di fruizione popolare — «ieri sera c’è stato *un live* di X e Y») sembrano indicare semplicemente la presenza fisica dell’artista in

9. Ciò necessariamente implica una certa disarticolazione della normale “divisione del lavoro” normalmente esercitata in contesti musicali [Green 2006; 2013; Waters 2007], come peraltro è evidente negli aspetti sociologici e anche politici di certa sperimentazione musicale [Davies 1981; Collins 2009] e nella prassi di figure tra loro anche molto differenti — come Mauricio Kagel, Godfried-Willem Raes, Mario Bertoncini, Cornelius Cardew, Luigi Nono e altri.

pubblico, indipendentemente dal fatto che i suoni siano prefabbricati in studio o siano davvero generati ed elaborati durante l'atto performativo.

A confondere le acque vi è poi la tendenza a usare in modo interscambiabile, all'interno dei più diversi contesti comunicativi formali e informali, espressioni come *live* e *in tempo reale*. La seconda espressione, di origine informatica, ha il suo senso specifico in riferimento a processi di calcolo numerico (per esempio per la sintesi e l'elaborazione di segnali audio-numerici): significa, in breve, che non è percepibile alcun ritardo (comunque esistente) tra le operazioni di calcolo che producono il segnale audio digitale e la conversione di quest'ultimo in segnale analogico, poi trasformato infine in suono mediante trasduzione elettroacustica. Ciò non ha nulla a che fare col fatto che le operazioni di calcolo si svolgano in uno studio, piuttosto che in concerto. Già a inizio anni 1990, confondere *live* con *real time* poteva costituire un abuso linguistico [Emmerson 1994]. Anche se una troppo netta distinzione sarebbe a sua volta problematica [Emmerson 2012a, 7], segnaliamo che comunque gran parte della musica acusmatica (compresi alcuni capolavori di *computer music*) a partire da fine anni 1970 si è basata su processi di sintesi o trattamento audio-numerico in tempo reale, pur restando appunto nell'ambito delle produzioni di studio, presentate in pubblico mediante riproduzione da supporti magnetici o numerici.

Ora, nonostante le difficoltà evidenziate, queste varie annotazioni convergono almeno su un punto di rilievo generale, storicamente emblematico di un ribaltamento delle condizioni ordinarie d'esperienza, al quale avevamo accennato nelle prime pagine: nei vari contesti performativi altamente tecnologizzati l'evento *live* va considerato «un *prodotto* di mediazioni elettroniche» [Auslander 1999, 25 (corsivo mio)]. La nozione stessa di *liveness* (il carattere “vivo” o “vivente” della performance) implica, dunque, una pluralità di stratificazioni e mediazioni tecnologiche [Sanden 2013, 34] e ne costituisce l'esito di senso paradossale (ogni pretesa “immediatezza” comunicativa e musicale va presa, in tal senso, come una formula ideologica o come un'auto-suggestione che riguarda giusto la superficie dei codici linguistici, ma che appare fittizia sul piano concreto dell'esperienza viva del suono e della musica).

Questo discorso assume grande evidenza nelle pratiche performative musicali con elettronica appunto *dal vivo*, che perciò andrebbero considerate di rilievo non trascurabile per una riflessione sulla “condizione tecnologica” dell'esperienza performativa nella fase storica attuale. La questione è di comprendere a quali condizioni i dispositivi elettroacustici e informatici, messi in gioco in concerto o per un'installazione sonora interattiva, possano dar luogo a un evento esperito come qualcosa che accade *dal vivo*, ovvero che emerge “da ciò che è vivo”, “dal vivente”.

L'interrogativo insomma diventa: «cosa c'è di *vivente* nella musica elettroacustica *dal vivo*» [Sanden 2013; Emmerson 2012b; Di Scipio 2020]. Raramente vi è accordo sulle possibili risposte [Emmerson 2007; Di Scipio 2021, 303 sgg.], benché si convenga generalmente sul fatto che la questione sia rilevante per una riflessione teorico-estetica sull'«ontologia dell'opera musicale» [Croft 2007, Janz 2011, Born 2012]. D'altra parte, così posta, la questione può favorevolmente collegarsi al tema della *liveness* quale principale *topos* degli studi interdisciplinari indicati come *performance studies*, a metà strada tra teoria e critica delle arti performative [Phelan 1993; Schechner 2002] e teoria dei media [Auslander 1999; Salter 2010; McCormick 2015].

4. Vivere la musica *tra* e *dentro* le macchine

Sembra necessario interrogare in primo luogo *le condizioni del “vivente” proprie di ambienti tanto profondamente tecnicizzati come quelli della creazione e della performance elettroacustica e informatica dal vivo*. Occorre volgersi al carattere dinamico — impermanente, “situato”, fragile, precario — dell'ibridazione di *umano* e *macchinico* che prende corpo in tali condizioni, pensandolo non come epifenomeno, ma come effettivo potenziale di significazione alla portata di certe forme di creatività artistica contemporanea, indipendentemente da particolari istanze estetiche e poetiche. In secondo luogo — passando dal “vivente” della performance al “vissuto” dell'ascolto, che infatti accoglie e proietta l'altro, completandolo — occorre *pensare il medium del suono e l'esperienza dell'ascolto alla luce di una fenomenologia della presenza del performativo*. In tal senso sembra opportuno collegare i «registri fenomenologici del sonoro» [Depraz 1998] in un'*ecologia del suono e dell'ascolto* informata all'approccio neo-cognitivistico (e neo-fenomenologico) sull'esperienza vissuta (cioè informata alla ricerca sulla percezione “enattiva” e sulla dimensione “incarnata” o “incorpata” dei fenomeni cognitivi [Varela 1989; Varela 1992; Varela *et al.* 1993; Barbaras 2002]). Qui ci occuperemo del primo dei due ambiti tematici, cioè appunto del “vivente” (performance), non del “vissuto” (ascolto), pur sapendo bene che essi si co-appartengono e si co-determinano nell'unità di tempo e luogo dell'esperienza.

Molti dei contributi più significativi [Small 1998; Emmerson 2007; Sanden 2013; Sallis *et al.* 2018] sembrano implicitamente convergere sull'idea che il fattore decisivo della *liveness* sia la presenza fisica di uno o più esseri umani (siano strumentisti, vocalisti, “interpreti elettronici”, “assistenti”, ecc.) chiamati ad agire *in mezzo a, in controllo di e in interazione con* oggetti e processi elettronici ed elettromeccanici di vario genere, senza ricorrere (di norma) a segnali audio e segnali di controllo precedentemente registrati. Ciò rinvia anche al carattere

transitorio e fugace dell'atto performativo, all'implicazione partecipe del corpo stesso del performer — entrambi fattori cruciali in tutti gli studi sulle arti performative, anche laddove divergenti per altri aspetti [Phelan 1993, Auslander 1995].

Qui vogliamo suggerire che la presenza umana è condizione necessaria, ma non sufficiente, come suggerisce obliquamente la specifica locuzione *live electronics* (divenuta d'uso soprattutto tra addetti ai lavori, ma non solo), dove l'attributo è assegnato paradossalmente ai mezzi elettronici, non a chi ne dispone o alla musica che ne ricava. Più precisamente, riteniamo opportuno ricondurre la *liveness* alla relazione di interdipendenza che, nell'unità di tempo e luogo, mette

- il funzionamento dei mezzi tecnici (mezzi elettroacustici, audio-numerici o altro) e
- l'azione dei performer coinvolti (gesto, corpo) e quella degli ascoltatori

in rapporto a

- l'ambiente, ovvero il luogo o la “situazione” in cui risorse umane e tecniche sono chiamate ad agire.

La congiunzione «in rapporto a» è decisiva: l'idea è che l'attributo “vivente” sia da assegnare all'insieme ibrido complessivo costituito da risorse umane e non-umane interagenti in circostanze reali di tempo e luogo — ovvero, non solo *in tempo reale*, ma anche *in spazio reale*. “Tempo reale” non equivale a “dal vivo”, lo abbiamo visto. Pur necessario, un criterio di tempo è insufficiente e va integrato con un criterio di spazio, includendo quindi il concreto spazio circostante, con le sue proprietà fisico-acustiche, le sue congiunture tecniche e le sue connotazioni culturali e sociali. Sanden parla giustamente di «*temporal liveness*» e di «*spatial liveness*», considerandole però «non sempre interdipendenti» [Sanden 2013, 34]. A nostro avviso occorre invece considerare proprio la maniera in cui *ha luogo* l'azione delle risorse performative *nel tempo*, senza dissolvere né sospendere l'unità fenomenologica spazio-tempo. Nel “vivo” della performance, le cose accadono senza che si possa astrarre o isolare il loro accadere da un luogo specifico, da un contesto di azione specifico, anche laddove questo sia densamente strutturato da stratificazioni tecnologiche diverse e dunque costitutivamente artefatto.

In preparazione di un'esibizione pubblica (*set-up* e verifica dell'infrastruttura tecnica) è buona norma, di solito, provare a gestire gli impianti elettroacustici allo scopo di neutralizzare fin dove possibile i condizionamenti acustici che lo spazio esecutivo particolare può avere sul loro funzionamento, riducendo così anche i vari effetti collaterali che ne possono derivare (rumore di fondo, alone sonoro, fenomeno Larsen, interferenze di vario genere, ecc.). Lo sforzo tende, al limite, a isolare l'infrastruttura tecnica rispetto allo spazio dato, cioè in fondo a

configurare lo spazio performativo come “studio”, come ambiente acusticamente isolato e protetto dall’esterno (quindi come “laboratorio”). Eppure, le condizioni peculiari di una performance sono relative proprio alla situazione concreta e singolare, agli elementi residuali e contingenti di un’interrelazione costruttiva e distruttiva insieme che lega fra loro tutte le risorse performative messe in campo — comprese le diverse risorse tecniche e lo spazio stesso in cui la performance ha effettivamente luogo. Le dinamiche della *liveness* riguardano insomma proprio l’impossibilità di “separare”, di “isolare” le diverse risorse performative, quindi anche l’opportunità di elaborare una forma di adattamento, di scambio proficuo. Esse riguardano gli “effetti di presenza” [Gumbrecht 2004], la convivenza con gli elementi indotti della non-separatezza, col rumore di fondo e con varie altre istanze di alterità rispetto all’opera “in sé”. Dal vivo, suono e musica non sono entità a sé stanti, “oggetti sonori” separati da altri suoni e dell’ambiente sonoro circostante: sono invece «eventi di relazione» [Di Scipio 2012; 2016], eventi precari e sotto-determinati rispetto alle circostanze materiali, che accadono *nonostante*, ma anche *grazie* alle contingenze.¹⁰

4.1 Il dispositivo performativo come unità sistemica bio-cognitiva

L’analisi ci porta a considerare:

- il dispositivo performativo completo in quanto “unità sistemica” (o “sistema”);¹¹
- il luogo (sala da concerto o altro) in quanto “ambiente” dell’unità sistemica;¹²

10. A scanso di equivoci, chiariamo che questo accento sul carattere contingente e situato dell’atto performativo non si riferisce necessariamente a pratiche “improvvisative” e riguarda, invece, anche approcci segnati da un certo determinismo esecutivo, per esempio laddove la prassi esecutiva comprenda notazioni che “dettano” in modo più o meno accurato l’azione o l’esito sonoro perseguito. Anche l’azione pianificata è infine pur sempre situata [Quéré 1977]: diversamente, non se ne coglierebbe né eventualmente se ne apprezzerebbe la pianificazione.

11. Da intendersi nel senso dell’etimologia greca di σύνστημα = insieme, assemblaggio di parti tra loro collegate in relazione reciproca (equivalente al latino *compositio*). Definizione generale di “sistema”: insieme composto da parti in relazione e interazione tra loro [von Bertalanffy 1969, 67, Vidali – Neresini 2015, 47]. Di un sistema si possono indicare le parti componenti e le caratteristiche di comportamento dinamico, i modi di relazione tra le parti componenti, i modi di relazione tra queste e il sistema come unità complessiva, e i modi di relazione con ciò che costituisce “ambiente” per l’unità sistemica e per le parti componenti. Lo stato attuale di una componente è funzione dei suoi stati precedenti, dello stato attuale di altre componenti e dello stato dell’ambiente.

12. Definizione preliminare di “ambiente”: insieme delle unità sistemiche non-coincidenti con quella considerata, ma ad essa strutturalmente accoppiate mediante scambi energetici e/o informativi. Non tutto ciò che è presente nello spazio circostante ha rilievo per l’unità sistemica considerata: ciò che lo ha, ne costituisce l’“ambiente specifico” (*milieu spécifique*).

- la performance in quanto “processo” (criterio temporale) e “situazione” (criterio spaziale, nel senso fenomenologico heideggeriano del “situarsi”, dell’esser-ci, e anche dell’essere-con ciò che ci si presenta nello spazio circostante prossimo e condiviso).

Occorre pensare la *liveness* come attributo emergente dall’insieme delle interrelazioni costitutive del dispositivo performativo nel suo comportamento dinamico. Per chiarire questo punto, dobbiamo chiarire il concetto di *dispositivo performativo* e connotarne l’agentività (*agency*), ovvero la potenzialità di azione autonoma.

Per “dispositivo performativo” si intenda l’insieme costituito da performer(s), attrezzature tecniche ed eventuali supporti notazionali o procedurali, e inoltre dalle opportunità logistiche fornite dallo spazio circostante per poter conseguire, con esso, un adeguato accoppiamento elettroacustico. Si tratta dunque di un “assemblaggio” di tipo particolare, una rete ibrida deliberatamente e creativamente progettata e agita, eventualmente anche riconfigurata nella struttura e nelle funzioni durante il processo performativo (o durante il decorso dinamico di un’installazione sonora autonoma, senza diretto intervento di performer). Il dispositivo performativo costituisce insomma un’*unità sistemica processuale* il cui potenziale generativo di suono e musica emerge dalle interazioni tra le parti componenti, mediate in ogni istante dallo spazio materiale in cui operano.

Il tutto dunque equivale a un sistema dinamico che — nella sua struttura reticolare e grazie a eventuali meccanismi di auto-regolazione — agisce in contatto continuativo con lo spazio sonoro circostante. Con una metafora operativa biologica, ciò implica che il dispositivo performativo abbia meccanismi che svolgano, in qualche modo concreto, le funzioni percettive e cognitive grazie alle quali un sistema vivente agisce nell’ambiente intorno e reagisce ad esso. Anche la più minuta e insignificante unità biologica (quale un organismo unicellulare) possiede un circuito sensori-motorio, ovvero — in termini a noi utili — un anello o *loop* di “azione” e “percezione”, attraverso cui aprirsi allo spazio fisico circostante per agire in esso e farsi agire da esso (entro limiti “vitali” non distruttivi, ovviamente). Ogni unità sistemica vivente ha, costitutivamente, un suo proprio potenziale cognitivo, per quanto ridotto ed elementare, che consta essenzialmente di meccanismi di reciprocità fra ciò che esso fa e ciò che gli viene fatto nel proprio ambiente specifico [Maturana – Varela 1980; Stewart 1992; Maturana 2002]. Con una formula: «vita = attività cognitiva» [Stewart 1992; 1993; Thomson 2009, 81].

Vi torneremo più avanti, in relazione all’idea di “ambiente associato”, cioè di *Umwelt* [von Uexküll 1956].

La dinamica ricorsiva “azione ↔ percezione” va pensata non tanto come *integrazione* (termine che nel linguaggio comune ha assunto connotazioni alquanto riduttive rispetto alla sua portata sistemica), ma come *accoppiamento strutturale* fra unità sistemica bio-cognitiva (organismo) e spazio circostante (ambiente). Si tratta di una dinamica di scambio energetico (nel nostro caso elettro-acustico e meccanico) e conoscitivo (informazionale). Ma si tratta anche della dimensione sistemica che produce una specifica fenomenologia e che permette così «di integrare la cultura [sedimentazione di esperienze vissute] nella dinamica di reciprocità organismo-ambiente» [Courtial 2009, 149]. Ovviamente, all’interno di una pratica d’arte performativa, la dinamica di reciprocità “organismo-ambiente” non ha solo una dimensione oggettiva (spazio fisico) e soggettiva (unità bio-cognitiva, performer), ma anche una dimensione sociale (materializzata dal “luogo”, cioè dalle connotazioni e funzioni culturali dello spazio fisico) [Goffman 1974; Small 1998].

Ai fini della nostra analisi, considerare il circuito ricorsivo “azione ↔ percezione” quale base concreta della dinamica bio-cognitiva del vivente (come fa la prospettiva del neo-cognitivismo, cioè del cognitivismo post-computazionale) è importante perché è proprio quel circuito che, debitamente “incorporato” e “situato” (cioè reso operante *in* e *con* un ambiente concreto), permette di individuare l’unità sistemica come *agente*, vale a dire come capace di azione autonoma.¹³ A ogni istante — “in tempo reale”, se si vuole — l’unità sistemica si apre all’ambiente — lo “spazio reale” — per individuarvi quanto le serve per sostenersi e svilupparsi; a ogni istante essa può chiudersi in o su sé stessa, isolandosi dall’ambiente, se gli scambi energetici e informativi con l’ambiente la spingono a operare in modi distruttivi per la sua identità sistemica. L’unità sistemica vivente opera nel e sull’ambiente in fondo per agire retroattivamente su sé stessa, per governar-*si* (costruire la propria autonomia), incontrando gli esiti del proprio agire quali diffusi e magari trasformati da eventuali altre unità attive nei dintorni. L’ambiente è dunque il *medium* indispensabile del processo ricorsivo da cui dipende, istante dopo istante, l’agire di un’unità sistemica — cioè, fuor di metafora, l’agire del nostro dispositivo performativo nel suo processo d’insieme.

Ma l’ambiente in qualche misura è anche il prodotto di quel processo. Non solo nel senso che, affinché la performance abbia luogo, serve configurare lo spazio in

13. Non per nulla alcune delle più emblematiche figure della ricerca neo-cognitivistica (penso a Francisco Varela e collaboratori [Varela et al. 1993, Thompson 2007 e 2009]) si rifanno tematicamente alla filosofia del corpo e alla fenomenologia della percezione di Maurice Merleau-Ponty [1945]. Si veda in proposito la riflessione “neo-fenomenologica” di R. Barbaras [2002]. Senza dilungarci, segnaliamo che nella ricerca neo-cognitivistica recente assumono nuova prospettiva anche importanti contributi proto- e para-fenomenologici come quelli di Erwin Straus [1935], Leo Spitzer [1942] e Georges Canguilhem [1966].

un certo modo. Ma anche nel senso che, iniziato il processo performativo, l'ambiente *sonoro* ne comprenderà inevitabilmente gli esiti, ad ogni istante, senza peraltro che essi siano davvero separabili da ulteriori accadimenti sonori che hanno luogo simultaneamente, casuali o voluti, e rispetto ai quali occorre cercare l'equilibrio opportuno. L'azione *dal vivo* comporta insomma coevoluzione di organismo e ambiente, perché appunto «l'organismo e il suo ambiente formano un sistema» che «coincide col concetto stesso di una forma vivente» — come osservava Hans Jonas in *Organismo e libertà* [2001, 58].

4.2 Il dispositivo performativo come agenzia ecosistemica

In una prospettiva diversa, ma limitrofa, si può dire che un dispositivo performativo operi *dal vivo* se la sua dinamica di funzionamento approssima quella di un *ecosistema*, ovvero di un insieme reticolare di componenti diverse (biotiche e abiotiche, viventi e non) in accoppiamento strutturale con l'ambiente, connotato da una certa densità inter-connettiva (retroazioni e interdipendenze tra le parti, e tra le parti e il tutto). Dal vivo, il dispositivo performativo opera come una rete o una matassa di interazioni multiple “*oikos* ↔ sistema”. L'idea di *ecosistema performativo* (che si rintraccia in varie pratiche elettroacustiche [Waters 2007]) sembra effettivamente inglobare risorse diverse (umane, meccaniche, elettroacustiche, audio-numeriche, logistiche) senza escludere, per principio, lo spazio materiale in cui la performance ha luogo.

Ciascuna componente di un simile ecosistema ha una potenziale autonomia operativa, che però può manifestarsi solo in funzione del reticolo di interazioni ecosistemiche in cui è inserita (ciò evoca il concetto di «autonomia dipendente» [Morin 1977, 204]). Nella dimensione *vivente* dell'ecosistema performativo operano dunque diverse *agenzie*, cioè unità sistemiche intese come sorgenti di azione autonoma (auto-regolata), che sono genericamente di tipo umano (performer, assistenti, ascoltatori, ...), tecnico (dispositivi elettroacustici e digitali) e ambientale (aspetti architettonici, opportunità logistiche, anche in funzione di altre entità compresenti). Dire che si tratta di diversi tipi di “agenzia” significa che ciascuna fonda la propria funzionalità su una particolare forma di meccanismo ricorsivo “azione ↔ percezione”. Ciò sembra ovvio nel caso di esseri umani, ma deve poter valere in linea di principio (e di fatto) anche per la capacità agentiva di entità macchiniche e ambientali, nonché per l'insieme ecosistemico nel suo complesso.

Non possiamo qui affrontare i molti e diversi aspetti di un simile quadro sistemico [Di Scipio 2020]. Limitiamoci a osservare che l'analisi così condotta porta a individuare, nelle forme di musica elettroacustica dal vivo storicamente praticate

e attestabili anche nel presente, tre nozioni paradigmatiche di *liveness*, secondo il tipo e il grado di agentività riconosciuta o accordata alle componenti dell’ecosistema performativo di volta in volta messo in opera.

1) Nel primo caso, l’umano (performer di vario tipo, assistenti, ecc.) è la sola sorgente d’azione, l’unica componente dell’ecosistema performativo cui è attribuita capacità di collegare “azione” e “percezione”, quindi l’unica istanza cognitiva presente nell’ambiente. Ovviamente ciò non esclude l’insorgenza di *feedback*, cioè possibili condizionamenti e adattamenti indotti dagli esiti conseguiti agendo sulle macchine e nell’ambiente. Né esclude l’eventuale *affordance* che macchine e strumenti (anche tradizionali) esercitano, dato che la loro struttura stimola determinate azioni e manipolazione, mentre ne scoraggia o ne impedisce altre. Resta però che le capacità di comportamento autonomo sono essenzialmente appannaggio della componente umana dell’ecosistema performativo. Con tutta evidenza, si tratta della nozione di *liveness* più ricorrente nel repertorio musicale con elettronica dal vivo, come confermano le principali riflessioni sull’argomento [Emmerson 2007; Sanden 2013].¹⁴

2) Viene riconosciuto e assegnato un certo grado di autonomia alle macchine, laddove esse presentino una forma ancorché minimale e rudimentale di circuito cognitivo “azione ↔ percezione”, insomma una qualche capacità auto-regolativa (non si tratta, dunque, della sola *affordance* di eventuali interfacce fisiche e gestuali). Attenzione, “autonomia delle macchine” non deve evocare necessariamente la modellazione di meccanismi percettivi umani: non si tratta di rifare l’umano, di introdurre un’intelligenza artificiale capace in qualche misura di agire da performer, ma di riconoscere il contributo attivo che hanno anche fattori già ampiamente consolidati e conosciuti (ma anche ampiamente misconosciuti), quali i fattori di limitazione e di nonlinearietà dei processi di conversione elettroacustica (che sono forme di mediazione, dunque processi non neutri) ed eventuali meccanismi di auto-osservazione e auto-regolazione implementati in vari

14. La produzione europea di musica con elettronica dal vivo in gran parte riflette questo primo paradigma (per esempio i lavori di Boulez), benché in certi casi sia riconosciuto un certo ruolo “agenziale” ai mezzi audio-numeric (per esempio lavori di Philippe Manoury o di Thomas Kessler) e agli spazi performativi (Nono). Pur nelle differenti prerogative estetiche, anche lo sperimentalismo elettroacustico radicale presenta casi emblematici del genere, sia negli Stati Uniti (come nei primi lavori con sintesi digitale dal vivo di John Bishoff, a metà anni 1970, poi nelle proposte dei collettivi californiani The League of Automated Composers e The Hub), sia in Europa (come nelle performance di Michel Waisvisz o quelle del collettivo Sensorband, con sensori per il controllo a distanza di apparati di sintesi, o ancora come nel *bricolage* elettromeccanico e robotico, spesso ironico e provocatorio, di Godfried Willem-Raes).

dispositivi analogici e/o digitali, il cui funzionamento formalmente costituisce un circuito “azione ↔ percezione”, benché assolutamente elementare.¹⁵ Questa potenziale *agentività macchinica* è insita, per esempio, in opere installative intermediali che modificano il proprio funzionamento al variare di occorrenze ambientali,¹⁶ nonché in approcci performativi piuttosto atipici, ma di rilievo storico-estetico tutt’altro che secondario (e purtroppo raramente presi in esame).¹⁷

Va evidenziato, se mai ve ne fosse bisogno, che qui parliamo appunto di “autonomia”, non di “automazione”. L’automa si limita a mimare il vivente nelle sembianze esteriori [Losano 1991], non partecipa di alcuna analogia con le funzionalità che lo specificano. In generale, diciamo “automatico” o “automatizzato” un sistema o processo governato da controlli preventivamente codificati e ottimizzati rispetto a finalità predisposte (quindi in ogni caso eterodiretto), insensibile e invariabile rispetto a un contesto di contingenze e di condizionamenti concreti, quali specificati nell’unità di tempo e luogo del suo funzionamento. Un comportamento “autonomo” è invece l’esito (sempre incompleto) di un’apertura e di un confronto (sempre incerto) con possibili forze “eteronome” e altre sorgenti di condizionamento.¹⁸

3) Viene riconosciuta capacità agentiva a tutte le principali componenti del dispositivo performativo, ciascuna secondo prerogative proprie, *ivi compreso l’ambiente*. Si può parlare di un sistema “multi-agente”, potenzialmente dotato di *interagentività*.¹⁹ Qui preferiamo parlare di *agentività ecosistemica* [Di Scipio

15. Ciò si può ricollegare alla ricerca interdisciplinare indicata come *minimal cognition* [Ettxerria et al. 1994; Barandiaran – Moreno 2006; van Duijn et al. 2006]: invece di studiare sistemi cognitivi molto complessi (come quello dell’essere umano) e poi ridurne la complessità in modelli di laboratorio, questo tipo di ricerca studia i fenomeni cognitivi di organismi decisamente semplici, ma concretamente esposti al loro ambiente e capaci, grazie all’interazione con l’ambiente, di comportamenti non-banali.
16. Esempi davvero pionieristici possono essere *Musicolours* (1953) e *A Colloquy of Mobiles* (1968) dell’artista e cibernetico inglese Gordon Pask, nonché certe sculture “spazio-dinamiche” realizzate negli anni 1950 dal franco-ungherese Nicolas Schöffer (col supporto dell’azienda olandese Philips).
17. Pensiamo a proposte emerse nell’alveo dello sperimentalismo post-cageano (lavori di David Berhman, David Tudor, Alvin Lucier, Nicolas Collins e altri ancora) e alle sue controparti europee (Hugh Davies, Richard Orton, il collettivo Gentle Fire, Mario Bertoncini, ecc.).
18. Si pone il problema di come valutare il grado di “autonomia” di sistemi musicali elettroacustici e computerizzati. Una prima riflessione è stata proposta da O. Bown e A. Martin [2012].
19. “Interagentività” e “sistemi multi-agente” sono temi di ricerca dell’intelligenza artificiale ripresi in recenti sviluppi informatico-musicali, talvolta collegati a contesti di improvvisazione musicale o comunque a forme d’arte sonora interattiva e processuale [Dahlstedt – McBurney 2006; Rammert 2008; Borgo – Kaiser 2010; Borgo 2016; Bown et al. 2014; Stapleton 2017; Tatar – Pasquier 2019]. Il problema è che in nessuno di tali sviluppi il concreto ambiente circostante è considerato come agenzia performativa o come medium di

– Sanfilippo 2019; Di Scipio 2020], a denotare una dinamica nonlineare e complessa emergente dal sovrapporsi e dal reciproco influenzarsi di almeno tre sottosistemi ricorsivi: “performer ↔ macchine”, “performer ↔ ambiente” e “macchine ↔ ambiente”. È il caso di varie proposte (sia performative, sia installative) segnate da forte integrazione operativa fra le diverse risorse esecutive e segnato certamente da una tensione creativa a *comporre il dispositivo performativo*, a identificare l’opera con la particolare prassi esecutiva e la particolare infrastruttura tecnica delineata. Qui il dispositivo performativo non ha più nulla di un una configurazione tecnica standard, neutrale rispetto alle concrete possibilità, il cui funzionamento sia invariabile rispetto all’unità di tempo e luogo dell’esperienza partecipe e condivisa.²⁰

Ora, questo schema tripolare serve solo a orientarsi: le tre nozioni di *liveness* così caratterizzate rinviano a una realtà ben più articolata, dove appaiono spesso compresenti nella stessa pratica performativa, ma con pesi di volta in volta diversi. In ogni caso, esse individuano un *continuum* di opzioni concrete ai cui estremi si trovano una “nozione debole” della *liveness* (capacità agentive accordate solo a performer umani) e una “nozione forte” (capacità agentive accordate anche a macchine e ambiente). La “nozione forte” corrisponde al materializzarsi di una sorta di agenzia “distribuita” e “situata” al tempo stesso, cioè appunto di una sorta di *agenzia ecosistemica* — termine auspicabilmente utile per sottolineare che l’ambiente costituisce un mediatore attivo delle interazioni energetiche e informazionali fra le altre risorse esecutive, e pertanto un agente determinante del processo esecutivo e dell’identità formale e sistemica dell’opera.

Va da sé che questa terminologia — nozione «forte» e «debole» — non allude a un criterio di giudizio: serve solo, come si diceva, a orientarsi a fronte delle multiformi tendenze creative recenti e contemporanee quanto alla relazione operativa tra esseri umani, macchine e ambiente. Si deve però notare che il potenziale agentivo di un concetto forte di *liveness* sembra qualificare la dimensione vivente della performance *live electronics* con esattezza appropriata alle condizioni storiche attuali, cioè alla matassa di relazioni mutualiste e simbiotiche che costituiscono la convivenza (e la connivenza) del nostro odierno *abitare i*

interazione tra agenzie performative diverse. Da qui la necessità di parlare piuttosto di *agentività ecosistemica*.

20. A parte alcuni importanti contributi di Gordon Mumma e David Berhman, qui pensiamo soprattutto a installazioni sonore interattive recenti (per esempio nel lavoro di John Driscoll, David Dunn, Ron Kuivila, Pedro Rebelo, Michelangelo Lupone, Lauren Hayes, e altri ancora) e a tutto un repertorio più recente con “sola elettronica dal vivo” (come in vari autori già citati, o nel lavoro condotto negli ultimi venticinque anni dall’autore di queste annotazioni).

media elettronici, e che riflettono insomma il fenomeno epocale del *divenire-ambiente* della tecnica (su cui andiamo a soffermarci, nel segmento finale delle nostre riflessioni). Parlare di “agentività ecosistemica” è utile anche per sottolineare come le corrispondenti pratiche sonore creative rappresentino forme di sensibilità particolarmente in sintonia con le problematiche che collegano tecnologia ed ecologia nel mondo contemporaneo, facendosi così espressive di più profonde mutazioni cognitive ed epistemologiche.²¹

Un simile approccio teorico-operativo al carattere “vivente” della performance con *live electronics* potrà suggerire ulteriori e più dettagliati approfondimenti inter- e soprattutto trans-disciplinari. A tal fine sarà importante individuare la prassi creativa nel suo insieme come una forma di “ricerca artistica” — ovvero, nel nostro caso, come una forma di «epistemologia sperimentale della musica» [Di Scipio 2008; 2012; 2020] in cui la prassi alimenta la teoria che la alimenta.

5. La “condizione tecnologica”: il *divenire-ambiente* della tecnica

L'analisi della *liveness* condotta nelle tre sezioni precedenti appare particolarmente opportuna per caratterizzare il rilievo di pratiche creative di solito percepite come piuttosto circoscritte (o “di nicchia”, come usa dire), ma che in realtà interrogano direttamente questioni di ampio e diffuso interesse. Infatti, come potrebbe il carattere *vivente* di dispositivi performativi altamente tecnicizzati e mediatizzati non avere implicazioni di pertinenza *biopolitica*? Come potrebbe non legarsi alle mutazioni della sensorialità, della percezione del tempo e dello spazio, che lo sviluppo delle varie forme di medialità produce e riflette al tempo stesso? L'ultimo segmento della nostra riflessione non vuole trarne delle “conclusioni” (che, da un punto di vista teorico-operativo e analitico, sono in fondo già contenute nelle pagine precedenti, benché in forma preliminare e anche solo liminare). Cercheremo invece di collegare tra loro alcuni degli aspetti trattati, proiettandoli in una prospettiva più ampia, cercando di delineare il significato delle pratiche sonore *live electronics* sul piano storico.

Tra le massime questioni del mondo contemporaneo vi è effettivamente quella della relazione circolare che lega uomo, tecnica e ambiente — questione decisiva non solo dei processi d'individuazione ecologica e biologica, ma anche dei processi di produzione della soggettività individuale e sociale [Agamben 2002;

21. Alludiamo alla “epistemologia ecosistemica” che sorge laddove il pensiero sistemico di origine cibernetica [von Bertalanffy 1969] e bio-cibernetica [von Foerster 1960; 1974, Maturana – Varela 1980] appaia coniugato da istanze di “ecologia generale” ([Bateson 1977, Morin 1977; 1986; Le Moigne 1977] come pure nelle le recenti prospettive neo-cibernetiche [Clarke – Hansen 2009]) e da istanze di ecologia politica e dei rapporti sociali [Bookchin 1994; Castoriadis 2005; Miermont 1995].

Stiegler 2013]. A suo tempo, Gilbert Simondon aveva parlato di una «relazione a tre tempi» [1969, 79] nella forma della catena lineare «uomo → macchina → ambiente». In realtà quella catena si sarebbe ben presto rivelata un circolo ricorsivo, dato dall’interazione permanente fra tre circuiti di retroazione:

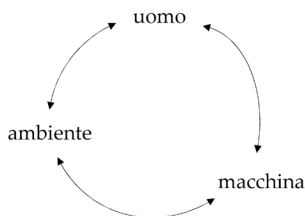


Fig. 1

La doppia freccia (in figura 1) significa «fa qualche cosa a» e «riceve o subisce qualche cosa da». I tre domini d’interazione di tale schema sono eponimi dei tre sottosistemi del dispositivo performativo prima richiamati: “performer ↔ macchina”, “performer ↔ ambiente” e “macchina ↔ ambiente”. Non si tratta però solo di *cosa* si produca nei tre domini d’interazione, ma anche di *come* essi si co-determinino.

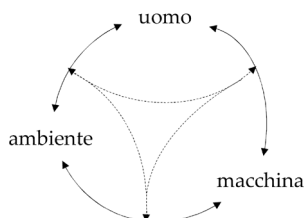


Fig. 2

Si costituisce dunque un campo di interrelazioni genuinamente *complesso*, dove ciascuna linea di connessione corrisponde a una struttura permanente d’interazione e d’interdipendenza, o meglio di causalità reciproca e di co-dipendenza.²² L’anello ricorsivo nel suo insieme definisce il territorio sul quale oggi si giocano, fra le altre cose, le condizioni dell’esperienza vissuta e vivente del suono e della musica.

22. Tecnicamente, la Figura 2 implica una rete di interazioni di “ordine tre” (1 = ordine delle singole componenti, 2 = ordine delle interazioni tra componenti, 3 = ordine delle interazioni tra interazioni delle componenti). Sulla categoria teorico-epistemica della *complessità*, nella relazione circolare così evidenziata, mi limiterei a richiamare prospettive eterogenee [Morin 1977; 2005; Guattari 1989; Clarke – Hansen 2009; Hörl 2012; 2015].

Dare forma sensibile a tale schema ricorsivo può essere considerato infatti un compito maggiore — o forse *il* compito? — della creatività tecnologico-musicale contemporanea. Se non si riducono alla pura e semplice estetizzazione della tecnica e delle innovazioni tecnologiche sempre disponibili, le pratiche performative e installative *live electronics* dovrebbero potersi dare appunto come ambito espressivo e progettuale direttamente corrispondente al quadro di generale ipertecnicizzazione (della relazionalità, della soggettività, della sensibilità).

È evidente che, da molti decenni, oggetti e sistemi tecnici di ogni sorta non rappresentano più una dimensione d'intermediazione neutra e semplicemente "strumentale", limitata al controllo deterministico di relazioni causa-effetto (*instrumentum fini*, e anche *instrumentum regni*): la tecnologia contemporanea, con le sue plurime diramazioni microelettroniche (computazionali, telematiche, robotiche, ecc.), eccede ormai da tempo l'ambito dei mezzi e anche delle "protesi" del corpo o della mente (come poteva essere ancora per Marshall McLuhan qualche decennio fa). Il denso reticolo di dispositivi e sistemi elettronici in cui viviamo sfugge a un'idea puramente "strumentalista" della tecnica, e si configura in definitiva come insieme delle condizioni di esistenza, insomma come «ambiente (*milieu*) di esistenza per l'essere umano» [Simondon 1969, 57].

Questo elemento epocale non solo eccede i limiti di uno strumentalismo semplice, ma trascende anche una concezione più "sostantivista" della tecnica, quale sviluppata nel corso del 20° secolo.²³ In una concezione sostantivista, artefatti e protocolli tecnici che l'uomo costruisce e dispone intorno a sé forgianno il proprio "ambiente esteriore", finendo a loro volta per condizionare e anche forgiare ciò che può dirsi il proprio "ambiente interiore" — l'ambito delle facoltà intellettive ed affettive, delle sensibilità e delle idealità che connotano l'umano.²⁴ Data la per-

23. Sulla distinzione tra visioni "strumentaliste" e "sostantiviste" della tecnica, si veda Feenberg [1991; 2004]. La posizione sostantivista ha comunque il merito non secondario di pensare gli artefatti come agenti di soggettivazione, cioè come fattori di soggettività psichica e cognitiva. La si ritrova in varie e differenti linee di pensiero: ricordiamo il precetto marxiano per cui «l'uomo è i suoi mezzi di azione e di produzione»; ricordiamo l'interpretazione heideggeriana della moderna tecnologia (il *logos* della tecnica) come «evento storico» che sancisce il trionfo della metafisica [Heidegger 1958]. Oppure pensiamo semplicemente al potere formativo e soprattutto deformante che i media telematici oggi esercitano sulla psiche individuale e collettiva, o ancora alle biotecnologie che da vent'anni a questa parte si sono rivelate capaci di alterare l'unità fisiologica e biologica di organismi viventi complessi — compreso il corpo umano.

24. La distinzione «*milieu extérieur / milieu intérieur*» risale al lavoro del biologo Claude Bernard (metà del XIX secolo). La biologia teorica odierna tende a considerare i due termini non tanto in opposizione, quanto in relazione di complementarità, in modo da valutare sia «la relativa indipendenza dei processi biologici in rapporto ai fenomeni ambientali» sia «la necessaria interazione con essi» [Bich 2012, 20]. Questa concezione appare limitrofa a quella dei "sistemi auto-poietici", cioè di quei sistemi che in quanto "sistemi viventi" (biologici e sociali) sono «costantemente impegnati a conservarsi, ma anche a crescere e

vasività del fenomeno, sembra necessario un pensiero più attento ai contatti, ai legami, alle combinazioni, alle ibridazioni, alla complessità dei livelli di esistenza, insomma capace di cogliere la reciprocità e anche la continuità fra «interno» (*psyché*) ed «esterno» (*òikos*), superandone la troppo netta dicotomia. Sembra necessario esplorare il nesso — indissociabile nella condizione umana — tra tecnologia (capacità di produzione, in senso lato) ed ecologia (capacità di relazione, in senso altrettanto lato), accogliendo e sviluppando l’idea fondamentale per cui «vi è continuità tra tecnica e natura» [Simondon 1969, 244].

Ora, come è stato osservato da vari orientamenti di pensiero, la creatività artistica costituisce un territorio d’esperienza umana particolarmente fertile per cogliere ed esprimere quel nesso di continuità, almeno laddove la prassi individuale e collettiva si apra all’incrocio e alla pluralità delle competenze e delle sensibilità, alla mistura dei contesti di produzione di conoscenza e di senso che Félix Guattari raccoglieva nella sua idea di «paradigma estetico» [Guattari 1989].

Negli ultimi decenni si è sempre più spesso parlato di “ecologia” non solo nel senso dell’ecologia scientifica (campo di ricerca specifico “ristretto” agli ecosistemi naturali, alla gestione di materie inquinanti e di risorse energetiche, ecc.), ma anche nel senso di una «ecologia generale»: ²⁵ si è constatato un mutamento antropologico laddove quasi ogni segmento di esperienza individuale e collettiva è attraversato da un dedalo di mediazioni disseminate e distribuite nelle innumerevoli stratificazioni tecniche che alla fine formano, appunto, il nostro spazio vitale — una “natura seconda” ormai fattuale e oggettiva, ma anche costantemente *in fieri*, di volta in volta rinegoziabile nella sua portata. Si tratta d’infrastrutture complesse (reti di consumo, di produzione, reti comunicative, formative, ecc.) la cui interdipendenza capillare consolida, ma al tempo stesso omogenizza e fragilizza, il modo di abitare e di vivere dell’uomo sulla terra.

Siamo insomma nell’epoca del *divenire-ambiente* della tecnica: l’esperienza è (de)composta, frammentata e riasssemblata attraverso processi e dispositivi diversi, imbricati gli uni negli altri, ai quali rimettiamo molte (tendenzialmente tutte) le nostre azioni e relazioni. Ciò peraltro comporta un ripetuto esercizio di remissione di responsabilità, un enorme processo di de-responsabilizzazione delle singole coscienze che alla fine deriva in una “irresponsabilizzazione” collettiva.

svilupparsi mediante contatto permanente con il loro ambiente esterno» [Bich – Arnellos 2012, 79 e 98]. Un sistema vivente sussiste “nonostante” i condizionamenti dell’ambiente ma essenzialmente anche “grazie” ad essi, in simbiosi o meglio in “autonomia dipendente” (per riprendere ancora Morin).

25. Riprendo l’opposizione «ecologia ristretta / ecologia generale» da Hörl [2012]. In certi autori, concetti quali “ecologia generale” o “ecologia generalizzata” sono limotrofi alla “ecologia” di cui inizialmente hanno parlato Félix Guattari [1989], da filosofo e psichiatra, e Arne Naess [1989], da filosofo e ambientalista militante. Si vedano i vari richiami in nota 20 e nota 21.

Viviamo dentro (non più di fronte a) sistemi e dispositivi elettronici, digitali e non (il digitale non vale a nulla senza decisive trasduzioni analogiche e meccaniche), ai quali deleghiamo parte sempre più grande di noi stessi. Oggetto concreto di tale remissione, che cresce col “distribuirsi” della cognizione nell’ambiente, sono in fondo le nostre capacità conoscitive e di scelta, con ripercussioni sulle dimensioni emotive, etiche, ecc. L’informatica parla di “ecosistemi software”, la mass-mediologia parla di “ambienti elettronici” (la sociologia dei media è oggi anche o soprattutto «ecologia dei media» [Strate 2004]). Questa “ecologizzazione della tecnica” è un fenomeno di impatto tale che il tentativo di coglierlo e analizzarlo appare come il più grande «compito del pensiero» del nostro tempo (come dice il poeta Michel Deguy [2012, 31]).²⁶

Trent’anni fa, Félix Guattari parlò di «tre ecologie» — quella della *physis* (ecologia scientifica), della *psyche* (ecologia della mente, dinamiche di costruzione della soggettività) e del *socius* (ecologia dei rapporti di convivenza, dinamiche di costruzione dei rapporti sociali e delle istituzioni). Oggi altri teorici parlano di «mille ecologie», con un’iperbole che vuole dire l’incomprimibile quantità di linee relazionali che s’intravedono nella trama reticolare — ma anche granulare, pulviscolare, se non infine gassosa — della realtà odierna [Bogue 2009; Hörl 2012; Hörl 2013]. Jean-Luc Nancy ha proposto il neologismo «eco-tecna» [Nancy 1996]. Timothy Morton pone la questione di una «ecologia senza natura» [Morton 2007], sottolineando che gli ambienti di cui si occupa l’ecologia scientifica sono tutti ineluttabilmente in qualche misura antropizzati, artificializzati, vissuti come modelli, cioè come abiti cognitivi senza presa diretta sul sostrato ultimo di un’effettiva “madre natura” (un’immagine, quest’ultima, sempre più astratta, un residuo idealista sempre più surrogato e fittizio nonostante tutta l’ecologia, l’ambientalismo, il paesaggismo e le altre innumerevoli istanze naturalistiche di maggior o minor impatto sull’immaginario collettivo). Oggi talvolta usiamo, anche colloquialmente, il termine “antropocene” per denotare appunto l’epoca geologica attuale come segnata dall’impatto decisivo che la sconfinata produttività energivora dell’uomo ha avuto e continua ad avere sul pianeta terra.

L’ecologia scientifica, nata a metà del XIX secolo nell’alveo delle discipline biologiche, si è presto indirizzata alle interdipendenze materiali ed energetiche

26. Le reti telematiche a grande connettività (internet) sono sicuramente un’immagine concreta e condivisa di tale fenomeno storico. Però non è affatto possibile assolutizzarne il ruolo e farne un paradigma totalizzante, data l’enorme diversità di contesti in seno ai quali — lungo tutta la tarda modernità e la postmodernità — ogni sorta di agente tecnico è disincarnato si è mescolato al vissuto individuale e collettivo, innestandosi anche nell’esperienza del corpo.

della grande diversità degli ecosistemi terrestri [Odum 1953].²⁷ Un secolo dopo, essa ha oltrepassato il campo delle scienze naturali diventando ambito di progettazione, assimilandosi a una forma d'ingegneria: alcuni settori dell'ecologia contemporanea s'indirizzano al «design eco-sistemico» [Prominski 2007] e all'implementazione di «techno-ecosystems» [Odum 2001].

D'altro canto, è proprio la condizione umana che si rivela costitutivamente «condizione tecnologica» [Hörl 2015]. Non è solo questione dell'iper-tecnologizzazione della vita quotidiana, degli ambienti di lavoro, di studio e di gioco, dei luoghi in cui viviamo e operiamo, dove infatti sia la dimensione biologica (quindi anche la medicina e le reti di assistenza sanitaria) sia la socialità e la cultura evolvono in funzione di complesse connessioni e protesi tecnologiche (si ricordi la figura del *cyborg* [Haraway 1991]). Si tratta anche del fatto che la condizione umana è costitutivamente legata alla *costruzione dell'ambiente*: non si dà ambiente che non sia specificato dalle unità sistemiche biologiche che lo abitano e che non sia — in particolare nel caso che ci riguarda più direttamente — uno spazio costruito, configurato dall'uomo. Per Gilbert Simondon, ogni luogo vissuto è un «insieme misto [...] di umano e di non-umano». Dove “non-umano”, per Simondon, poteva ancora significare “naturale” o “tecnico”, secondo il caso. Essendovi tuttavia “continuità” tra tecnico e naturale, ed essendo ogni artefatto tecnico pur sempre “umano”, si può trarre la conclusione: siamo «natural-born *cyborgs*» [Clark 2003].

In questa prospettiva la tecnica non è che esteriorizzazione e oggettivazione concreta delle facoltà di azione e conoscenza dell'uomo. Il *sapiens* diventa tale dotandosi di artefatti (utensili, strumenti, dispositivi) e configurando con essi il proprio habitat, il proprio ambiente specifico. L'idea di *esteriorizzazione* — dovuta all'antropologo André Leroi-Gourhan [1945] e notoriamente sviluppata più di recente dal filosofo Bernard Stiegler, tra gli altri — è limitrofa al concetto di *cognizione distribuita* delle scienze sociali, dove si sottolinea la convergenza spaziale tra “azione situata” (ogni azione è condizionata da uno specifico contesto fisico) e “ambiente cognitivo” (il contesto fisico circostante è deposito di capacità cognitive e agentive esteriorizzate) [Laville 2000].

A un primo livello, «le facoltà cognitive umane non sono quelle di una mente individuale, isolata da un contesto di circostanze... [ma quelle di una mente] “implicata” da un insieme di entità» e dall'ambiente che esse condividono

27. L'atto di nascita è di solito riconosciuto nella pubblicazione del secondo tomo della *Generelle Morphologie der Organismen* di Ernst Haeckel [1866], dove è usato appunto il neologismo *Ökologie* per indicare «la scienza delle relazioni tra organismo e ambiente, ivi comprese, in senso ampio, tutte le sue “condizioni di esistenza” [...] parzialmente organiche e parzialmente inorganiche» [Haeckel 1866, 286]. Tale definizione fondamentale ritorna nell'ecologia scientifica moderna [Odum 1953; Odum – Barrett 2005].

[Quéré 1997, 175 e 165]. A un secondo livello, una volta costruito, situato nello spazio e reso operante, ogni dispositivo tecnico retroagisce sulle facoltà umane «dall'esterno», chiudendo così un "ciclo di retroazione" attraverso l'ambiente. Ciò è fondamentale in effetti per ogni sistema vivente, per ogni organismo minimamente capace di percezione e cognizione. In definitiva, ogni vivente «include entro i confini della propria esistenza anche l'ambiente in cui vive» [Cappuccio 2009, 22]. Come aveva indicato Heinz von Foerster negli anni 1960 — e come avrebbero ripetuto diversamente, negli anni 1970 e 1980, Humberto Maturana, Francisco Varela e altri cibernetici "di seconda generazione" — quel ciclo ricorsivo attraverso l'ambiente è strutturale nei sistemi cognitivi di ogni tipo, e nell'uomo (nonché in altri primati) determina il «circolo creativo» da cui emergono la coscienza e la mente [von Foerster 2003]. Nei termini dell'antropologo Tim Ingold, «la mente non è limitata al corpo» [Ingold 2011, 86]: esteriorizzazione e oggettivazione delle facoltà cognitive fanno dell'ambiente un fattore *agente*, una forza attiva "interna" al dominio cognitivo degli organismi che lo abitano. Rispetto a questi ultimi, un ambiente è un agente fisicamente "esterno", ma cognitivamente "interno" [Simondon 1969, Barthélemy 2015]. Lo spazio fisico in prossimità di un organismo diventa così il suo "ambiente specifico" o "ambiente associato" (il suo *Umwelt*, per dirla con un altro pioniere [von Uexküll 1956]). Esso concretizza un legame di coappartenenza che rende materialmente possibili scambi dinamici, interdipendenze e coproduzioni proprie dell'unità sistemica costituita dalla coppia "organismo — ambiente" o, meglio, dal circuito ricorsivo "organismo ↔ ambiente". Ogni unità sistemica biologica e ogni comunità biologica e culturale è (normalmente) intenta alla cura e alla trasformazione del proprio ambiente in coevoluzione con lo spazio fisico circostante e con altre unità sistemiche che lo abitano.

Gli ambienti iper-tecnicizzati in cui oggi viviamo, configurati da una pluralità di media elettronici, consolidano la "condizione tecnologica" contemporanea come frontiera storico-antropologica che proietta questo aspetto costitutivo dell'umano, in modi evidentemente mai esperiti prima. Laddove opera creativamente (cioè criticamente) sulla sua stessa "condizione tecnologica", la creatività performativa della musica elettronica *dal vivo* — funzione della logica ecosistemica emergente nell'accoppiamento elettroacustico tra agenti diversi — rende udibile che la condizione tecnologica generale è condizione propriamente umana, fin "troppo umana".

Bibliografia

- AGAMBEN G. (2002), *L'aperto. L'uomo e l'animale*, Bollati Boringhieri, Torino.
- APPLETON J. (1990), *Composer pour de nouveaux instruments*, «Contrechamps», n.11, pp. 9–20.
- AUSLANDER P. (1999), *Liveness. Performance in a Mediatized Culture*, Routledge, Londra.
- BARANDIARAN X. – MORENO A. (2006), *On what makes certain dynamical systems cognitive: a minimally cognitive organization program*, «Adaptive Behavior», 14/2, pp. 171–185.
- BARBARAS R. (2002), *Francisco Varela: a new Idea of Perception and Life*, «Phenomenology and the Cognitive Sciences», 1, pp. 127–132.
- BARTHÉLÉMY J. H. (2015), *Life and Technology: An Inquiry into and beyond Simondon*, Leuphana, University of Lüneburg.
- BATESON G. (1977), *Vers une écologie de l'esprit (I)*, Éditions du Seuil, Paris; (ed. orig. *Towards and Ecology of Mind*, Chandler Publishing Company, 1971).
- BATTIER M. (cur. 1999), *Aesthetics of Live Electronic Music*, «Contemporary Music Review», 18/3.
- BENJAMIN W. (1966), *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*, in Id., *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica. Arte e società di massa*, Einaudi, Torino.
- BÉRANGER S. (2009), *Réflexions partisans sur l'usage du live-electronic dans nos musiques savantes*, Actes des Journées d'Informatique Musicale, Grenoble, pp. 35–39.
- BERNARDINI N. (1986), *Live electronics*, in R. Doati – A. Vidolin (cur.), *Nuova Atlantide. Il continente della musica elettronica 1900–1986*, La Biennale di Venezia, pp. 61–78.
- BICH L. (2012), *L'ordine invisibile. Organizzazione, autonomia e complessità del vivente*, Soveria Mannelli, Rubbettino.
- BICH L. – ARNELLOS A. (2012), *Autopoiesis, Autonomy, and organizational Biology. Critical Remarks on Life After Ashby*, «Cybernetics and Human Knowing», 19/4, pp. 75–103.
- BOGUE R. (2009), *A Thousand Ecologies*, in B. Herzogenrath (cur.), *Deleuze, Guattari & Ecology*, New York, Palgrave MacMillan, pp. 42–56.
- BONARDI A. (2015), *Rejouer une oeuvre avec l'électronique temps réel: enjeux informatiques et musicologiques*, in N. Donin – A. Grésillon – J. L. Lebrave (cur.), *Génèses musicales*, Presses de l'Université Paris-Sorbonne, pp. 239–254.
- BOOKCHIN M. (1994), *Quelle écologie radicale? Écologie sociale et écologie profonde en débat*, Atelier de Création Libertaire, Lyon.
- BORGIO D. (2016), *The Ghost in the Music, or the Perspective of an improvising Ant*, in G. Lewis – B. Piekut, *The Oxford Handbook of Critical Improvisation Studies*, Oxford University Press, pp. 91–113.
- BORGIO D. – KAISER J. (2010), *Interactivity, Ideology, and Agency in Electro-acoustic improvised Music*, Atti della conferenza *Beyond the Centres. Musical Avant-Gardes Since 1950*, Thessaloniki.

- BORN G. (2012), *Relational Ontologies and Social Forms in Digital Music*, in D. Peters, G. Eckel e A. Dorschel (cur.), *Bodily expression in electronic music: perspectives on reclaiming performativity*, Routledge, Londra, pp. 163–180.
- BOWN O. – MARTIN A. (2012), *Autonomy in Music-Generating Systems*, Atti della conferenza Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment, Stanford University.
- BOWN O. – GEMEINBOECK P. – SAUNDERS R., *The Machine as Autonomous Performer*, in L. Candy e S. Ferguson (cur.), *Interactive Experience in the Digital Age. Evaluating New Art Practice*, Berlin Heidelberg, Springer, 2014.
- CANGUILHELM G. (2009), *La connaissance de la vie*, Vrin, Paris (prima edizione 1952).
- CAPPUCCIO M. (cur. 2009), *Introduzione*, in Id., *Neurofenomenologia. Le scienze della mente e la sfida dell'esperienza cosciente*, B. Mondadori, Milano, pp. 17–64.
- CASTORIADIS C. (2005), *La force révolutionnaire de l'écologie* (intervista raccolta da P. Egré nel 1992), in Id., *Une société à la dérive. Entretiens et débats 1974–1997*, Seuil, Paris, pp. 241–250.
- CENTORE L. (2011), *Du processus dans l'art contemporain. Une tentative de définition*, École Nationale Supérieure des Arts Visuels «La Cambre», Université libre de Bruxelles.
- CHADABE J. (1997), *Electric Sound. The Past and Promise of Electronic Music*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- CHION M. – REIBEL G. (1976), *Les musiques électroacoustiques*, INA-GRM, Paris.
- CLARK A. (2003), *Natural-born Cyborgs. Minds, Technologies, and the Future of Human Intelligence*, Oxford University Press.
- CLARKE B. – HANSEN M. (cur. 2009), *Emergence and Embodiment: new Essays on Second-order Systems Theory*, Duke University Press.
- COLLINS N. (2009), *Handmade Electronic Music. The Art of Hardware Hacking*, Routledge, New York.
- CONT A. (2012), *Synchronisme musical et musiques mixtes: du temps écrit au temps produit*, «Circuit», 22/1, pp. 9–24.
- COURTIAL J. P. (2009), *Connaissance et conscience par couplage biocognitif*, «Bulletin de psychologie», 500/2, pp. 149–159.
- CROFT J. (2007), *Theses on liveness*, «Organised Sound», 12/1, pp. 59–66.
- DAHLSTEDT P. – MCBURNEY P. (2006), *Musical Agents: Toward Computer-Aided Music Composition Using Autonomous Software Agents*, «Leonardo», 39/5, pp. 469–470.
- DAVIES H. (1981), *Making and Performing Simple Electroacoustic Instruments*, in R. ORTON (cur.), *Electronic Music for Schools*, Cambridge University Press, pp. 152–74.
- DEGUY M. (2012), *Écologiques*, Hermann, Paris.
- DEPRAZ N. (1998), *Registres phénoménologiques du sonore*, in J.M.Chouvel–M. Solomos (cur.), *L'Espace: Musique/Philosophie*, L'Harmattan, Paris, pp. 3–15.
- DI SCIPIO A. (2005), *Per una crisi del "live-electronics". I am sitting in a room di Alvin Lucier*, «Rivista di Analisi e Teoria Musicale», 2005/2, LIM, pp. 111/134.

- DI SCIPIO A. (2008), *Émergence du son, son d'émergence, Essai d'épistémologie expérimental par un compositeur*, in A. Sedes (cur.), *Musique et cognition*, numero speciale di «Intellectica. Revue de l'Association pour la recherche cognitive», 48/49, pp. 221–249.
- DI SCIPIO A. (2012), *Ascoltare l'evento del suono. Note per una biopolitica della musica*, in A. Capanna – F. Cifariello Ciardi – A.I. Del Monaco – M. Gabrieli – L. Ribichini – G. Trovalusci (cur.), *Musica & Architettura*, Edizioni Nuova Cultura, Roma, pp. 63–70.
- DI SCIPIO A. (2016), *Objet sonore? Événement sonore! Idéologies du son et biopolitique de la musique*, in M. Solomos – R. Barbanti – G. Loizillon – K. Paparrigopoulos – C. Pardo (cur.), *Musique et écologies du son. Propositions théoriques pour une écoute du monde*, Paris, L'Harmattan.
- DI SCIPIO A. (2017), *Storia della musica e storia nella musica. Alcune riflessioni sulle pratiche elettroacustiche*, «Musica/Realtà», 114, pp. 25–57.
- DI SCIPIO A. (2018), *Dwelling in a Field of Sonic Relationships. “Instrument” and “Listening” in an Ecosystemic View of Live Electronics Performance*, in SALLIS et al., pp. 17–45.
- DI SCIPIO A. (2020), *Qu'est-ce qui est «vivant» dans la performance live electronics? Une perspective écosystémique des pratiques musicales et d'art sonore* (in corso di stampa, L'Harmattan, Paris).
- DI SCIPIO A. (2021), *Circuiti del tempo. Un percorso storico-critico nella creatività musicale elettroacustica e informatica*, LIM, Lucca.
- DI SCIPIO A. – SANFILIPPO D. (2019), *Defining Ecosystemic Agency in Live Performance. The Machine Milieu Project as Practice-Based Research*, in M. Akkerman – R. Gotfried (cur.), *Agency*, «Array», (senza numerazione, numero speciale).
- EMMERSON S. (1994), *Live versus real-time*, «Contemporary Music Review», 10/2, pp. 95–101.
- EMMERSON S. (2007), *Living Electronic Music*, Ashgate, Aldershot.
- EMMERSON S. (2012), *Live Electronic Music or Living Electronic Music?*, in D. Peters – G. Eckel – A. Dorschel (cur.), *Bodily Expression in Electronic Music: Perspectives on Reclaiming Performativity*, Routledge, Londra, pp. 152–162.
- ETXEBERRIA A. – MERELO J. J. – MORENO A. (1994), *Studying Organisms with Basic Cognitive Capacities in Artificial Worlds*, «Intellectica. Revue de l'Association pour la recherche cognitive», 18, pp. 45–69.
- FEENBERG A. (1991), *Critical theory of technology*, Oxford University Press.
- FEENBERG A. (2004), *(Re)penser la technique. Vers une technologie démocratique*, La Découverte, Paris.
- GOFFMAN E. (1974), *Frame Analysis: An Essay on the Organization of Experience*, Penguin, Harmondsworth.
- GREEN O. (2013), *User serviceable parts. Practice, technology, sociality and method in live electronic musicking*, PhD Thesis, City University, Londra.
- GUATTARI F. (1989), *Les trois écologies*, Éditions Galilée, Paris.
- GUMBRECHT H. U. (2004), *Production of Presence*, Stanford University Press.

- HAECKEL E. (1866), *Allgemeine Entwicklungsgeschichte der Organismen (Generelle Morphologie der Organismen)*, Tomo II, Reimer, Berlin.
- HARAWAY D. (1991), *Simians, Cyborgs, and Women: The Reinvention of Nature*, Free Association Books, London.
- HEIDEGGER M. (1958), *La questione della tecnica*, in G. Vattimo (cur.), *Martin Heidegger, Saggi e discorsi*, Mursia, Milano, pp. 5–27, (ed. orig. 1954).
- HÖRL E. (2012), *Le nouveau paradigme écologique. Pour une écologie générale des médias et des techniques*, «Multitudes», 4/51, pp. 74–85.
- HÖRL E. (2013), *A Thousand Ecologies. The process of Cyberneticization and General Ecology*, in D. DIEDERICHSEN–A. FRANKE (cur.), *The Whole Earth. California and the Disappearance of the Outside*, Sternberg, Berlin, pp. 121–130.
- HÖRL E. (2015), *The Technological Condition*, «Parrhesia», 22, pp. 1–15.
- INGOLD T. (2011), *Being Alive: Essays on Movement, Knowledge and Description*, Routledge, London.
- JANZ T. (2011), *Performativity and the Musical Work of Art*, in W. Bernhart (cur.), *Word and Music Studies. Essays on Performativity and on Surveying the Field*, Rodopi, Amsterdam, pp. 1–15.
- JONAS H. (1999), *Organismo e libertà*, Einaudi, Torino (ed. orig. 1966).
- LA VILLE F. (2000), *La cognition située. Une nouvelle approche de la rationalité limitée*, «Revue économique», 51/6, pp. 1301–1331.
- LE MOIGNE J. (1977), *La théorie du système général. Théorie de la modélisation*, Presse Universitaire de France, Paris.
- LEROI – GOURHAN A. (1945), *Milieu et technique*, Éditions Albin Michel.
- LOSANO M. (1991), *Storie di automi. Dalla Grecia classica alla belle époque*, Einaudi, Torino.
- MANNING P. (1985), *Electronic and Computer Music*, Clarendon Press, Oxford.
- MATURANA H. (2002), *Autopoiesis, Structural Coupling and Cognition: a history of these and other notions in the Biology of Cognition*, «Cybernetics & Human Knowing», 9/3–4, pp. 5–34.
- MATURANA H. – VARELA F. (1980), *Autopoiesis and Cognition. The Realization of the Living*, Reidel, Dordrecht.
- MCCORMICK L. (2015), *Performance Perspectives*, in J. Shepherd–K. Devine (cur.), *The Routledge Reader on the Sociology of Music*, Routledge, New York, pp. 117–126.
- MERLEAU-PONTY M. (1945), *Phénoménologie de la perception*, Gallimard, Paris.
- MIERMONT J. (1995), *Réalité et construction des connaissances*, «Revue Internationale de Systémique», 9/2, pp. 251–268.
- MORIN E. (1977), *La méthode (1). La nature de la nature*, Seuil, Paris.
- MORIN E. (1986), *La méthode (3). La connaissance de la connaissance*, Seuil, Paris.
- MORTON T. (2007), *Ecology without Nature. Rethinking Environmental Aesthetics*, Harvard University Press, Cambridge MA.

- MUMMA G. (1975), *Live-electronic music*, in J. Appleton – R. Perera (cur.), *The Development and Practice of Electronic Music*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, pp. 286–335.
- MURAIL T. (1991), *Écrire avec le Live-electronic*, «La Revue Musicale», 421–424, p. 98.
- NAESS A. (1989), *Ecology, Community and Lifestyle*, Cambridge University Press.
- NANCY J. (1996), *Être singulier pluriel*, Éditions Galilée, Paris.
- ODUM E. (1953), *Fundamentals of Ecology*, W. B. Saunders, Philadelphia.
- ODUM E. (2001), *The techno-ecosystem*, «Bulletin of the Ecological Society of America», 8/ 2, pp. 137–138.
- ODUM E. – BARRETT G. (2005), *Fundamentals of Ecology*, Thomson Brooks-Cole, Belmont.
- PANACCIO – LETENDRE C. (2011), *L'œuvre d'art comme dispositif. Hétérogénéité et réévaluation de la notion de public*, PhD Thesis, Université du Québec, Montréal.
- PATTESON T. (2015), *Instruments for New Music: Sound, Technology, and Modernism*, University of California Press.
- PHELAN P. (1993), *Unmarked: The Politics of Performance*, Routledge, London.
- POPPER F. (1980), *Art, action et participation: l'artiste et la créativité aujourd'hui*, Edition Klincksieck, Paris.
- POUSSER H. (cur. 1976), *La musica elettronica. Testi scelti e commentati*, Feltrinelli, Milano.
- PROMINSKI M. (2007), *Ökosysteme entwerfen*, in U. Eisel – S. Körner (cur.), *Landschaft in einer Kultur der Nachhaltigkeit*, Band II, Universität Kassel, pp. 146–157.
- QUÉRÉ L. (1997), *La situation toujours négligée?*, «Réseaux», 85, pp. 163–192.
- RAMMERT W. (2008), *Where the Action is: Distributed Agency Between Humans, Machines, and Programs*, in A. Moore – U. Swifert – J.H. Kim (cur.), *Paradoxes of Interactivity*, Transaction Publishers, London, pp. 63–91.
- SALADIN M. (2017), *Electroacoustic Feedback and the Emergence of Sound Installation: Remarks on a Line of Flight in the Live Electronic Music by Alvin Lucier and Max Neuhaus*, «Organised Sound», 22/2, pp. 268–275.
- SALLIS F. – ZATTRA L. – BURLE I. – BARTOLANI V. (cur. 2018), *Live Electronic Music. Composition, Performance and Study*, Routledge, New York.
- SALTER C. (2010), *Entangled. Technology and the Transformation of Performance*, MIT Press, Cambridge MA.
- SANDEN P. (2013), *Liveness in Modern Music: Musicians, Technology, and the Perception of Performance*, Routledge, New York.
- MURRAY SCHAFER R. (1969), *The New Soundscape*, Berandol, Scarborough Ontario.
- SCHECHNER R. (2002), *Performance Studies. An Introduction*, Routledge, New York.
- SCHNELL N. – BATTIER M. (2002), *Introducing Composed Instruments. Technical and Musicological Implications*, in Atti della Conferenza *New Instruments for Musical Expression*, Dublino, pp. 1–5.

- SIMONDON G. (1969), *Du mode d'existence des objets techniques*, Aubier-Montaigne, Paris; (1a edizione 1958).
- SMALL C. (1998), *Musicking. The Meanings of Performing and Listening*, Wesleyan University Press, Hanover N.E.
- SPITZER L. (1942), *Milieu and Ambience. An Essay in Historical Semantics*, «Philosophy and Phenomenological Research», 3/1.
- STEWART J. (1992), *Life = Cognition: The Epistemological and Ontological Significance of Artificial Life*, in P. Bourguine – F. Varela (cur.), *Towards a Practice of Autonomous Systems*, MIT Press, Cambridge MA, pp. 475–483.
- STEWART J. (1993), *Cognition without Neurons: Adaptation, Learning and Memory in the Immune System*, «Cognitiva», 5/2, pp. 187–202.
- STIEGLER B. (2013), *De la mystère symbolique*, Flammarion, Paris.
- STRATE L. (2004), *A Media Ecology Review*, «Communication Research Trends», 23/2, pp. 3–48.
- STRAUS W. (2000), *Du sens des sens. Contribution à l'étude des fondements de la psychologie*, Jérôme Million, Grenoble (ed. orig. 1935).
- TATAR K. – PASQUIER P. (2019), *Musical Agents: a Typology and State of the Art towards Musical Metacreation*, «Journal of New Music Research», 48/1, pp. 56–105.
- TIFFON V. (2018), *Experiencing Music as Strong Works or as Games: The Examination of Learning Processes in the Production and Reception of Live Electronic Music*, in F. Sallis – L. Zattra – I. Burle – V. Bartolani (cur.), *Live Electronic Music. Composition, Performance and Study*, Routledge, New York, pp. 290–303.
- THOMPSON E. (2007), *Mind in Life. Biology, Phenomenology and the Sciences of the Mind*, Harvard University Press, Cambridge MA.
- THOMPSON E. (2009), *Life and Mind: from Autopoiesis to Neurophenomenology*, in B. Clarke – M. Hansen (cur.), *Emergence and Embodiment: new Essays on Second-order Systems Theory*, Duke University Press, pp. 77–93.
- VARELA F. (1989), *Autonomie et connaissance. Essai sur le vivant*, Seuil, Paris.
- VARELA F. (1992), *Un know-how per l'etica*, Laterza, Bari.
- VARELA F. – THOMPSON E. – ROSCH E. (1993), *L'inscription corporelle de l'esprit. Sciences cognitives et expérience humaine*, Seuil, Paris.
- VAN DUIJN M. – KREIJZER F. – FRANKEN D. (2006), *Principles of Minimal Cognition Casting Cognition as Sensorimotor Coordination*, «Adaptive Behaviour», 14/2, pp. 157–170.
- VIDALI P. – NERESINI F. (2015), *Il valore dell'incertezza. Filosofia e sociologia dell'informazione*, Mimesis, Milano.
- VON BERTALANFFY L. (1969), *General Systems Theory: Foundations, Developments, Applications*, G. Braziller, New York.
- VON FOERSTER H. (1960), *On Self-Organizing Systems and Their Environments*, in M.C. Yovits – S. Cameron (cur.), *Self-Organizing Systems*, Pergamon Press, Londra, pp. 31–50.

- VON FOERSTER H. (1974), *Notes pour une épistémologie des objets vivants*, in E. Morin–M. Piattelli-Palmerini (cur.), *L'Unité de l'homme: invariants biologiques et universaux culturels*, Seuil, Paris, pp. 401–417.
- VON FOERSTER H. (2003), *Understanding Understanding*, Springer, New York.
- VON UEXKÜLL J. (1956), *Streifzüge durch die Umwelten von Tieren und Menschen*, Rowohlt, Hamburg.

Sitografia

- BARANSKI S. (2009), *Manières de créer des sons. L'œuvre musicale versus le dispositif musical (expérimental, cybernétique ou complexe)*, DEMéter, 2009. <http://demeter.revue.univ-lille3.fr/lodel9/index.php?id=260>
- BERTOLANI V. – SALLIS F. (2016), *Live electronic music*, Routledge Encyclopaedia of Modernism. https://www.researchgate.net/publication/330877768_Live_Electronic_Music
- EMMERSON S. (2012), *Location, Dislocation, Relocation (Where is Live Electronic Music?)*, «Seminário Ciência Música Tecnologia», 4. <http://www2.eca.usp.br/smct/ojs/index.php/smct/article/view/48>
- GREEN O. (2006), *More than “Just a Hammer”: Techniques in Electroacoustic Practice*. Testo presentato al convegno *Sound as Art*, Aberdeen. https://pure.hud.ac.uk/ws/portalfiles/portal/21686364/Green_2006_MoreThanJustAHammer.pdf
- MORIN E. (2005), *Complexité retreinte, complexité générale*, Testo presentato al Convegno *Intelligence de la complexité: épistémologie et pragmatique*, Cerisy-La-Salle. <http://archive.mcxapc.org/docs/conseilscient/1003morin.pdf>
- STAPLETON P. (2017), *Beyond Control: Improvisation, Listening and Distributed Agency in Human-machine Musical Ecosystems*, 2017. http://www.algorithmiclistening.org/introductions/PS_beyondcontrol/
- WATERS S. (2007), *Performance Ecosystems. Ecological Approaches to Musical Interaction*, Atti del convegno *Electroacoustic Music Studies Network*, De Montfort University, Leicester. http://www.ems-network.org/IMG/pdf_WatersEMSo7.pdf

Abstract

Questo scritto propone uno sguardo transdisciplinare sulle pratiche performative profondamente tecnicizzate della musica elettronica dal vivo (*live electro-nic music* o *live electronics*, e pratiche limitrofe di arte sonora), di cui considera le forme, storicizzate e non, come ambito di prassi estetica massimamente rappresentativo delle condizioni odierne della *liveness* (il carattere “vivente” della performance). Si inizia con alcune coordinate terminologiche e storico-musicali, evidenziando spunti critico-teorici importanti e luoghi comuni problematici.

Si pone poi l'interrogativo centrale: cosa c'è di *vivente* nella musica elettronica *dal vivo*? affrontandolo in una prospettiva sistemica, secondo istanze disciplinari ed epistemologiche diverse (cibernetica, biologia teorica, neo-cognitivismo, neo-fenomenologia, ecc.). L'insieme delle risorse umane, tecnologiche e ambientali della performance viene denotato come *dispositivo performativo*, cioè come insieme ibrido interconnesso ("rete") e come unità sistemica in relazione di interdipendenza operativa con l'ambiente specifico ("ecosistema"). L'analisi porta sulla dinamica di relazione che lega circolarmente le *agenzie* (umane e non-umane) nel dispositivo performativo, e individua infine una "nozione forte della *liveness*" nella *agentività ecosistemica* emergente dall'interazione fra performers, macchine (strumenti, sistemi elettroacustici e informatici) e spazio circostante (elementi specifici dell'ambiente materiale). Lo scritto termina proiettando l'insieme ibrido e reticolare dell'ecosistema performativo nel quadro complessivo della "condizione tecnologica" dell'esperienza individuale e collettiva, propria della fase storica attuale, e indicando dunque nelle pratiche *live electronics* un ambito creativo emblematico della generale ecologizzazione della tecnica e dell'altrettanto generale tecnicizzazione del sensibile nella dimensione biopolitica contemporanea.

Parole chiave: *liveness*, performance, musica elettronica dal vivo, ecosistema performativo, epistemologia neo-cognitivista

Abstract

This paper takes a trans-disciplinary theoretical approach on the thoroughly technologized performance practices of live electronic music (or *live electronics*) and related sound art approaches and considers them a most relevant artistic domain for investigating *liveness* (the "living" character of performance). We start with a few remarks concerning the terminology of liveness and their musico-historical backgrounds, stressing relevant theoretical points and problematic commonplaces in established views on the subject. We then focus on the core question: what is indeed *living* in live electronic music? and approach it from a system-theoretical standpoint and related epistemological views (cybernetics, system biology, neo-cognitivism, neo-phenomenology, etc.). The ensemble of human, technical and environmental resources taking part in the performance is denoted as a *performance dispositif*, i.e., as a hybrid and interconnected compound ("network") as well as a systemic unit coupled to its specific environment ("ecosystem"). We discuss the relational dynamic tying together the several (human and non-human) instances of agency in the performance dispositif, and eventually argue for a *strong notion of liveness*, relative to a kind of *ecosystemic*

agency emerging in the interactional dynamics of performers, machines (mechanical, electroacoustic, and computerized systems) and environment (site-specific material circumstances and contingencies). Finally, we contend that the hybrid ecosystems of live electronic performance are highly expressive tokens of the “technological condition” nowadays so peculiar of individual and social life: live electronics practices are instances of both the growing ecologization of technology and the technologization of the senses, they ultimately speak about the biopolitical dimension of our age.

Key words: *liveness*, performance, live electronic music, performance ecosystem, neo-cognitivist epistemology

The Use of Technology in Revolutionary Perspective. Computer Music Research in Luigi Nono's *Prometeo. Tragedia dell'Ascolto* (1984–85)

Introduction

«The use of technology in revolutionary perspective» («L'uso della tecnologia in prospettiva rivoluzionaria» in the original version) is the title of an essay by Konrad Boehmer published in 2011 [Boehmer 2011]. In it, Boehmer decodes Luigi Nono's views on the relationship between technology and composition, especially from the point of view of his personal acquaintance and collaboration with the Venetian composer. There are three main points that I see emerging from this article. I will take them as starting points for my attempt of tracking the creative process of realization of the computer sounds used in *Prometeo. Tragedia dell'Ascolto* (1981–1985) by Luigi Nono.

Prometeo, created during the last decade of Nono's activity, is a multimedia work (using an old pre-Macintosh term) and presents an excellent example of compositional, collective and technological project. The Venetian composer reunited musicians, soloists, choir singers, a lyricist (Massimo Cacciari), an architect (Renzo Piano), an artist (Emilio Vedova) and, most important of all especially for the purpose of my discussion here, a group of researchers working on real-time computer generated sounds and the live electronics. *Prometeo* is a multimedia project inasmuch as it pushes the limits of musical creative expression and collaboration. It brings into sharp focus the sonic (compositional material, textual material, performers and computer/live electronic musicians), visual (lights by Emilio Vedova; "the ark", a wooden structure constructed by Renzo Piano inside San Lorenzo, a disused church in Venice, a structure that revolutionised the concept of traditional concert halls),¹ and material assemblages (again the

1. The church was almost filled with the wooden structure. The sound would first resonate inside the wooden structure, then inside the church, and would ultimately circulate

ark, the space and spatialization) playing all equally a crucial role in this project. The final version of *Prometeo* is a work in nine sections: Prologue (Prologue) – Isola Prima (First Island) – Isola Seconda (Second Island) – Interludio Primo (First Interlude) – Tre Voci (a) (Three voices /a) – Isola Terza – Quarta – Quinta (Third, Fourth, Fifth Islands) – Tre Voci (b) (Three voices /b) – Interludio Secondo (Second Interlude) – Stasimo Secondo (Second Stasimon) [Driesen 2011].²

The first set in Konrad Boehmer's article centers on a crucial characteristic in Nono's musical thought that «strikes radically at the fetishism bound to a bourgeois division of labour» [Boehmer 2011, 243; my trans.]. The collaborative approach to creative work has been part of Nono's working methods for a long time [Rizzardi 1999, 49–52]. As early as 1965 in *A floresta é jovem e cheja de vida* he employed studio technologies of electroacoustic music (he expressed gratitude towards Marino Zuccheri and Giovanni Battista Merighi from the Studio di Fonologia della RAI di Milano for their assistance and collaboration [Nono 1966a, 454]). He studied new and unconventional sounds based on innovative performance techniques with a group of collaborators which evolved over time and consisted of numerous musicians (among them Roberto Fabbriciani, flute; Ciro Scarponi, clarinet; Giancarlo Schiaffini, tuba; Susanne Otto, contralto) and sound researchers (Hans Peter Haller, Alvis Vidolin, Rudolf Strauss, Sylviane Sapir, Mauro Graziani, Bernd Noll, Andreas Breitscheid). He developed new forms of notation to accommodate this practice [Zattra-Burleigh-Sallis 2011].

In my article I will deconstruct the collaborative creative process with the computer in *Prometeo*. «First of all, we agreed on the use of some type of sound material I've been interested», Luigi Nono said in interview with Alessandro Tamburini reminiscing his first meetings with Alvis Vidolin³ and Sylviane Sapir at CSC (Centro di Sonologia Computazionale University of Padua). «They provided me with a sort of sound catalogue, which has become a starting point; from here on out we started to do some tests and discuss» [Nono, cit. in Tamburini 1985, 11].

The second topic pointed out in Konrad Boehmer's essay examines the connection between technology and composition, which in Nono's thought are strictly intertwined and have a political value. Nono believed that the use of new

everywhere inside the space.

2. It must be noted that after the premiere in Venice, Nono revised his work for the Milan production and changed the score also for the later performances in Frankfurt, Paris and Berlin. Pauline Driesen presented in 2011 a comparative analytical study of the two scores of Venice and Milan [Driesen 2011]. She hopes her doctoral dissertation on *Prometeo* might be published in English in a near future with new analytical perspectives [Driesen, personal communication 28 December 2020, via e-mail].
3. Alvis Vidolin is the co-founder and staff member of Centro di Sonologia Computazionale (CSC — University of Padua), and presently its artistic director.

technologies is essential to disseminate the ideas of revolutionary forces and raises consciousness [Nono 1966b]. As early as 1969 he stated that

We have to understand and appropriate any element and any technological advance that is actually innovative, that we differentiate and empower by our theoretical and practical conception of the present struggle. That we associate with our capacity for invention and creation for the hegemony, according to Gramsci's term, of the revolutionary forces, in their destructive, constructive, and intellectual practices. An example: the development and application of electronic technology in contemporary music, the electronic studio. It is an advance and an unprecedented expressive possibility for musical creation [Nono 1969a, cit. in Velasco-Pufleau 2018, 6].

Prometeo is particularly illustrative of the way in which the use of technology constructs both what is composed on paper (the score), as well as how the use of technology influences the listening (the public), in the sense that the audience is unquestionably essential to the successful execution of this music event. Nono introduces the concept of "The tragedy of listening" (which is also the subtitle of the work). The "tragedy of listening" ("dramma dell'ascolto") is a participative and active listening [Boehmer 2011, 242], «which at every moment is aware of the fact that *everything you listen* is not a purpose in itself (here Nono differs profoundly and until the end from Cage), but is rather the announcement of the unheard» [ibid., 245]. From a compositional point of view, the material modulated with technological tools is radically distinct from Stockhausen's. In Stockhausen's works, the material controlled with technology «is disposed from above, so to speak, despotically» [ibid.], revealing a functionalist idea of art. Boehmer describes Stockhausen as technological-reactionary [ibid., 247]. Nono, for his part, in his text "Music and power" ("Il potere musicale") published in 1969, describes Stockhausen's position as imperialist (years before Cornelius Cardew's book *Stockhausen Serves Imperialism*, as highlighted by Velasco-Pufleau [2018, 7]). Stockhausen, according to Nono [1969b, 266], considers «technology as a value, a theory of painless technological-aesthetic evolution, a natural connection with the locations of the most advanced technical production, namely the USA and the West, an aristocratic contempt for all other cultures, and let's not even talk about the so-called Third World».⁴ Nono is against this idea. It is not taking possession, but introducing a suggestion. «Technique is an instrument to

4. «[T]ecnologia come valore, teorizzazione d'una evoluzione tecnologico-estetica indolore, collegamento naturale con i luoghi della produzione tecnica più avanzata, cioè gli USA e Occidente, disprezzo aristocratico per tutte le altre culture, non parliamo del cosiddetto Terzo Mondo» [Nono 1969b]. The relationship between Stockhausen, the WDR Studio (Westdeutscher Rundfunk–West German Radio in Cologne), Cold War and technology are discussed in Iverson [2019].

evade or penetrate in a world that is still not in being, but by intuition we consider *ours*» [Boehmer 2011, 247; italics by Boehmer]. In this respect, Boehmer refers to Nono's works of the 1960s, but we find the same thoughts in his later production. In *Prometeo*, especially, the link between technology, the (political) choice to use it (i.e. to use it in order to suggest new worlds), and the idea of openness (to suggest new ways of listening), are key to understand this work. My article will analyse these correlations.

Finally, the third issue developed in Konrad Boehmer's article centers on one quotation which reads as follows: «wondering what we could *not* have produced without advanced technology is as much idealistic as irrelevant. The only significant question is what we might have done *differently, without this technique*» [ibid., 239]. My article looks at the historical circumstances and the issues computer music designers Alvis Vidolin, Sylviane Sapir and Mauro Graziani from CSC were faced with, and the designing of the real-time digital sound processor called 4i system or 4i processor.⁵ Research on real-time sound synthesis was globally marking its first important results in various computer music centres around the world (the 4X processor at IRCAM in Paris was used in *Répons* by Pierre Boulez in 1981–1984; the Samson Box was created at CCRMA-Center for Computer Research in Music and Acoustics in Stanford). *Prometeo* was among the works that celebrated this new technology. However, the 4i processor and its real-time synthesis were used only in the first performance (Venice, 25, 26, 28, 29 September 1984) and the second performance (Milan, 25, 26, 28, 30 September, 1, 2 October 1985).⁶ *Prometeo* is not only a “hypothesis” of what could have been done «*differently without this technique*»: indeed the 4i system was no longer used. My reconstruction investigates why Luigi Nono strongly advocated the use of this technology and the presence of CSC's sound researchers, why this technique was used only in those two occasions, and why it was abandoned subsequently.

Lastly, a comment on my choice to write this essay in English. When I started this research in 2009, the literature dedicated to Nono's aesthetical and political thoughts had been discussed very little by English-speaking scholars, so neither had his music been performed in English-speaking countries. «Of all the towering figures of modern music, Luigi Nono [had been] arguably the least known

5. A result of the technical issues involved in the electronic music studios in the 1970s and 1980s, the Computer Music Designer embodies different roles, such as handling the technical setup of a musical work, helping the composer with technology and scientific knowledge, translating his/her ideas into programming languages and taking part in the performance of the piece [Zattra-Donin 2016, 437].
6. Renzo Piano's ark suffered the same fate. Its structure was dismantled after the performance in the depots of the Ansaldo plant in Milan.

in North America. While his music occupies a secure, even canonical, place in European musical life, many of his most significant works are performed rarely if at all in North America — although this situation is changing fast», it was stressed in the introduction of a Boston symposium entitled *Utopian listening. The Late Electroacoustic Music of Luigi Nono Technologies, Aesthetics, Histories, Futures* [Auner-Shreffler 2016, 3].⁷ One of the reasons of this silence, is that for a long time Nono's writings and interviews, and articles and books by scholars were mostly in Italian, German or French. Another reason for this was that the «historical reluctance to engage with Nono's music on [the North American] side of the Atlantic can be attributed to several factors including Cold War cultural politics, Nono's complex relationship to Darmstadt and other avant-garde trends, and [...] the practical and aesthetic challenges of performing live electroacoustic music in the face of rapid technological changes» [Auner-Shreffler 2016, 3]. In the last decade the situation is decidedly different, and literature is being enriched with articles and volumes including the first English collection of Luigi Nono's writings [De Benedictis-Rizzardi 2018], the monograph by the late Carola Nielinger-Vakil *Luigi Nono: A Composer in Context* [Nielinger-Vakil 2016] and the *Routledge Handbook to Luigi Nono and Musical Thought* [Impett 2018].

This explains the reason why I, too, am writing this essay in English: to contribute to a growing global discussion. My article is a significantly revised version of two previous texts presented in 2009 and (with improvements) in 2016.⁸ I will report findings from a two-fold investigation: from one hand, an exhaustive study of source materials pertaining the generative process of sounds and software, including the score of the first performance (Venice, September 1984), and computer sketches from the first and second performance (as mentioned above,

7. The conference, held from 23–26 March 2016 at the Granoff Music Center at Tufts University (Boston), with cosponsorship from Harvard, reunited for the first time scholars and influential soloists to workshop and perform Nono's late electroacoustic chamber pieces (program book is available here: https://music.fas.harvard.edu/program_book.pdf [Auner-Shreffler 2016]). As stressed by David Allen in *The New York Times*, Nono's near invisibility is strange [in North America]. «But really, Nono's absence from even the contemporary standard repertory is entirely predictable. His was music written to change the world, and, crucially for his reception in the United States, it was music written from the political left» [Allen 2016].
8. L. Zattra, "Utopia and reality in the computer research of 'Prometeo. Tragedia dell'ascolto' (1984)", Talk given at the conference: *The dramaturgy of sound in the music of Luigi Nono*, 13–15 June 2009, Archivio Luigi Nono, Fondazione Giorgio Cini (talk given in Italian). The developing of this research has later been presented at the above mentioned Boston conference. L. Zattra, "Philology and Oral History: The Story of Computer Research in Luigi Nono's Prometeo. Tragedia dell'Ascolto (1981–5)", talk presented at the Conference: *Utopian Listening. A Workshop on Luigi Nono's Late Electroacoustic Works. Technologies, Aesthetics, Histories, Futures*, Tufts University in partnership with Harvard University, March 23–26, 2016.

real-time synthesis was used only in these two occasions). I am pleased to present here, for the first time, figures taken from Alvisè Vidolin diary of his meetings with Nono and his colleagues (from April 1984 to the second performance in Milan). This is a priceless unpublished source.

Archive documents (published/unpublished sources from Archivio Luigi Nono, Venice ASAC – The Historical Archives of Contemporary Arts of the Venice Biennale, CSC, and musical assistants' personal archives) show that the digital sound processor 4i, originally conceived at IRCAM in Paris (the computer-music research center founded by Pierre Boulez in Paris in 1977), was adapted to this project through a series of computer procedures following Nono's aesthetic suggestions. Source analysis, however, is not sufficient to reveal the whole compositional/research project, and oral history is equally important (personal communications collected with interviews, discussions and/or e-mails are identified by the acronym "pc": personal communication). Researchers' memories enable to explain certain technological developments, problems and solutions which have been adopted, and discover details and backgrounds in collaboration management.

Nono's choice to use computer technology: Historical Antecedents

Luigi Nono's interest in the use of the 4i processor and the CSC derives from his friendship and longtime collaboration with Alvisè Vidolin. They had met for the first time in 1977 in Venice during the organisation of a workshop [Zattra 2018, 88–89]. As a result, they also started collaborating on the journal *Laboratorio Musica* (1980–81), of which Nono was director, and on several musical projects during the period known as "Verso Prometeo" (ca. 1980–84, the years leading up to *Prometeo. Tragedia dell'ascolto*).⁹ «Nono had expressed his interest in getting to know me better and possibly in collaborating. He wanted to study computer music and knew I was collaborating with the University of Padova [at CSC] and this could be the input for him to develop new musical research and ideas» [Vidolin pc 27 July 1999].¹⁰

9. During the period called "Verso Prometeo" Nono composed the pieces *Io, frammento dal Prometeo* (1981), *Quando stanno morendo. Diario polacco n. 2* (1982), *Omaggio a György Kurtág* (1983–86), *Guai ai gelidi mostri* (1983).
10. «Avevo conosciuto Luigi Nono nel 1977 in occasione del workshop *Musica/Sintesi*. In quell'incontro lui si era dichiarato disponibile a conoscermi meglio ed eventualmente a collaborare. [Voleva avvicinarsi alla computer music] e a lui interessava il fatto che io collaborassi con l'università di Padova [al CSC] perché questo lo stimolava a continuare nella sua ricerca» [Vidolin pc 27 July 1999].

Around this time, Nono was abandoning the Studio di Fonologia della RAI di Milano (when the Studio was in decline), was eager to start new collaborations with new performers and institutions, and was looking for new “anti-academic” sounds. Nono had come in touch with computer music during his visit of the CCRMA and had met John Chowning and Charles Dodge in 1975. For a moment he had contemplated a period of study in Stanford, but in the end, he decided to remain in Europe and go (1) to the Experimental Studio of the Heinrich-Strobel-Stiftung of the Südwestrundfunk (SWR) at Freiburg im Breisgau, in south-west Germany (hereafter the Freiburg Strobel Studio) where he could work with techniques of delay and live electronics [Nono 1987, 550], and (2) to the CSC in Padova, Northern Italy, to develop new computer sounds. Sylviane Sapir recalls that Nono was discouraged with Italian politics and the RAI management which did not help the Studio di Fonologia renovate its machines, and at the same time he «was enthusiast with young Paduan researchers. He saw in us a creative force and wanted to help. He thought this was the right occasion to help Italy and Italian computer music research, and to some extent to restore the failure of the Studio di Fonologia» [Sapir pc 29 April 2009].¹¹

From a technological point of view, it is also worth pointing out that Luigi Nono was not interested in differed-time (analogue and above all computer) technology. Computer Music was born in the late 1950s, and by the late 1970s it had seen an important development of differed-time software, that is, programs for the synthesis not produced in real time. However, Nono was fascinated by the recent real-time computer technology. Alvis Vidolin recalls that the composer used to say: «I have just finished working with Milano people and their analogue differed-time techniques. I now discover that computer can do anything. But Freiburg Strobel Studio can give me live electronics and live sound changes, so I want something else from the use of computers. What could we do as an alternative to Freiburg? The answer is real-time «sound synthesis» [Nono’s words as recalled by Vidolin, pc 1 June 2009].¹² Nono could also have chosen to work at IRCAM, the French computer music centre, but he did not on account of his difficulties

11. «Nono voleva aiutare l’Italia e la scena della nuova musica informatica, per riscattare il fallimento di Fonologia. Vedevo in Padova, nell’entusiasmo di questi ragazzi giovani, una forza creativa e cercava di aiutare» [Sapir pc 29 April 2009].
12. «Nono mi diceva: “Sono appena uscito dallo Studio di Fonologia e dalla loro tecnologia analogica. Scopro adesso che il computer può fare qualsiasi cosa. Ma a Friburgo posso già fare il live electronics, dal computer vorrei qualcosa d’altro. Cosa si può fare di diverso? Il tempo differito non mi va bene. La risposta è la sintesi in tempo reale”». [Vidolin, pc 1 June 2009].

with Pierre Boulez (his later dedication to Pierre Boulez in the piece *A Pierre* marks an important moment of reconciliation [Zattra-Burleigh-Sallis, 2011]).

Collaborating and composing with the computer

Looking closely to the collaboration between CSC researchers and Luigi Nono, we understand that they met several times, both in Venice and in Padova. Here they made him listen to their first sounds experiments [Zattra 2018, 89]. Because Nono was not fully satisfied with the computer programs CSC used in differed-time (notably the MUSIC 5 software), they decided to work with a new real-time digital sound processor [Vidolin pc 25 September 2015].¹³ The result was the real-time digital sound processor called “4i system”, originally conceived by Giuseppe Di Giugno at IRCAM, which was capable of synthesising sounds in real time [Azzolini-Sapir 1984; Debiasi 1984; Di Giugno 1984; Sapir 1984; Sapir-Vidolin 1985].

The following is a description by Nono of how they organised their collaboration. As mentioned above, in an interview with Alessandro Tamburini immediately following the first performance Nono said that in Padova «they provided me with a sort of sound catalogue, which has become a starting point; from here on out, we started to do some tests and discuss» [Nono, cit. in Tamburini 1985, 11]. «After a few sessions», Alvis Vidolin recalls [pc 1 June 2009], «we started elaborating a few sounds. We also made several trips to Venice. We used to walk in Venice districts, where he made me listen to typical Venice sounds [...] He made me listen to some sounds with glass bells. Someone had built them for him. Sylviane [Sapir] used her knowledge on nonlinear distortion to create the application Inter2 [to simulate those glass bells]».¹⁴

Vidolin kept a diary of those meetings. This is a journal he wrote during the course of the creative process in Venice and Milan (we find sketches and notes related to the second performance in 1985). It consists of approximately 180 pages. The first page of the diary (actually the third in the diary, since the first two — recto/verso — are void) marks the first meeting. «Prometeo, incontro con Gigi, Aprile 1984»: «Meeting with Gigi [a nickname, short for Luigi], April 1984» (Fig. 1).

13. «Nono non era pienamente soddisfatto dei programmi che usavamo al CSC per la sintesi in tempo differito (in particolare il MUSIC 5). Decidemmo dunque di usare un nuovo processore per la sintesi del suono in tempo reale» [Vidolin pc 25 September 2015].

14. «Dopo un po' di incontri abbiamo cominciato ad elaborare alcuni suoni. Ricordo anche delle passeggiate a Venezia in cui lui ci portava in vari quartieri e ci faceva sentire dei suoni. [...] Per esempio, mi fece ascoltare i suoni di vetro: aveva fatto realizzare a Murano delle campane di vetro. Sylviane aveva lavorato con la distorsione non lineare per creare il programma Inter2 [che usammo per simulare] i suoni di vetri» [Vidolin, pc 1 June 2009].

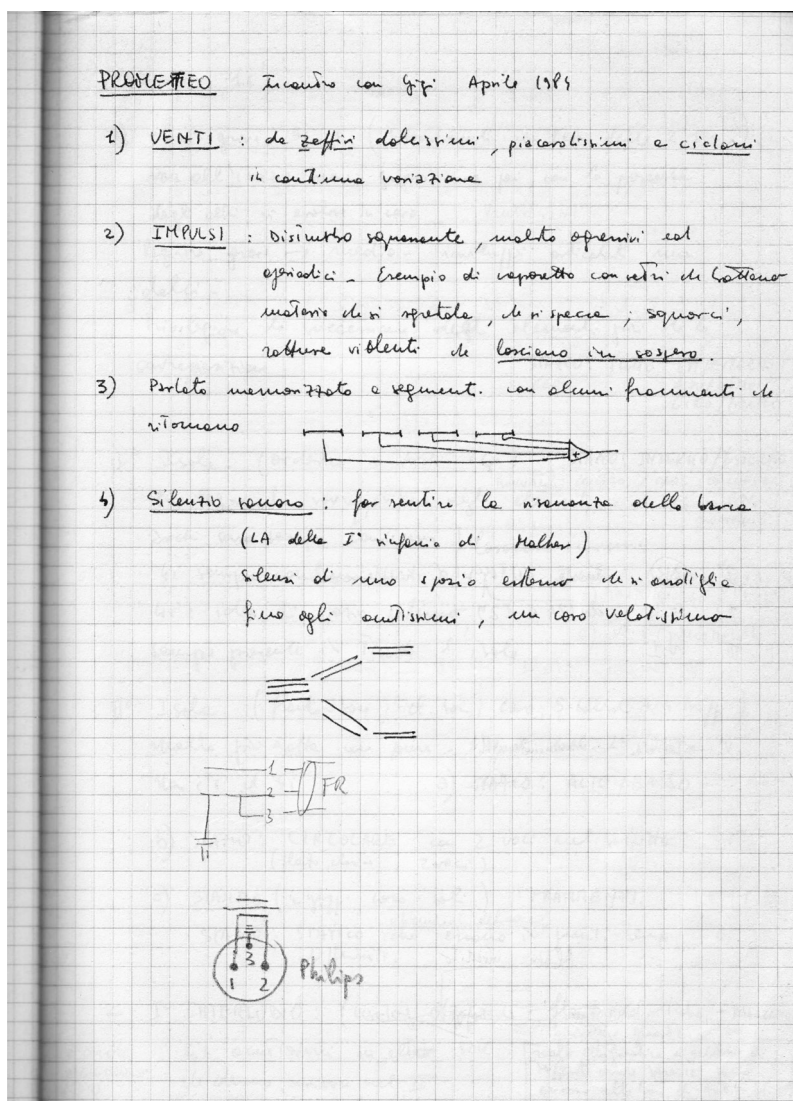


Fig. 1. The very first page of Alvisio Vidolin's diary (Vidolin's personal archive).

The subsequent pages of the notebook feature a series of annotations, suggestions, diagrams sometimes printouts of computer scores glued to the pages, separate sheets in A4 format, or little slips of paper between the pages.

During the first meeting (Fig. 1) they discussed ideas and suggestions. For example, Vidolin wrote: «winds: from zephyrs, very sweet, very pleasurable, to tornadoes, all on the move» (bullet point n. 1). The second bullet point reads as follows: «IMPULSES: unsettling disturbances, very aggressive and

a-periodical, example of *vaporetto* — the Venitian water public transportation system ferry, — with slamming windows, matter falling apart, cracking, breaches, violent breakups that put on hold...». About the slamming window, Vidolin recalls [pc 1 June 2009] that «Nono came one day at CSC [was it probably before the first meeting? Or the day of the first meeting? This is unclear]. He told us he had just listened to some “snaps” while he was sailing in his motorboat: he was travelling from Venice, where he lived, towards Padova (where we worked at CSC). It was a window of the *vaporetto* banging in the wind. That sound fascinated him, it was rude, violent, and noisy. He wanted us to synthesize some “snaps”. We did that, but in the end, we did not use them in the Venice version, only in Milan (the second version) in 1985».¹⁵

The third point reads: «talking memorized in segments with some fragments that come back» (see section 5) but they abandoned this idea. The last point refers to «sonic silence. Make the resonance of the boat be heard, La [A] of the first Mahler Symphony, silences of an outer space that is thinning, as far as the very very high pitches, a veiled choir».

In the 1984 Venice version of *Prometeo*, Luigi Nono intended to evoke the opening chord from Mahler's First symphony. So CSC researchers made the 4i real-time processor create a 116.5 Hz (B flat), projected from the loudspeaker under the wooden structure, then it would open up over seven octaves and then transform into the sound of a distant chorus. Nono's desire was to create a “sonic silence” in the part called Interludio 2, in conjunction with some glass percussion instruments specifically built for the occasion [Vidolin pc 22 February 2011].¹⁶ Together they «decided to investigate two main groups of sounds in the extreme range of human hearing: bands of sinusoids in the very low range and very high frequencies (the “very very high pitches” in Fig. 1). This research on the most extreme bands of frequencies was part of his aesthetics, as one can hear in works such as *Como una ola de fuerza y luz* (1972), or *1° Caminantes.....Ayacucho* (1987). We also designed sounds to evoke glass bell resonances, wind instruments, far

15. «Nono venne un giorno al CSC (forse era il primo incontro) e ci disse che dalla barca aveva sentito dei suoni, degli “schiocchi” del vaporetto per venire a Padova. Era il suono di una finestra che sbatteva. Il suono lo aveva colpito perché era violento e rumoroso. Ci chiese di sintetizzare quegli schiocchi e li realizzammo. Tuttavia, non li usammo nella versione di Venezia ma solo a Milano» [Vidolin, pc 1 June 2009].

16. «A Venezia, nel 1984, Nono voleva evocare l'accordo di apertura della *Prima sinfonia* di Mahler. Con il processore 4i avevamo realizzato dunque un suono di 116.5 Hz che veniva diffuso dagli altoparlanti posti sotto all'arca. Il suono si apriva su sette ottave e si trasformava così in una sonorità come di coro lontano. Il suono, quindi, batteva contro il pavimento e metteva in qualche modo in risonanza lo strumento arca lambendo l'esterno dell'arca [...]. Voleva realizzare un “silenzio sonoro” (cioè che l'esterno non fosse in totale silenzio ma avesse un suo suono)» [Vidolin pc 22 February 2011].

echoes» [Vidolin pc 1 June 2009].¹⁷ CSC researchers synthesized those sounds, and «then during his second visit to CSC, we made him listen to those experiments. He was very happy with it, and decided to insert those sounds into the overall score» [ibidem].¹⁸ In Fig. 1, «the drawing similar to a river that splits into two branches, corresponds to the idea of using very high pitches and very low pitches, the choir. This part came out well in Venice» [Vidolin pc 22 February 2011].¹⁹

The second page of Alvisé Vidolin's journal (undated) shows the names of *Prometeo*'s sections (Prologue, First Island, Second Island, Interlude) with some comments. This means that Nono had outlined the musical composition (see Section 5), but in spite of this, as Vidolin recalls [pc 1 October 2020], he delivered the definitive score only during the days of rehearsals in S. Lorenzo Church in September 1984.

The performance environment for *Prometeo* was designed to guarantee maximum liberty and to adapt in the most appropriate manner to the sounds produced by instrumentalists and singers [Sapir and Vidolin 1985]. «The 4i system was an open system; that was its greatest feature. This means that you did not have to program the machine each time for a new musical work. I called this feature “performance environment”. When Luigi Nono visited CSC, we had to be flexible enough to change immediately our system and results. We had to show him different possibilities in a short time, let him choose, refine the one he eventually chose. We had to foresee what he liked and what he could not like, so to speak» [Vidolin pc 1 June 2009].²⁰

17. «Avevamo deciso di esplorare due gruppi di suono nelle fasce estreme dello spettro udibile: fasce di sinusoidi nelle frequenze molto basse e nelle frequenze molto alte (gli “acutissimi” in Fig. 1). Questa ricerca di fasce estreme faceva parte della sua estetica come si può sentire in altri lavori come *Como una ola de fuerza y luz* (1972), o *1° Caminantes....Ayacucho* (1987). Inoltre, avevamo creato suoni per evocare le risonanze delle campane di vetro, strumenti a fiato e echi lontani» [Vidolin pc 1 June 2009].
18. «Durante la sua seconda visita al CSC gli facemmo ascoltare questi esperimenti. Era molto felice del risultato, e decidemmo così di inserire questi suoni nella partitura» [ibidem].
19. «Si nota che il disegno è simile ad un ruscello che si divide in due alvei. Ciò corrisponde all'idea di usare le fasce di suoni molto acuti e suoni molto gravi, il coro. Questa parte venne molto bene a Venezia» [Vidolin pc 22 February 2011].
20. «La 4i era un sistema aperto. Questa era la sua caratteristica principale. Questo significa che non bisognava programmare la macchina da zero ad ogni nuovo lavoro. Chiamammo questo approccio “ambiente esecutivo”. Quando Nono veniva al CSC, dovevamo essere flessibili in modo da fare delle modifiche al volo al sistema o nei risultati. Dovevamo mostrargli le varie possibilità in poco tempo, lasciandogli scegliere, per poi rifinire ciò che aveva scelto. Come dire, dovevamo prevedere ciò che gli sarebbe piaciuto e ciò che non gli sarebbe piaciuto» [Vidolin pc 1 June 2009].

How did the 4i processor work?

The real time digital sound processor 4i was an implementation of the 4C processor, the sound synthesis workstation developed by Giuseppe Di Giugno at IRCAM.²¹ IRCAM gave a 4C processor to CSC, after the 1982 edition of the ICMC (International Computer Music Conference) held in Venice [Sapir pc 29 April 2009]. Paduan researchers started a series of project to adapt the processor to their needs and called it 4i: the “i” stood for Italy! The 4i real time processor was a portable programmable system (processor), providing 64 multi-input oscillators, 64 multipliers and summing devices, 32 local units, 16 kHz (x1, x2, x4) sampling rate, 24 internal bits, 16 output bits, a 22x23 card with 150 TTL-fast integrated circuits with wrapping technique [Di Giugno 1984; Sapir 1987]. Fig. 2 shows the square mother board; cables had to be assembled one by one by hand.

The 4i processor was portable and included a series of other connected devices: a 128-kbyte memory PDP 11/34 (its use was meant to control the 4i processor during the synthesis process), a terminal Digital VT 100, a digital-to-analog converter (16 bits, 16 KHz sampling rate in 4 independent channels), an analog-to-digital converter (installed only later: 16 bits for the real-time signal acquisition in 2 independent channels), an external control interface for controlling gestural parameters, a series of programs written in Macro Assembler and Fortran which were the basic software for the development and the performance of the 4i processor [Sapir 1987, 76].

The 4i processor was an open system. As already mentioned, this feature came in handy as «when Nono asked something new». Sylviane Sapir recalls [pc 29 April 2009] that «we had two days to program in Fortran. A very quick system was mandatory, and the real time was essential in this respect. We needed to foresee Nono’s requirements and give him other opportunities at the same time».²²

Before *Prometeo*, the 4i processor was used in other pieces realized at CSC: *Barcarola* by Richard Teitelbaum, *Senza voci III* by Guido Baggiani, and *Untitled n.1 (4i Studio)* by Mauro Graziani. However, the most spectacular application was undoubtedly *Prometeo*. In Nono’s work, two environments were realized:

21. Different versions of Di Giugno’s processor included the 4A: only oscillators; the 4B: oscillators with transformations such as the FM; the 4C, with supplementary transformations such as filters and reverberation; and finally, the 4X: a powerful programmable system. While the first Di Giugno’s processors — 4A, B, C — contained cables, the 4X was modular, which means they could be configured for different purposes.
22. «C’è una cosa da sottolineare: se Nono ci chiedeva una cosa, noi avevamo due giorni di tempo per programmare in Fortran. Dovevamo prevedere un ambiente che permettesse di fare delle modifiche veloci. In questo senso il tempo reale è stato molto importante. Dovevamo prevedere le richieste di Nono offrendogli allo stesso tempo la possibilità di esplorare altre cose» [Sapir pc 29 April 2009].

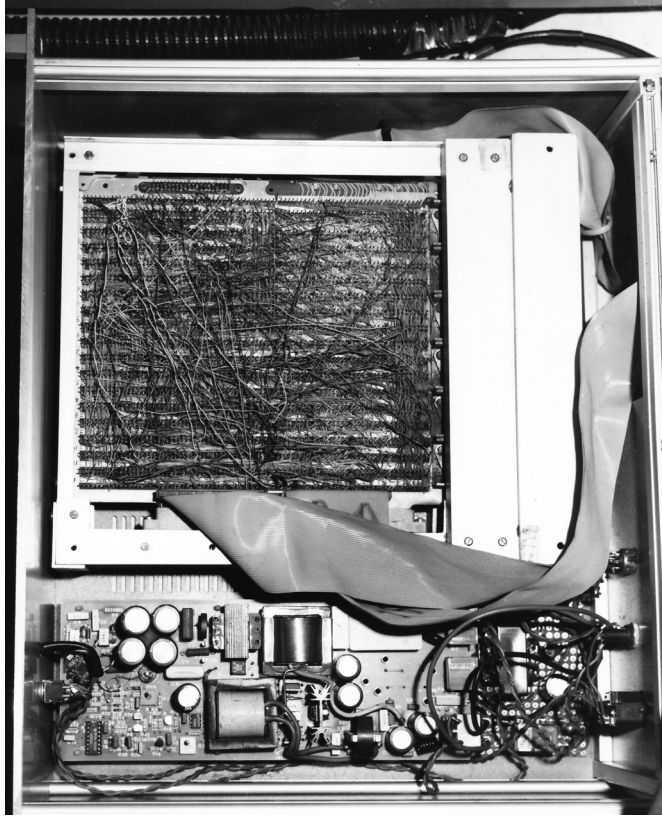


Fig. 2. The 4i System at CSC in Padova developed originally by Giuseppe Di Giugno at IRCAM (this is the part behind the system) (Photo courtesy of Alvisé Vidolin – CSC-DEI Department of Information Engineering, University of Padova) [also published in Canazza-De Poli-Vidolin 2013, 641].

one called “Peata”, a control program of 24 instruments in Frequency Modulation (later called “Navire” in the second edition in Milan), the second called “Inter2” for the generation of sounds which reminded the resonances of glass bells (attack’s suppression, transposition, reverberation; this part had to be played in parallel with real glass bells realized in the little Venetian island Murano). Beyond their specific characteristics, the two were programmed to solve the gestural synchronization of the computer performer with the human performers (musicians, singers, choir, the glass performers) [Sapir 1987, 149–150].

One of the questions my research raised was: in *Prometeo*, did the 4i processor made only real time synthesis or audio signal processing as well? Sylviane Sapir explains that they decided to do real time synthesis, but not signal processing. «From the hardware point of view everything was set up, but the software was

not ready» [Sapir pc 29 April 2009].²³ Hence, CSC's role was to make real time synthesis, which is also consistent with Nono's idea to have the Freiburg Strobel Studio perform the live electronic parts, «because everyone wanted to avoid duplication of technologies» [Vidolin pc 1 June 2009].²⁴ Moreover, at the beginning the analog-to-digital converter was not installed at the CSC, and this came only later and was constructed by Maurizio Rubazzer [Sapir pc 29 April 2009].²⁵

Prometeo's sounds were made on the 4i processor. But in 1985, IRCAM also gave a 4X processor to CSC [Sapir 1987].²⁶ The two processor were not too dissimilar from the point of view of the connection with the PDP computer, except for the multiplication of cards in the 4X (8 cards). In Milan the 4X was supposed to replace the 4i processor. This is why both the 4i and the 4X (readapted for *Prometeo*) were transported from Padova to Milan (this can be inferred from the last page of Vidolin's journal which shows the list of instruments, machines and tools to be transferred). However, as Vidolin recalls, the 4X arrived just a month before the Milan performance, so they did not have the time to solve all the issues with the new machine.

Sound Design Thinking in *Prometeo*: achievements and bottlenecks

Studying the research process and exploitation of the 4i workstation in *Prometeo* means investigating the activity of computer music designers Alvis Vidolin and Sylviane Sapir. The sound design process they developed in *Prometeo* entails the model designers typically follow during a creative strategy (design thinking), as described by Nigel Cross [Cross 2007]: context analysis, tension between problem goals and solution criteria, establishing of problem frames in order to find solutions, creative thinking, sketching and prototyping, testing, evaluating, delivering [ibid., 74]. Below, I will discuss only selected meaningful moments from this workflow. Further research and analysis of every page of Vidolin's diary (and possibly an entire edition) would be appropriate.

23. «Con il *Prometeo* abbiamo fatto solo sintesi, non elaborazione suono. Dal punto di vista hardware era tutto predisposto ma non c'era il software» [Sapir pc 29 April 2009].

24. «Nel *Prometeo* sia dell'84 che dell'85 c'è solo sintesi. Tutto il Live Electronics venne fatto a Friburgo e non si voleva fare un doppione» [Vidolin pc 1 June 2009].

25. «Il convertitore ADC ce l'ha costruito Rubazzer e all'inizio non c'era (l'ha fatto dopo, sotto la direzione di Di Giugno). E infatti negli schemi della mia tesi c'è solo l'uscita» [Sapir pc 29 April 2009].

26. During a TV program aired in 1986 but recorded in 1985, Sapir stated «we've just received the 4X from Ircam» *Musica e Computer*, fourth episode, "Il mondo della computer music", March 1986 [<https://www.youtube.com/watch?v=ykigGfo62Rk&t=49s>] (a program by Giuseppe Di Giugno and Nicola Bernardini; director: Edoardo Ventimiglia; RAI, DSE Dipartimento Scuola Educazione).

According to Vidolin [pc 27 July 1999] «the greatest difficulty for me as a researcher lay in the coordination between Nono's perfect knowledge of the architectural environment, our knowledge of the problems related to the installation of the entire system in such a place (the 4i system and the computer PDP 11-34 installed in San Lorenzo's church), and our attempts to imagine the hypothetical computer sound result».²⁷ CSC researchers would try to anticipate and imagine the acoustic characteristics of the two concert halls in Venice and Milan and how the 4i could react to these. In doing this, they also had to solve practical issues regarding the machine's transportation and their positioning and operation during the rehearsals and performance. Mauro Graziani [pc 8 June 2009] was astonished «to see that the PDP was loaded on a boat, and someone hold it upright, but could fall down any moment».²⁸ For reasons due to ventilation noise, the 4i processor and PDP 11 had to be located at a distance of at least 50 meters from the ark (namely, from the musicians and audience). Therefore, Mauro Graziani was in charge of the separate rooms — respectively in Venice and Milan — where the two machines were positioned. Graziani was also in charge of the “reboot” program (bootstrap) of the PDP 11 in case of any problem [Sapir 1987, 153]. The reboot program was used only once during the rehearsals, Mauro Graziani recalls [pc 8 June 2009], because the 4i processor froze on one sound (it took several minutes to reboot). However, everything went smoothly during the concerts in Venice and Milan. Moreover, «in Milan, the interface card that connected the 4i to the PDP broke down just two days before the concert. We had to ask to the Digital Company in Padova to send us a new one» [ibid.].²⁹

There were also difficulties, or at least complexities to overcome, especially at the level of communication and language. The mind set of computer music designers is different from the mind set and vision of composers, says Vidolin. Regarding this, he recalls that «one of the first musical paths was intended to create sounds for the simulation of breaths and blowing [“Winds” in Fig. 1]; these could be transformed from feeble zephyrs into tornadoes, constantly changing.

27. «La difficoltà più grande consisteva nel coordinare la conoscenza perfetta di Nono dello spazio architettonico, la nostra consapevolezza dei problemi legati all'installazione del sistema (la 4i e il PDP 11) nella chiesa e nell'arca, e i tentativi di immaginare il risultato dei suoni informatici collocati in quel luogo» [Vidolin pc 27 July 1999].

28. «Rimasi sconvolto quando vidi che spostavano il computer in barca, tenendolo in piedi, sembrava che dovesse rovesciarsi da un momento all'altro» [Graziani pc 8 June 2009].

29. «Una volta è capitato di usarlo [il programma di reboot] ma solo durante le prove. La 4i si bloccava su alcuni suoni, e bisognava riavviare. Servivano vari minuti per rilanciare il programma» [Graziani pc 8 June 2009] «A Milano si era rotta una scheda che usavamo per interfacciarci alla 4i [scheda di collegamento tra il PDP 11 e la 4i] due giorni prima del concerto. Dovemmo chiamare la Digital Company di Padova per dirci che ce ne mandassero una nuova» [ibidem].

But this instrument turned out to be excessively automatic, not very musical. So, we decided not to use it. Nono thought these sound structures were too pre-composed. “Why use a pre-composed structure when one has the possibility to use the 4i system, a real time digital sound processor?” That was what he told us» [Vidolin pc 1 June 2009].³⁰ Sapir also faced linguistic difficulties of a different kind and evokes funny anecdotes. She is French and had arrived in Padua not long before. «Luigi Nono often spoke with Alvise in venexian idioms (the dialect spoken within Venice itself) and I had troubles understanding them. Moreover, Nono used to talk using metaphors, symbols, and to me it was difficult to follow. Alvise acted as mediator» [Sapir pc 29 April 2009].³¹

Even when they faced difficulties, the overall experience was fertile. Alongside the parts were Nono asked sounds that could harmonize with the orchestral instruments (glass bells and their resonances, wind instruments, echoes, breathy choirs), Nono was interested in micro-intervals and the dynamic control of timbres. This phase «was extremely useful to give substance to the abstract musical ideas formulated by the composer, and at the same time, for creating a common vocabulary that could facilitate the musician-technician communication» [Sapir 1987, 151/153, my trans.].

During the meetings in Padova, Vidolin recalls that the sound diffusion system owned by the CSC at the time did not have a sufficiently powerful quality, and this made difficult or impossible to hear very low or very high sounds. Thus, they decided to work on low-medium-high pitch sounds and especially on the simulation of the choir. During the Venice rehearsals and concerts, they used loudspeakers from the Freiburg Strobel Studio for an excellent sound quality. In Milan, CSC researchers used a system from the La Scala Theatre [Vidolin pc 1 June 2009].

Alvise Vidolin’s journal reveals also that the aesthetical environment and the structure of the musical score (not the definitive score for musicians, soloists, and choir) were already completed, or at least partially finalized, during the months of research and programming of the 4i. Fig. 3 and 4 show the structure of *Prometeo*

30. «Uno dei primi percorsi che avevamo intrapreso consisteva in suoni che simulavano respiri e soffi (i “venti” negli appunti), che potevano trasformarsi da zefiri a tornado in cambiamento costante. Ma questo strumento risultò essere troppo automatico e non molto musicale. Decidemmo allora di scartarlo. Nono pensava che queste strutture fossero troppo pre-composte. “Perché usare strutture precomposte quando possiamo usare la 4i che fa suoni in tempo reale?” ci diceva» [Vidolin pc 1 June 2009].

31. «Io ancora non conoscevo bene l’italiano e l’ho imparato parlandolo. Luigi Nono con Alvise parlava in veneziano, e io non capivo niente. Coglievo il 30% se andava bene. Inoltre, aveva questo modo di parlare ricco di immagini e metafore, per me era complicato seguirlo. Alvise faceva da mediatore, mi diceva “fai sentire questo, fai quest’altro”» [Sapir pc 29 April 2009].

(except for the last part called Stasimo II) with Vidolin's annotations about the presence of the 4i in each section, written in black ink or with a pencil. According to Vidolin, these are wishes, requests, and observations written during the gatherings and belong to an intermediate stage of production (possibly May-June 1984), although not everything was accomplished. Nono listened and decided what would be useful, or else they would change program or solution with a better one. In the following paragraphs, I am going to describe only selected aspects related to these two figures.

At the beginning of Fig. 3 we read (in pencil) "Vento.INT". The program Vento.INT became later "Peata" (from the name of a boat) used in Prologo and Isola 1, based on the principle of Frequency Modulation (Vidolin's journal sometime oscillates between the name "Peata" and "Peota" even in the computer program outputs). "Peata" «was not a compositional system, rather a more gestural environment (the performance gesture worked via potentiometers). Sound was changed thanks to movements we made with our hands: we operated 6 potentiometers and other keys on the computer keyboard» [Vidolin pc 25 September 2015] (the same concepts are evoked in Vidolin [1997, 454]. «I played the potentiometers — Vidolin recalls — and Sylviane "played the keys" accordingly on the computer keyboard. We communicated each change just nodding our heads» [Vidolin pc 1 October 2020].³²

Fig. 5 shows the potentiometers: the first generated up to 24 voices, the second controlled the amplitude, the third controlled the frequencies (it bended pitch across an octave from 116 to 232 Hz, but with other keys in the keyboard one could also move in lower or higher octaves, by means of the fourth potentiometer "VA"), and from fourth to sixth the timbre («carrier vs. modulation settings; harmonic sounds were obtained using a value of "1", inharmonic timbres with others; with "0" everything was sinusoidal, a higher number meant more harmonics — up to 500 HZ» [Vidolin pc 1 June 2009]).³³

The choir effect at the beginning of the Prologo was inspired by Mahler's first symphony slow introduction, with a seven-octave drone in the pitch of A (*la*). Vidolin and his collaborators created a mobile sound (Nono often used the term

32. «"Peata" era un ambiente esecutivo, gestuale, non un sistema compositivo. Il gesto veniva eseguito con dei potenziometri azionati da noi stessi: avevamo 6 potenziometri e altrettanti tasti sulla tastiera del computer» [Vidolin pc 25 September 2015]. «Io suonavo i potenziometri mentre Sylviane suonava i tasti sulla tastiera del computer. Comunicavamo con dei cenni della testa» [Vidolin pc 1 October 2020].

33. «I due potenziometri dal quarto al sesto sono relativi al timbro: il rapporto portante modulante. Si ottenevano suoni armonici con il valore 1, nel mezzo venivano anche timbri inarmonici. Con 0 tutto risultava sinusoidale, e poi maggiore era il numero, più alto risultava il numero di armoniche, fino a 500 Hz (per noi era meno complicato mettere il picco di deviazione anziché l'indice di modulazione)» [Vidolin pc 1 June 2009].

PROLOGO 16'

2 mani gravi 4c + (suoni acuti con flet. delle 2 voci)
 ma all'inizio mani gravi ma poi, con la presenza
 degli altri si evolve in coro - *Vento. INT*
 begins grave → medio - innalziarti articolati ma
 dolci -
 Privilegio le successioni degli element. più o le
 corresponsioni -
 SPAZIO: Tutto - EST/INTERNO
 CAOS ACQUA/ALTO GIRO/INTERNO

I² Isola - (ordine + Arch. + 4c) SPAZIO: INTERNO/ESTERNO
 Privilegio le corresponsioni degli element. - *prometto: contro il CAOS (ORCHESTRA)*
 archi sono sempre continui } *IO: conflitto*
 li sempre continui *Vento* } *premententi*
 li: idee di spazio esterno } *3 colpi di fucina (33, 32-146)*
 sempre presenti in Tutto l'isola } *a) TRITONO*
b) II° minimo
c) VE (piena ormea)

II⁰ Isola (flauto bar, cl. bar, coro, 5 solisti + 4 gruppi)
 molto più rotte con pure - l'opposto delle I² isola -
 Ma c'è il 4c a) SPAZIO: ALTO/BASSO

b) SPAZIO: CIRCOLARE con 2 voci nel soffitto (flauto, clari, 2 voci) ○

c) STAZIONE (4 gruppi coro soli) : FRAMMENTI. | M | 1 | M
 SPAZIO: STATICO *i movimenti del coro* che erano in punti sempre
 differenti.

- I⁰ INTERLUDIO: (Canto Orpheus: flauto Cl. tuba + macchina
 e onde 4c acutissimi in alto 32K *quinta e quarta*
 di dentro arrivano nel II° *male curiosa e schemi di*
 e collegarsi con gli archi *infatti anche forse loro*
come alle loro di tutto il
lavoro

Fig. 3. Vidolin's handwriting with annotations for Prologue, First Island, Second Island, First Interlude (Alvise Vidolin's journal, Vidolin's private archive).

II° PARTE

a) 3 voci: S, A, T conto e tre voci molto pure (SPAZIO: FUORI)
 euphonium
 archi (bristoli) } spazio: dentro.

4i si collega agli archi e continue fino a de
 via vedrà. LA.

b) ISOLE 3, 4, 5 (molto roba in gate:) FRANTUILLAZIONE
 EKI 4i - movimento a nati, autonomo rispetto al
 profummi DIMINUIS
 Impassione di eco nell'eccezione
 degli elti (N.B. Tutto a GATE - gran cascoso)
 (a cigno con PITAS - 8 in alcune sono finite
 da GIGI -

1 quinta
 1 3° tono
 3 di microintervall.

c) 3 voci + coro
 euphonium

INTERLUDDIO II°

a) con velo e tule + 4i → (basso) vento / DING BONG
 c) con vento piccol. + 4i → (acuto) 320.
 di de pg. 167 e 170

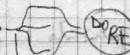
25 e 26 Incanto di Studio - 6

FINALE

micro intervalli.

collegamenti: flauto → coro

a) 191 II° → FA del coro

b) 192 del RE →  DO RE

c) 197

Fig. 4. Vidolin's handwriting with annotations for 3 voices, Islands n. 3, 4, 5, Second Interlude (Alvise Vidolin's journal, Vidolin's private archive).

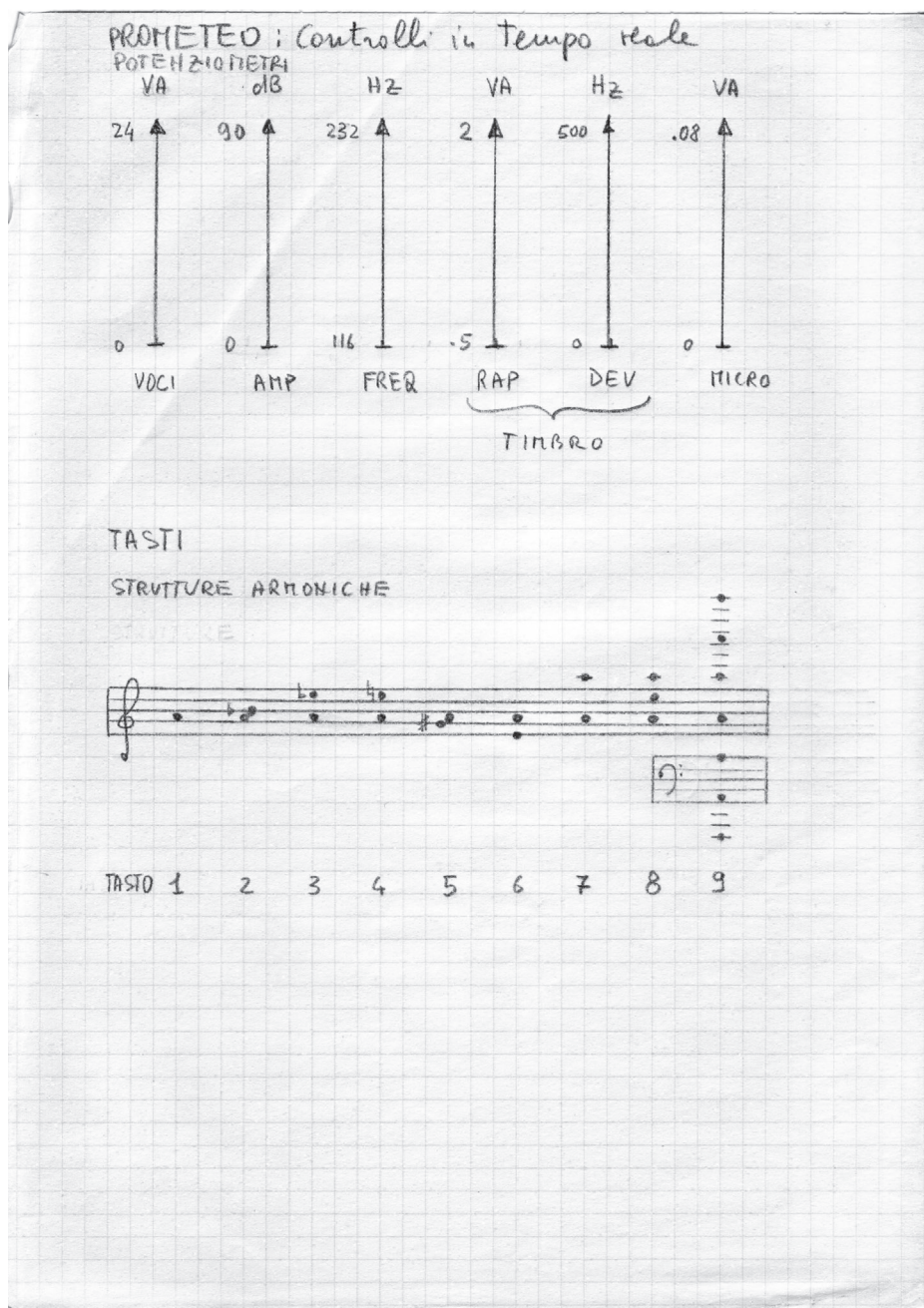


Fig. 5. The program PEATA used with the 4i processor (Alvise Vidolin's journal; separate leaf. Vidolin's private archive).

suono mobile to describe a characteristic of his late works),³⁴ like it was in Mahler's sound.³⁵ Vidolin continues: «The overall sound effect (of "Peata") sounded like a choir (24 "voices" controlled in high, timbre, and their micro-intervals). The 24 "voices" evoked human voices, like a choir. They used small indexes of frequency modulation, near the sinusoid, and that provokes beats which reminds a choir singing in unison. They also used fourth and minor seconds to simulate what the real choir was doing» [Vidolin 1997, 454]. The lower part of Fig. 5 shows the corresponding keys on the computer keyboard to generate the above mentioned harmonic structures.

The computer keyboard is visible in Fig. 6 (the photograph was taken during the weeks of rehearsals in Venice in San Lorenzo's church) with the video terminal Digital VT 100 and its keyboard at the far end of the table. In the same photograph, Alvise Vidolin is operating the potentiometers of "Peata", looking at *Prometeo's* score (Nono's personal score [Vidolin pc 1 October 2020]), while Giuseppe Di Giugno (in the foreground) is witnessing the tests. With regards to the Prologo, Vidolin writes (Fig. 3) «low pitch sounds 4i (high pitch sounds with two filtered voices), the beginning [starts with] low pitch sounds, then, with the presence of the others, it evolves into a choir».

Fig. 7 shows the complete control boot, which was suspended in mid-air in the middle of the ark (and the nave of the church). Here, Vidolin and Sapir were in charge of the 4i gestural control. We can see, on the right, the video terminal and the 6 potentiometers for controlling the 4i used in "Peata". In the background,

34. In Luigi Nono's late works, the direction and origin of sounds (whether they are acoustic or electronic) as perceived by a listener have to move through space in time. The point is not to confound or confuse the listener, but rather to stimulate active participation in apprehension of the aesthetic object, i.e. the listener should be actively attempting to find his or her way through the proposed labyrinth [Zattra-Burleigh-Sallis 2011, 433]. The expression *suono mobile* originates in the collaboration of the composer, the musicians and the technicians at the Freiburg Strobel Studio, and derives specifically from the action of the live electronics on sound [Cecchinato 1998, 135; Vidolin 1992].
35. «In doing so, we used a principle used on *Barcarola* by Richard Teitelbaum. Here the 4i processor created a mechanism of different oscillators in unison, but very rich and it produced beats. There was a difference though: in *Barcarola* we used a type of synthesis with a fixed waveform; "Peata" on the other hand used the Frequency Modulation» («Quindi lavorammo su questo, ripartendo dalla *Barcarola* di Richard Teitelbaum che aveva un meccanismo di oscillatori che suonavano all'unisono creando dei suoni molto ricchi che però erano mobili: per Teitelbaum erano stati creati così per giocare con i battimenti. Derivava il concetto, ma c'era una differenza. *Barcarola* era fatto per sintesi per forma d'onda fissa, mentre "Peata" nasce dalla Modulazione di Frequenza» [Vidolin pc 1 June 2009]. The principle of "Peata" with Frequency Modulation had been used in *Untitled n.1 (4i Studio)* by Mauro Graziani. Graziani recalls that in this work they used the same potentiometers (8 potentiometers), and frequency modulation (32 instruments). «But I did not call this system "Peata". I simply used this system in my piece and said "here I use the FM". I worked at a lower level» («Io non la chiamavo "Peata". Usavo il blocco di strumenti usati lì e dicevo "qui uso lo strumento FM". Io lavoravo a livello più basso» [Graziani pc 8 June 2009].

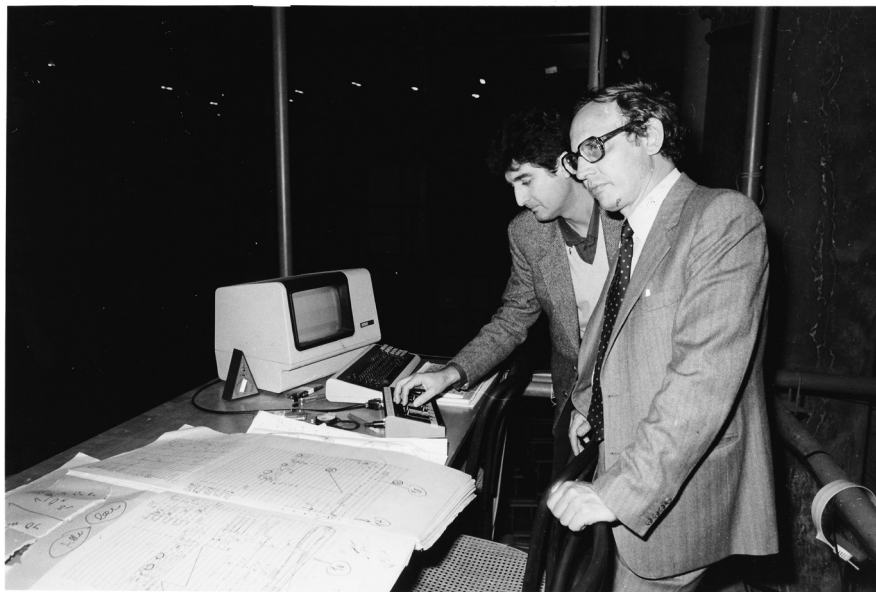


Fig. 6. Alvis Vidolin (left) and Giuseppe Di Giugno (right) during the days of Prometeo's rehearsals (Photo courtesy of CSC-DEI Department of Information Engineering, University of Padova; unknown photographer).

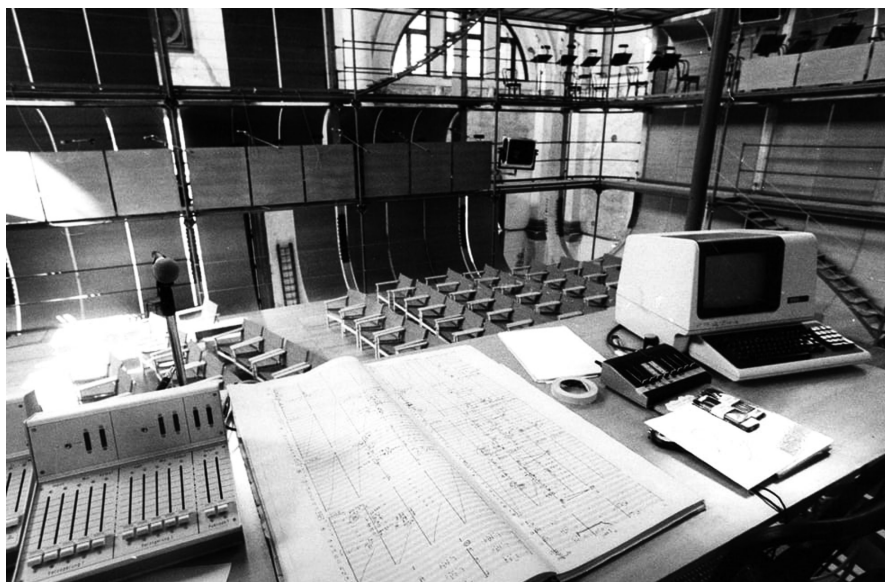


Fig. 7. The control booth, suspended in mid-air in the middle of the ark, in San Lorenzo church, during the rehearsals in September 1984 (on the right: the video terminal and the 6 potentiometers for controlling the 4i; in the centre, Prometeo's score). (Courtesy, CSC Sound and Music Computing Group, <http://csc.dei.unipd.it/multimedia-works/>).

we detect the chairs for the audience, and the vertical structure of the arch where musicians had to move during the performance along stairs and walkways.

In Isola Prima (annotations in Fig. 3), sound production used the principles of granular synthesis, although «granular synthesis was not meant to generate sound pointillism. It was rather used to provide continuity to sound in constant evolution (Nono's famous concept of Suono Mobile-Mobile Sound). Grains — each one was different from every other one — were seamlessly chain-linked (you don't perceive them as separate) and we used 24 "voices"» [Vidolin pc 25 September 2015].³⁶ We can read in Fig. 3 that the 4i processor was used all along this section («sempre presente in tutta l'Isola»). In Isola Prima there is a game between the orchestra, the strings and the 4i. «Our sounds were supposed to be like dolphins. They periodically come to the surface and then disappear beneath the ocean's surface. Strings are the ocean, they give continuity» [Vidolin pc 1 October 2020].³⁷

In Isola Seconda (Fig. 3) we read the annotation «there is no 4i». All other comments are Nono's ideas about this section. Vidolin was taking notes while he was speaking, even though there would not be any computer generated sound involved. The small vertical lines are most likely Nono's handwriting, according to [Vidolin pc 1 October 2020].

In Interludio Secondo (Fig. 4), the 4i was programmed to play in conjunction with the glass percussions specifically built for the occasion in the little Venetian island called Murano (in the score, there were 2 glass bells, with sound transformed by the Freiburg Strobel Studio technology). The 4i system interacted with glass instruments by generating sound synthesis, and was used in the original performance in Chiesa di San Lorenzo, as well as in Milan the following year [Vidolin pc 22 February 2011]. In Fig. 4 we can read that the 4i was used from page 167 to 170 (written in pencil). Sylviane Sapir's program called Inter2, connected with the subprogram NOT4i (glass sounds), was used. «Nono asked to imitate and play with the sound of the glass percussions» says Sylviane Sapir [pc 29 April 2009].

Freiburg's technology could do that as well, but we decided to use the 4i processor. I am very proud of this program Inter2. I had worked in Marseille with Jean

36. Nell'Isola Prima «la sintesi granulare non era usata per generare suoni puntillistici. Serviva invece per dare continuità al suono in evoluzione costante. Era il famoso concetto di Nono di Suono Mobile. Ogni grano era diverso dall'altro ed era connesso agli altri senza soluzione di continuità, non risultavano separati. Usavamo 24 voci» [Vidolin pc 25 September 2015].

37. «I suoni dovevano mimare il comportamento dei delfini. Essi risalgono in superficie e poi di nuovo si immergono nell'oceano. Gli archi erano l'oceano e offrivano la continuità» [Vidolin pc 1 October 2020].

Claude Risset and with Daniel Arfib the inventor of the nonlinear synthesis. I remember I went to Alvisè's house and we "played" crystal glasses in order to understand their timbre (we did not have real time analysers), a sound with only a few harmonics, which changes according to our finger's pressure. And it was also aleatoric (due to the circular movement of the finger). This is why nonlinear synthesis was appropriate: the harmonic spectrum changes according to its amplitude. While I generated sounds with Inter2, I used NOT4i to control these sounds in real time and to trigger them following *Prometeo's* score. [...] Another procedure called RTI4i was created to follow our gestures on the potentiometers [pc 29 April 2009].³⁸

Other annotations in Fig. 4 — especially "II part a) 3 voices" or "Isole 3, 4, 5" — were never realized [Vidolin pc 1 October 2020].

Archivio Luigi Nono in Venice preserves several tapes, now digitized, with the audio computer experiments (Table 1) (other audio sources at the archive include experiments made at the Freiburg Strobel Studio). Audio Reel n. 177 (CD 079.008) contains sounds called "2) Vento ??Prologo" [sic] and tracks n. 6 and 7 contain music labelled as "Tamia (1978)". I played these last 2 tracks to Vidolin and Sapir because I could not identify the content. Tamia, as Sapir recalls, was an experimental/avant-garde vocalist called Tamia Valmont who realized two LPs during the late 1970s / early 1980s (*Solo* in 1978 and *Senza Tempo* in 1981) using successive recordings of her voice on a 16-tracks tape recorder. Sapir used to listen to this singer. This means that they decided to use the same reel to record experiments for Nono's *Prometeo*.

Tape 177 contains also the "Winds ??Prologue". Vidolin and Sapir played them to Nono (the question marks indicate they were not sure to use them), but decided to abandoned them. Vidolin's journal shows some computer program called VENTO.FOR (printouts); we can read immediately after the title «Programma

38. «Nono voleva un'eco, un'imitazione delle campane di vetro. Con la tecnologia di Friburgo si sarebbe potuto fare ugualmente, ma decidemmo di farlo con la 4i. Di questo lavoro [Inter2] vado molto fiera. Studiando a Marsiglia con Risset, conoscevo bene le tecniche di sintesi, e avevo studiato con Daniel Arfib che aveva sviluppato la distorsione non lineare. Con Alvisè prendevamo dei bicchieri di cristallo (ero a casa di Alvisè) e cercavamo di capire il timbro (non c'erano allora gli analizzatori in tempo reale). Cercavamo ad orecchio di immaginare com'era fatto questo suono. Era un suono con poche armoniche e a seconda della pressione che imprimevi al dito sul bicchiere si arricchiva. Aveva un andamento un po' aleatorio (a causa del movimento circolare del dito). Per questo pensai alla distorsione non lineare: è una tecnica che permette di costruire uno spettro armonico più o meno ricco in base al volume del suono. Lo sperimentai e vidi che funzionava molto bene. In questo modo evocammo queste campane e creammo questo alone: era imitazione, non elaborazione di un suono captato. Feci l'algoritmo di sintesi con Inter2, controllavo i suoni in tempo reale tramite NOT4i anche per far partire le note al momento giusto seguendo la partitura del *Prometeo*. [...] Un'altra procedura che feci era la RTI4i che serviva per seguire il gesto sui potenziometri» [Sylviane Sapir pc 29 April 2009].

VENTO.FOR: Prometeo, non si sa» («program WINDS.FOR: Prometeo, non sure») and also computer data called “AVVEN₁.INT” and “AVVEN₅.NOT” which correspond to the discarded sounds. Tape reel 178 contains “very very high pitches” (generated with the program “SACUTI”), from 10.000 to 15.000 Hz, in groups of 2, 4, 6, 8, 10 and 15 sounds. However,

the sound diffusion system owned by the CSC did not have a sufficiently powerful quality to hear them in the proper way. We owned a home audio equipment (and we did not had subwoofers either). Nono, on the other hand, based his compositional process strongly on his listening (he had used the very high pitches before, in 1972, in *Como una ola de fuerza y luz* for soprano, piano, orchestra and magnetic tape). This was an obstacle because we could not make him listen properly to these experiments, even if we assured him that the problem could easily be solved during the concert and rehearsals. Uncertain about the result, he decided not to continue on this path [Vidolin pc 1 June 2009].³⁹

N. OF THE ORIGINAL AUDIO REEL	CD NUMBER (DIGITIZATION)	CONTENT (AS INDICATED IN THE LABEL)	DURATION	CONTENT (ANNOTATIONS AFTER MY LISTENING)
177	079.008	C.S.C. UNIVERSITA' DI PADOVA 2) vento ?? prologo Alvise Vidolin annuncia i campioni [transl: “winds ?? prologue / Alvise Vidolin announces the samples”]	00:58–01:02	Traccia 06 41:21 – C.S.C. Università di Padova / 1) TAMIA (1978) traccia 07 50:46 – C.S.C. Università di Padova / 1) TAMIA (1978) traccia 08 58:05 – C.S.C. Università di Padova / 2) Vento ??Prologo [sic]

39. «Per ascoltare queste cose sarebbe stato necessario un buon impianto mentre noi al CSC avevamo un impianto domestico. Nono invece si basava molto su ciò che sentiva (aveva già usato le altezze molto acute in *Como una ola*). Questo fu un problema perché non potevamo fargli ascoltare i suoni in maniera consona, anche se gli dicevamo che al momento delle prove e del concerto sarebbe venuto meglio e accuratamente. Ma nonostante avessimo preparato queste cose, non essendo sicuro dei risultati Nono decise di non utilizzarle perché non le aveva “sentite”» [Vidolin pc 1 June 2009].

N. OF THE ORIGINAL AUDIO REEL	CD NUMBER (DIGITIZATION)	CONTENT (AS INDICATED IN THE LABEL)	DURATION	CONTENT (ANNOTATIONS AFTER MY LISTENING)
177	080:001	C.S.C. UNIVERSITA' DI PADOVA 2) vento ?? prologo Vidolin annuncia: "AV VEN 13 registro grave" "AV V 13 con involuppo più tenue" "AV 14 registro acuto con silenzi acuti" "a parte distorsioni del nastro la37,5 hz" "50 hz" "75 hz" "112,5"	0:00–00:06	Traccia 01 00:00 – C.S.C. Università di Padova / 2) Vento ??Prologo [sic]
178	080.002	C.S.C. UNIVERSITA' DI PADOVA SAVEN [Sapir Ven] Vidolin: "SAVEN 1 successione di frequenze: 37,5; 50; 75; 112,5" "375; 500; 750; 1125hz"	00:06–00:10	Traccia 02 00:06 – C.S.C. Università di Padova / SAVEN
178	080.003	C.S.C. UNIVERSITA' DI PADOVA Programma SACUTI "programma SACUTI; suoni acutissimi in intervallo 10000+15000 hz"; "successione di 2 suoni 4 suoni 6 suoni 8 suoni 10 suoni 15 suoni" "nove la, da 27,5hz a 7040 hz"	00:10–00:13	Traccia 03 00:10 – C.S.C. Università di Padova / programma SACUTI

Tab. 1. Audio sketches of the computer sounds prepared for *Prometeo*, realized at CSC (sources are held at the Archivio Luigi Nono Archive).

Finally, the last example of discarded ideas is the one marked in Fig. 1, third bullet point. During the first meeting with Nono they planned to synthesize «talking memorized in segments with some fragments that come back». Vidolin remembers that Nono wanted to simulate what he had composed in the work *Quando stanno morendo. Diario polacco n. 2* (1982), especially the "Mosca – chi sei???" segment from the libretto. Although this specific work used texts always fragmented to the point of becoming unintelligible, there was only this exception, sung by the mezzosoprano, where the text was intelligible (the first time) (the second time the voice was reversed electronically). In *Prometeo*, Nono intended

to use the same process with the 4i processor. However, as I already mentioned, the 4i was not yet equipped with an analogue-to-digital converter which would have been necessary for recording and processing the sound in real time. So they abandoned this plan.

Analysis of the score

My analysis and comparison of *Prometeo*'s scores is still at an early stage. My research has so far established that the score of the first performance (held at the ASAC – The Historical Archives of Contemporary Arts of the Venice Biennale) only shows the indications “yes” or “no” for each bar when the 4i processor was used (this corresponds to the last staff in the tall page). No indication shows what effect or program the 4i was meant to use. Fig. 8 (Vidolin's journal) shows precise indications: the name of the subprogram (first column), and bars, basic frequency, interval, structure and ratio. Unfortunately, the bars do not always correspond to the ASAC score. Fig. 8 is not dated, but was plausibly jotted down before heading to Venice for rehearsing and performing *Prometeo* on 25, 26, 28, 29 September 1984 [Vidolin pc 1 October 2020]. In fact, only four pages before this one we notice that Vidolin had glued to his journal the computer printout of *Interludio Secondo* dated and titled «Sylviane 11/09/1984», that is 11 September 1984. Luigi Nono continued to heavily rework his work also during the days of rehearsals (he changed and cancelled some parts [Vidolin pc 1 October 2020]) and as mentioned in footnote 2, he improved his work for the Milan production and changed the score also for the later performances in Frankfurt, Paris and Berlin. Accordingly, the bar numbers in Fig. 8 are to be treated cautiously with further analysis.

Prometeo's score held at Archivio Luigi Nono in Venice shows the staff part of the 4i sounds at the bottom of the score, but “the pentagram” is void (this is the score of the 1985 version, Milan). The Milan version of *Prometeo* did not start (in the Prologo) with the 4i. Future research needs also to consider the score held at Paul Sacher Foundation in Basel.

Sylviane Sapis explains that the personal scores she, Vidolin and Graziani used in Venice and Milan (unfortunately lost) contained two types of annotations: one more precise, one more “fluid”, when the 4i's role was supposed to intervene in a more flexible manner with the acoustic sounds (especially strings and glasses) [Sapis 1987, 153–154]. Sparse instructions are typical for the live electronics as well, because every precise action was decided during the extensive rehearsals or later in the subsequent performances. This freedom is typical of Nono's aesthetic world. His aversion to fixing his work in definitive form (either a published

PROLOGO	BATTUTA	FREQ. BASE	INTERV.	STRUTT.	KAP	
PROLOG.DAT	1-4	FA 349	3	1	0.5/2/4/5	Variable
	24-27	Sib 233	2	1		
	28-32	Mi 164	1.4	6		
	41-43	Mi 164	1.4	1		
	44-46	Sib 116	1	1 → 4		
	60-64	SOL 392	3.38	6 → 1 → 5 → 4		
	67-70	Sib 233	2	1 → 4 → 3		
	94-99	LA 220	1.9	1 → 2 → 5		
	105-112	SOL# 207	1.78	1 → 7		
	136-138	DO 261.6	2.25	1 → 5 → 6 → 4		
	139 → FINE	Mi 164.5	1.4	1		
	1					
ISOLA 1						
ISOLA.DAT	1 → FINE	Sib 116	1	1		Variationi libere col cond.
ISOLA 2						
ISOLA 2.DAT	17	LA 110	1	2		
	51-52			3		
	62-63			4		
	114			5		
	115			6		
	118-119			7		
ISOLA 5						
ISOLA 5.DAT	9-13	SI 493.8	2.118	1 → 3		
	149-154	SI 493.8	2.118	1 → 4		
	250-257	SOL# 830	3.56	1 → 1 → 1 → 6		
INTERLUDIO 2						
INTER2.INT						
SAPRO						
INTER2						Testo

Fig. 8. Subprograms for computer sounds, bars, basic frequencies, intervals, structures and ratios used in Prometeo. Source not dated, but plausibly written in mid-September before the rehearsals in Venice (the concert took place on 25, 26, 28, 29 September 1984) (Alvise Vidolin's journal. Vidolin's private archive).

score or a recording) signals a strong interest in music as a performance event (one of the leading characteristics of his late works).

Only recently Ricordi has embarked on an important project for a new edition of *Prometeo* score (by Marco Mazzolini and André Richard) that allows future performers to interpret Nono's aesthetical world appropriately. This new score — which of course does not include any reference to the historical use of the 4i processor — was used for a performance in Parma in May 2017, later released on CD (the score should be on sale by the end of 2020)⁴⁰ (an interesting discussion on this project is reported in Mazzolini [2019] and Alessandretti [2019]). From now on, as stressed by Vidolin, it will be possible «to perform *Prometeo* as any other musical work» (Vidolin in Fantechi-Santacesaria 2017, my trans.). In this new score, «the notation of the electronic treatment is divided in two parts: one technical to allow the design and realization of the electroacoustic system of amplification-spatialization-processing; the other, more musical, that shows how to “tune” and “play” this electroacoustic system in the various sections of the work. The graphical solutions are really effective» (ibid.).

Spatialization and listening

The creation of a new idea of space in *Prometeo*, is part of Nono's research to expand the concept of musical space: not only a performance space, but also an inner musical space (sound vs. silence, sonic silence, mobile sounds, anti-academic sounds) for both the musician and the listener. *Prometeo* is a work that finds a new identity according to each performance space and could not take place in a normal concert hall or theatre. As Claudio Abbado described it, this work consists of «many islands of quiet sounds magically travelling through space» [Claudio Abbado 1999; cit. in Höchsmann 2018].

“PEATA”, for example, was also used to realize the “sonic silence”. Nono wanted to create a juxtaposition between the space within Renzo Piano's ark and the external space of the ark inside the church. Vidolin recalls that «there were 4 loudspeakers under the ark in San Lorenzo. Sound therefore was directed to the base of the ark and made the ark resonate from the outside. This was the sonic silence» [Vidolin pc 27 July 1999].⁴¹ Along the entire concert space there were other loudspeakers. The entire system conveyed both the computer sounds, as said, but also sounds produced live and transformed with the Freiburg Strobel

40. <https://www.ricordi.com/en-US/News/2020/05/Nono-30-years-death.aspx>

41. «Gli altoparlanti (me ne ricordo 4) erano posizionati sotto all'arca. Il suono, quindi, batteva contro il pavimento e metteva in qualche modo in risonanza lo strumento arca. Il suono lambiva l'esterno dell'arca. Era questo il silenzio sonoro» [Vidolin pc 27 July 1999].

Studio's live electronics techniques. In addition to electronically produced and/or transformed sounds, there was also the "natural" spatialization of sounds produced by singers and instruments singing and playing, placed in the suspended walkways of the ark. Vidolin's annotations in Fig. 3 explains that space ("SPAZIO") in Prologo and Isola Prima could be "all ext./internal / high/low / circle/static". They chose to realize only the external effect (loudspeakers under the ark), and there was not effect of alternation of circular and static sound [Vidolin pc 1 October 2020].

The acoustics of the San Lorenzo church was complex and different from the Stabilimento Ansaldo in Milan. The acoustics in Milan was drier and the reverberation shorter [Driesen 2011, 2018]. Moreover, Marco Angius, director of the new version of *Prometeo* performed in Parma in May 2017 describes «many *Prometeos*» («*tanti Prometei*»), meaning by that that every member of the audience has his/her own different perception of the work, depending on his/her position in the concert hall, also resulting indeed in a fragmented listening [cit. in Fantechi-Santacesaria 2017]. This was also true for the 1985 and 1985 performances. In 2017, Daniela Fantechi and Luisa Santacesaria asked Vidolin to comment on their two personal reactions to the 2017 version of *Prometeo* which had sensed «the presence of the electronics [that] sometimes seems to emphasize this distance and this fragility, other times it ties the sounds together, and unify on the same level the elements that are spatially distant — however, it never creates an acoustically immersive situation» [ibid.].⁴² In reply to this, Vidolin explains that this was precisely Nono's idea of listening. One of Nono's early preparatory sketches for *Prometeo* (circa 1984) — see Fig. 1 visible in the online interview by Fantechi-Santacesaria [2017] not presented here — contains a word repeated several times: «*ROTTO*», which means «broken». «The idea» continues Vidolin «to break any formal continuity is constitutive of this work, as [Nono] has already experimented in *Quando stanno morendo. Diario polacco n. 2* (1982). In *Prometeo* the desire of rupture appears in all its evidence particularly in the section called Isola terza, quarta, quinta (Island III, IV, V). The musical writing of each of these islands [...] has been cut in fragments and only later has been transformed in one unique section, alternating the fragments taken from every Islands, and inserting others in the Prologo, called by the author [Nono] «*Eco lontana (del Prologo)*» (distant Echo (of the Prologue)) [...]. In this section the electronics participates equally in a further breakup of the sound texture», with a double role of fragmentation at a micro-formal level, by the use of the *gate* (e.g. bar 1 of Isola Quarta: the

42. In Parma, for the first time the Freiburg Strobel Studio was not involved. Alvisé Vidolin, Nicola Bernardini and the CSC, with the assistance of Luca Richelli were in charge of the live electronics.

amplified signal of the contralto voice is modified through the use of the gate by the dynamic of the trombone), and at a macro-level, the spatialization (the trombone and cello's dynamics determine the spatial position of the contralto voice, on frontal loudspeakers or lateral loudspeakers or elsewhere). And the velocity and timings of those localizations depend on the musical performance of the interpreters [Vidolin in Fantechi-Santacesaria 2017]. Moreover, spatialization in *Prometeo* is also obtained with the use of the Halaphone, delay and feedback through the loudspeakers (Freiburg Strobel Studio's technology).

Conclusions

Prometeo is the definitive attempt to create a musical, aesthetical and political revolution. I demonstrate here the three main hypotheses/points emerged in Boehmer [2011] contemplated in my introduction. First of all, *Prometeo* proves to be a highly collaborative creation. Following Keith Sawyer definition of diachronic and synchronic collaboration (the first occurring when each partner contributes at different moments or places; the second involving a parallel and intertwined work) [Sawyer 2014, 274–275], we see that this collaboration was diachronic as well as synchronic. Vidolin, Sapir, Graziani and Nono met and worked at the CSC and during the rehearsals and concerts, but they also worked each one of their own after the meetings, with an unstoppable process of ideas, proposals, evaluation, revisions, and choices that appear to be typical of the workflow in sound design.

Second, Nono exploits technology in revolutionary perspective. He decides to use it in strict connection with his act of composing on paper and with “anti-academic” sounds, because he wanted to help and throw light on CSC's computer research against the old analogue techniques used at RAI, and against Italian politics and the RAI management which did not help the Studio di Fonologia renovate its machines. He also wanted to show to the world what Italian computer scientists were capable of. Collaboration was necessary to reach this perspective. This led him to create a multimedia work where sounds, instruments, voices, technology, space, and lights create new ways of listening. «A place was needed for this listening. An *instrument* that made this possible, [...] to release “listening” from the servitude of “seeing” (the optical-haptic dimension) that dominates concert halls and traditional opera houses. An instrument from which sound cannot escape, but in which it can *reside*» [Cacciari 1984, 21, my trans.]. Moreover, in *Prometeo* the use of texts, space, acoustics, and sounds epitomize a revolutionary act of composition, which is reflected in Nono's idea of a spatial and sonic dramaturgy obtained through acoustic, electronic and computer

sounds. «This theatre-driven relationship between space, meaning and sound dramaturgy had a major impact on Nono's entire creative output, including his non-theatrical pieces, and culminating in the 1980s, most notably with *Prometeo* (1984)» [Santini 2012, 106]. The revolutionary idea of a new musical theatre and the "tragedy of listening" has its roots in the 1960s in works such as *La fabbrica illuminata* (for female voice and magnetic tape, 1964) and *A floresta é jovem e cheja de vida* (for soprano, three actors' voices, clarinet in *Sib*, plates and magnetic tapes, 1965–66) and even before in *Intolleranza 1960* (1960–61), an "azione scenica" in two parts for soloists, choir and orchestra [De Benedictis 2013]. There is a strong continuity in all Nono's works from the 1960s to the 1980s with underlying themes that he considered as early as 1956 in an experimental text (a text with no capital letters and an unusual punctuation) titled *Precisazioni* [Nono 1956].⁴³ All this text would be worth mentioning, but the following quote will suffice. Men-poets do not vegetate academically, «their means are the ones of their time [...], known by them with criticism and innovate by them according to their exigencies» [Nono 1956, 41].⁴⁴ Nono's ideas of progress, evolution and revolution, his reticence towards fixation, his idea that everything is in progress and transformation, are already portrayed in this text.

The third point I emphasised from Boehmer's article, was about the question of «what we might have done *differently, without this technique*» [Boehmer 2011, 239]. I have already emphasised that computer sounds and the 4i processor were no longer used after Venice (1984) and Milan (1985) performances. After the second performance, a mutual decision caused the elimination of the real-time sound processors from the equipment. This apparatus was heavy to carry and expensive. It needed a connection with the PDP computer, which was also heavy and big. The complete system (the 4i, the 4X and the PDP) required several long cables. These were delicate machines and demanded a constant level of humidity and temperature (in Chiesa di San Lorenzo there was a severe problem of humidity that provoked problems during the rehearsals for the first performance). Those were the reasons that caused the elimination of these important machines and research project. Consequently, every sound effect and sonic ambience, every episode created with the 4i was ended. From the third performance and later, only Freiburg technology was used which continued to be in charge of the live electronics parts. Nevertheless, according to Alvis Vidolin and Luigi Nono (Nono's opinion is reported by Vidolin), the second performance in Milan was the better performance ever made [Vidolin pc 1 October 2020]. The findings

43. Nono wrote this text for Luciano Berio's journal *Incontri Musicali* but it was never published.

44. Nono uses here the Italian gender-neutral first person singular. In my translation, I am using the first-person plural instead, to avoid the use of the male gender in the translation.

show that technology alone is not that effective but efficient use of technology does secure results. The sonic ambience of the first two versions of *Prometeo* with the 4i processor have laid the foundations of the sonic subsequent life of this extraordinary compositional, collective and technological project.

Acknowledgments

I am thankful to the research consultants who have been helpful along the way, and particularly to Nuria Schoenberg Nono and Claudia Vincis during my time at the Luigi Nono Archive in Venice, and Alvis Vidolin and Giovanni De Poli and the CSC – Centro di Sonologia Computazionale dell'Università di Padova. A special thank goes to Mauro Graziani, Sylviane Sapir, and Alvis Vidolin. Without their patience when listening to my sometimes incoherent questions, and their meticulous feedback, this article would not have been possible. I owe much more than I can put on paper to Alvis Vidolin, for taking time out of his busy schedules, providing sources, answers, guidance and support to my projects.

References

Printed Sources:

- ABBADO C. (1999), *My silent friend: remembering Luigi Nono*, «Contemporary Music Review», 18:1, 3–5.
- ALESSANDRETTI S. (2019), *Tra il segno e il suono: intervista a Marco Angius*, in Stefano Alessandretti – Laura Zattra (eds.), *La notazione della musica elettroacustica. Scrutare il passato per contemplare il futuro, Special Issue «Musica/Tecnologia»*, XIII, 2019, Firenze University Press, Firenze.
- AZZOLINI F. – SAPIR S. (1984), *Score and/or Gesture – The System RTI4i for Real Time Control of the Digital Processor 4i*, in *Proceedings of the 1984 International Computer Music Conference*, Computer Music Association, San Francisco, pp. 25–34.
- BOEHMER K. (2011), *L'uso delle tecnologie in prospettiva rivoluzionaria*, in A. I De Benedictis with the collaboration of L. Zattra (eds.), *Presenza storica di Luigi Nono*, Libreria Musicale Italiana, Lucca, pp. 239–249.
- CACCIARI M. (ed.1984), *Verso Prometeo. Luigi Nono*, La Biennale-Ricordi, Venezia-Milano.
- CANAZZA S. – DE POLI G. – VIDOLIN A. (2013), *Visions of Sound: The Centro di Sonologia Computazionale, From Computer Music to Sound and Music Computing*, in *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference 2013, SMC 2013*, R. Bresin, (ed.), Stockholm, pp. 639–45.

- CANAZZA S. – DE POLI G. – VIDOLIN A. (2012), *Visioni del Suono. Il Centro di Sonologia Computazionale Dalla Musica Elettronica al Sound and Music Computing*, in *Atti e Memorie Dell'Accademia Galileiana di Scienze, Lettere ed arti in Padova: Memorie Della Classe di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali* 2, pp. 119–64.
- CECCHINATO M. (1998), *Il suono mobile. La mobilità interna ed esterna dei suoni*, in G. Borio – G. Morelli & V. Rizzardi (Eds.), *La nuova ricerca sull'opera di Luigi Nono. Archivio Luigi Nono Studi I*, Leo S. Olschki, Venice, pp. 135–153.
- CROSS N. (2007), *Designerly ways of knowing*, Springer Science & Business Media, Basel.
- DE BENEDICTIS A. (2013), *The Dramaturgical and Compositional Genesis of Luigi Nono's "Intolleranza 1960"*, «Twentieth-Century Music», 9/1–2, pp. 101–141.
- DE BENEDICTIS A. – RIZZARDI V. (eds. 2001), *Luigi Nono. Scritti e colloqui*, Vol. I/II, Ricordi-LIM, Milano-Lucca
- DE BENEDICTIS A. – RIZZARDI V. (eds. 2018), *Nostalgia for the Future. Luigi Nono's Selected Writings and Interviews*, University of California Press, Oakland.
- DEBIASI G. B. (1984), *Sistema di Comando Gestuale per il Processore 4i*, «Bollettino LIMB», n. 4, La Biennale, Venezia, pp. 29–32.
- DI GIUGNO G. (1984), *Il processore 4i*, «Bollettino LIMB», n. 4, La Biennale, Venezia, pp. 25–7.
- DRIESEN P. (2011), *Destare L'infranto, Rinnovare Silenzi. Open Form in Luigi Nono's "Prometeo" (1984–85)*, «Revue Belge De Musicologie / Belgisch Tijdschrift Voor Muziekwetenschap», 65, pp. 203–22.
- IMPETT J. (2018), *Routledge Handbook to Luigi Nono and Musical Thought*, Routledge, London.
- IVERSON J. (2019), *Electronic Inspirations: Technologies of the Cold War Musical Avant-garde*, The New Cultural History of Music, Oxford University Press, New York, xi.
- NIELINGER-VAKIL C. (2016), *Luigi Nono: A Composer in Context*, Cambridge University Press, Cambridge (UK).
- NONO L. (1956), *Incontri Musicali*. in A.I. De Benedictis e V. Rizzardi (eds.), *La nostalgia del futuro. Scritti e colloqui scelti 1948–1989*, Milano, Il Saggiatore 2019, pp. 41–43; and (with the title *La terra e la compagna*) in A.I. De Benedictis – V. Rizzardi 2001, Vol. I, pp. 429–430.
- NONO L. (1966a), *A floresta é jovem e cheja de vida* (1966), in A.I. De Benedictis – V. Rizzardi 2001, Vol. I, pp. 454–455.
- NONO L. (1966b), *Un discorso sonoro. Conversazione raccolta da Maurice Fleuret* (1966), in A.I. De Benedictis e V. Rizzardi 2001, Vol. II, pp. 7–9.
- NONO L. (1969a), *Entretien avec Luigi Nono*, in Laurent FENEYROU (ed.), *Écrits*, Contre-champs, Genève, 2007, pp. 296–304.
- NONO L. (1969b), *Il potere musicale*, in A.I. De Benedictis – V. Rizzardi 2001, Vol. I, pp. 261–271.

- NONO L. (1987), *Un'autobiografia dell'autore Raccontata da Enzo Restagno*, in Enzo Restagno (ed.) *Nono*, Edizioni di Torino, Torino, pp. 3–73; now in A.I. De Benedictis – V. Rizzardi 2001, Vol. II, pp. 477–563.
- RIZZARDI V. (1999), *Notation, Oral Tradition and Performance Practice in The Works With Tape and Live Electronics By Luigi Nono*, «Contemporary Music Review» 18(1), pp. 47–56.
- SANTINI A. (2012), *Multiplicity — Fragmentation — Simultaneity: Sound-Space as a Conveyor of Meaning, and Theatrical Roots in Luigi Nono's Early Spatial Practice*, «Journal of the Royal Musical Association», vol. 137, no. 1, 2012, pp. 71–106.
- SAPIR S. (1984), *Il Sistema 4i*, «Bollettino LIMB n. 4», La Biennale, Venezia, pp. 15–24.
- SAPIR S. (1987), *Processeurs audio-numériques temps réel et informatique musicale : mise en œuvre d'un système d'exploitation et utilisations pour la recherche, la production et la pédagogie musicales* (vol. 1), Thèse pour obtenir le grade de Docteur d'état – sciences, Université d'Aix-Marseille II, 25-IX-1987 (D. Charles, G.B. Debiasi, M. Griffiths, G. Rausy, J.C. Risset).
- SAPIR S. – VIDOLIN A. (1985), *Interazioni fra tempo e gesto. Note tecniche alla realizzazione informatica di Prometeo*, «Bollettino LIMB n. 5», La Biennale, Venezia, pp. 25–33.
- SAWYER K. (2014), *Musical performance as collaborative practice*, in Margaret S. Barrett (ed.), *Collaborative Creative Thought and Practice in Music*, Routledge, London, pp. 271–286.
- TABURINI A. (1985), *Dopo Prometeo. Incontro con Luigi Nono*, «Quaderno LIMB n. 5», La Biennale, Venezia, pp. 11–14.
- VIDOLIN A. (1992), *Il Suono Mobile*, in *Con Luigi Nono*, Roberto Doati (ed.), Festival Internazionale di Musica Contemporanea/Ricordi, Venezia/Milan, pp. 42–7.
- VIDOLIN A. (1997), *Musical Interpretation and Signal Processing*, in *Musical Signal Processing*, Curtis Roads, Stephen Travis Pope, Aldo Piccialli, Giovanni De Poli (eds.), Swets & Zeitlinger, Lisse, pp. 439–459.
- ZATTRA L. (2018), *Alvise Vidolin interviewed by Laura Zattra: the role of the computer music designers in composition and performance*, in Friedemann Sallis, Valentina Bertolani, Jan Burle, Laura Zattra (eds.), *Live-Electronic Music. Composition, Performance and Study*, Routledge, London, pp. 83–100.
- ZATTRA L. – BURLEIGH I. – SALLIS F. (2011), *Studying Luigi Nono's "A Pierre. Dell'azzurro silenzio, inquietum" (1985) as a Performance Event*, «Contemporary Music Review», 30:5, pp. 411–439.
- ZATTRA L. – DONIN N. (2016), *A Questionnaire-Based Investigation of the Skills and Roles of Computer Music Designers*, «Musicae Scientiae», Special Issue *Tracking the Creative Process in Music*, September 2016, vol. 20 no. 3, pp. 436–456.

Sitography

- ALLEN D. (2016), *Review: Four Days of Luigi Nono in 'Utopian Listening'*, «The New York Times», March 28, 2016. <https://www.nytimes.com/2016/03/29/arts/music/review-four-days-of-luigi-nono-in-utopian-listening.html> (last accessed July 31st, 2020).
- AUNER J. – SHREFFLER A. (2016), *Utopean Listening. The Late Electroacoustic Music of Luigi Nono Technologies, Aesthetics, Histories, Futures*, International conference 23–26 March 2016, Tafts University – Harvard University, brochure: https://music.fas.harvard.edu/program_book.pdf.
- BROGLIA S. (2010), “*Vibrano intese segrete*”. *Genesi ed estetica del suono nel Prometeo di Luigi Nono*, «De Musica», (online https://www.accademiaavenezia.it/upload/docs/docenti/file/224/Prometeo_Articolo.pdf).
- FANTECHI D., SANTACESARIA L. (2017), *Tre domande ad Alvis Vidolin sul “Prometeo” di Luigi Nono*, <https://www.musicaelettronica.it/tre-domande-ad-alvis-vidolin-sul-prometeo-luigi-nono/>.
- HÖCHSMANN H. (2018), *Luigi Nono’s Transformation, Creation, and Discovery of Musical Space*, in *MUSICAL FREESPACE: Towards a radical politics of musical spaces and musical citizenship* (Wednesday 12 and Thursday 13 September 2018), Venice, Italy <http://www.geocities.ws/musicalfreespace2018/hochsmann.pdf>.
- MAZZOLINI M. (2019), *Musica elettronica e scrittura: appunti di un editore*, in Stefano Alessandretti & Laura Zattra (eds.), *La notazione della musica elettroacustica. Scrutare il passato per contemplare il futuro*, «Musica/Tecnologia Music/Technology», XIII, 2019, Firenze University Press, Firenze, open access: <https://oajournals.fupress.net/index.php/mt/issue/view/482/59>, pp. 25–33.
- VELASCO-PUFLEAU L. (2018), *On Luigi Nono’s Political Thought: Emancipation Struggles, Socialist Hegemony and the Ethic Behind the Composition of “Für Paul Dessau”*, «Music & Politics», 2018, XII (2), <https://quod.lib.umich.edu/m/mp/9460447.0012.205?view=text;rgn=main> (last accessed 26th August 2020).

Abstract

The production of *Prometeo. Tragedia dell’Ascolto* (1984–1985) brought together musicians, soloists, a choir, a lyricist, an architect, an artist, and sound engineers working on computer generated sounds and live electronics, under the guidance and compositional writing of Luigi Nono. This article focuses on Nono’s collaboration with musical assistants Alvis Vidolin, Sylviane Sapir and Mauro Graziani from CSC (Centro di Sonologia Computazionale, University of Padova), who designed the real-time digital sound processor, called 4i system, used in *Prometeo*.

Taking Konrad Boehmer’s essay “The use of technology in revolutionary perspective” (2011) as an inspiration, I reconstruct the creative process of the computer-generated sounds. The sound design thinking process is analysed following the historical circumstances that led to this collaboration with Nono, the

functioning and development of the system, workflow, sketching and testing, achievements and bottlenecks, aspects related to communication. The chapter ends with a bird's-eye discussion of the score, and the correlation between spatialization and the use of the 4i processor. These concepts are contextualized within three topics from Boehmer's article: collaboration; the revolutionary connection between technology, composition and politics; the question whether technology affects results, since the 4i processor was no longer used after Venice (1984) and Milan (1985) performances.

Research methodology is based on a combination of genetic criticism and oral history. Published and unpublished source materials (Luigi Nono Archive; the Historical Archives of Contemporary Arts of the Venice Biennale; CSC; musical assistants' personal archives), interviews and, above all, Vidolin's manuscript diary of his meetings with Nono, are presented here for the first time in literature.

Keywords

Luigi Nono – computer music designers – collaboration in music – tracking the creative process in music – sound design thinking process

Italiano

La produzione di *Prometeo. Tragedia dell'Ascolto* (1984–1985) ha riunito musicisti, solisti, un coro, un librettista, un architetto, un artista, e ingegneri del suono che hanno lavorato con i suoni generati al computer e il live electronics, sotto la guida e la scrittura compositiva di Luigi Nono. Questo articolo si concentra sulla collaborazione di Nono con gli assistenti musicali Alvis Vidolin, Sylviane Sapir e Mauro Graziani del CSC (Centro di Sonologia Computazionale, Università di Padova) che hanno progettato il processore sonoro digitale in tempo reale chiamato sistema 4i, utilizzato in *Prometeo*.

Prendendo spunto dal saggio di Konrad Boehmer “L'uso della tecnologia in prospettiva rivoluzionaria” (2011), l'articolo ricostruisce il processo creativo dei suoni generati dal computer. Il processo di pensiero del sound design viene analizzato seguendo le circostanze storiche che hanno portato a questa collaborazione con Nono, il funzionamento e lo sviluppo del sistema, il flusso di lavoro, gli schizzi e i test, i risultati, le difficoltà e gli aspetti legati alla comunicazione. Il capitolo si conclude con una veloce discussione della partitura, e la correlazione tra la spazializzazione e l'uso del processore 4i. Questi concetti sono contestualizzati sulla scorta di tre argomenti presenti nell'articolo di Boehmer: la collaborazione; la connessione rivoluzionaria tra tecnologia, composizione e politica; la

questione se la tecnologia influenzi i risultati, dato che il processore 4i non è stato più utilizzato dopo le performance di Venezia (1984) e Milano (1985).

La metodologia di ricerca si basa su una combinazione di critica genetica e storia orale. Sono presentati qui, per la prima volta in letteratura: materiali di partenza editi e inediti (Archivio Luigi Nono; Archivio Storico delle Arti Contemporanee della Biennale di Venezia; CSC; archivi personali degli assistenti musicali), interviste e, soprattutto, il diario manoscritto di Vidolin dei suoi incontri con Nono.

Keywords

Luigi Nono, computer music designer, collaborazione in musica, ricostruire il processo creativo in musica, processi di riflessione nel sound design

The experience of musical structure as computation: what can we learn?

1. Introduction

What are we looking for when investigating the experience of music? It is a daunting task even to define what is meant by the very term experience.¹ Nevertheless, a starting point for such an investigation is to develop theories of what this experience looks like, and of how the phenomena it comprises relate to features of the music itself. Music-theoretical and -analytical accounts offer rich characterisations of such phenomena [Dubiel 2017; Lewin 1986; Schmalfeldt 2017; Grande 2020; Smith 2020; Temperley 2011; Cross 1998]. From the music-theoretical perspective, these phenomena are accounted for by attributing properties, such as harmonic functions, hierarchies, or other relationships, to the events that comprise the musical surface. Research in the perception and cognition of music supports that the listener's experience reflects many such abstract features.

Let us consider, for example, a musical surface comprising a sequence of pitches. As shown already by the early studies on tonal pitch hierarchies, individual events from the musical surface are not only perceived individually as they appear in the musical surface (e.g., as notes with a given pitch). The perception of a given pitch is rather enriched by additional features, e.g., its hierarchical stability reflecting its relationship towards the tonal context [Krumhansl 1990]. These

1. Philosophical perspectives diverge when it comes to framing the notion of experience. One possible approach is to focus on the formation and change of mental representations [Chalmers 2004]. Neuroscientific approaches rather focus on the corresponding empirically observable (behavioural, neural, motor) correlates [Seth et al. 2008; Chalmers 2000; Frith et al. 1999]. Unconscious responses [Cleeremans 2001] that account for embodied [Clark 2017] and tacit [Reber 1989; Dienes – Perner 1999] components of cognition might also be included in this understanding. Such unconscious phenomena are, in particular, increasingly held to be relevant in the musical domain [Cox 2016; Rohrmeier – Rebuschat 2012; Tillmann et al. 2000].

further properties are attributed to the musical surface as a result of perceptual and cognitive processing [Koelsch 2013]. Experiencing music, similarly to analysing music, is then arguably best conceived as a process that requires two contributions: on one hand, the musical surface and, on the other hand, the listener that maps the musical surface into something else, for example by experiencing further abstract properties or relationships.

This paper gives an overview of a computational approach to characterise aspects of the mapping from the musical surface to the listener's percept. Specifically, we focus on the problem of experiencing *structure* in music, i.e., how components in the musical surface are perceived as relating to each other. If we look at the musical surface as a sequence of events unfolding in time, a possible way to conceive structure is to think of the sequence as generated by assembling elementary building blocks according to some principles, or rules, forming some form of grammar [Lerdahl – Jackendoff 1983; Baroni et al. 1983; Steedman 1984, Rohrmeier 2020a]. In this syntactic perspective, the problem of experiencing music as structured (according to some grammar) can be framed as the problem of understanding how sequences can be generated based on the grammar. Tools to address this problem for formally-defined grammars can be found in the theory of formal languages [Sipser 2012; Chomsky – Schützenberger 1959], which has been influentially developed departing from its application in the study of syntax in natural languages [Chomsky 1957]. Since the results of the theory as a mathematical framework bear no implication as to the domain in which they may be applied, the attempt may be made to investigate music with such tools. Note that, while parallelisms between music and language are extensively discussed in the literature [Katz – Pesetsky 2011; Jackendoff 2009; D'Alfonso 2017; Fitch – Martins 2014; Friederici 2020; Rebuschat et al 2012; Patel 2007; Koelsch 2013], the application of the theory of formal languages to musical syntax is (at first) merely a framework for mathematical modelling and does not imply *per se* a relationship to natural languages as a specific form of communicative behaviour. In fact, the purpose of formal syntactic modelling is the characterisation of sequences of events of any kind as being derived from core principles [Rohrmeier – Pearce 2018]. The problem we face is, what can we learn from such a formal way of modelling musical structure about the process that leads listeners to experience music *as* syntactically structured.

Broadly speaking, a (representation of a) musical piece may be considered as an input whose features lead, through perceptual and cognitive processing, to an output, namely some pattern of responses that contribute to determine the listener's experience of the piece itself. Since computational models formalise input-output relationships in general [in terms of mathematical functions,

Milewski 2018], they are natural candidates to represent the mapping between musical inputs and listeners' responses in the perception of musical structure. In general, it is not trivial to map human experience into computational models [discussion in Jackendoff 1987]. Even just determining what the inputs are is problematic: different cognitive (sub)systems interact with each other, so that the input to any one of them is potentially the result of the outputs of many others [Fodor 1983, Peretz – Coltheart 2003; O'Brien – Opie 1999]. A related open problem is that of the inputs' representations. In the context of music-theoretical investigation, for example, are individual notes (producing voice-leading patterns), or chords (producing transitions between simultaneous sonorities), inputs that are available for cognitive processing [Rohrmeier – Neuwirth 2015]? If both are, what processes depend on the former, what on the latter [Wall et al. 2019 for a recent empirical approach to this issue]? More generally, every time a model is defined its operation is fixed within certain limits, while human cognition is flexible, adaptive, seemingly "free", and relies on the interaction of a variety of factors. In principle, these are practical obstacles, rather than fundamental ones: while an individual model may not be flexible or complex enough, this is a limitation of that particular model, not of computational modelling *per se*. Such unresolved concerns still represent a challenge to any individual practical attempt to model aspects of cognition computationally. Nevertheless, our core question may still be asked: is there something that we can learn about the human experience of some musical structure-related percept by exploring how a computational system could process, respond to, the corresponding input? We will review a theoretical line of argument that is specifically relevant for research in music cognition by showing how an understanding of the mathematical properties of abstract computational models reveals constraints over the plausibility of cognitive mechanisms involved in experiencing music [Jackendoff 2002]. In particular, these constraints are suggested, and sometimes implied, by music-theoretical insights. This transforms analytical paradigms into (not necessarily unique) hypotheses on domain-specific and domain-generic cognitive processes. First, we will overview a general epistemological framework of computational modelling and its application to cognition using an example from the visual-domain. We will then approach the specific case of tonal syntax to exemplify the mutual connections between music-theoretical insight, computational modelling, and human experience of music.

2. Epistemological background: *how* do we learn from computational modelling?

As a motivating example, let us consider a computational attempt to model surprise, which is an established component of human music-related experience [Cheung et al. 2019; Huron 2006; Rohrmeier – Koelsch, 2012]. A computational model of surprise [Pearce 2018; Pearce – Wiggins, 2012] may compute the likelihoods for the occurrence of any possible musical event. The computed likelihoods may be interpreted as quantifying the expectedness of an event based on the prior knowledge of the listener. In particular, the computed likelihoods may be hypothesised to correlate with the intensity of the behavioural response of surprise, with unlikely events corresponding to greater surprise [Baldi 2002]. Note that we have only specified *what* quantity is computed, not *how* this quantity is computed. Computational models, as formal associations between inputs and outputs, are mathematical functions and are independent from any algorithmic or physical realisation: in principle, a computational model has nothing to do with a computer. Nevertheless, the computation of a model can in principle be implemented in terms of algorithmic “steps” (e.g., more elementary operations) or state transitions of a physical system (e.g., a computer’s electronic components). In particular, physical systems, from simple contraptions like a pendulum to sophisticated systems like brains, often comprise several components, each characterised by a set of features that determine the state of the component itself and, collectively, the state of the physical system as a whole. It may be possible to establish a mapping that links state transitions of the physical system with the input/output associations specified by a given model. In these cases, the physical system, be it a machine or a brain, can be said to *implement* that computational model [Chalmers 1996]. Note that this is a definition of the notion of implementation, rather than a statement about the nature of human minds or brains. However, we may use computational models to *describe* the operation of a given physical system, by showing that the latter is an implementation of some specific computational model. The model will not necessarily reflect all details of the physical system itself, but will at least reflect its behaviour in terms of matching responses to given inputs, as we can exemplify by looking back to the above example about surprise in music. It is possible to test whether the input-output association established by the model matches the input-output association linking musical inputs to behavioural surprise responses: we need to compare the computed likelihoods to the human experience of surprise as an observable response on the listener’s part. If the computed quantity does predict human responses systematically, we learn that the specific form of information-processing manipulation

that the model is computing (in this case, turning prior information into some estimate of the likelihood of events) is, in principle, sufficient in order to produce the kind of surprise response a human would show. In turn, by exploring the shortcomings of a model's capacity to exhibit a response that parallels the human one, we learn that some specific form of information processing, which is not part of the definition of the model, is necessary in order to produce the desired input-output association. By these means, we can investigate whether or not a specific feature (e.g., of musical structure) contributes to the perceptual experience of music. Reflecting on what kinds of insights computational modelling can offer regarding the human mind is a core concern of research in the cognitive sciences and, we contend, can also be fruitful for the investigation of music, to the extent that the latter can be intended as a product of the mind.

2.1 Marr's Levels

In his influential work on the computational modelling of vision, David Marr [1982] proposed that the behaviour of any physical system implementing some form of information processing affords descriptions at different levels:

- (1) at the *computational* level, what is the task the information-processing device is carrying out, how is this task defined mathematically, and why does such a task exhibit its specific mathematical properties?
- (2) at the *algorithmic* level, how can the task or computation be performed by combining simpler operations, and what intermediate states are necessary?
- (3) at the *implementational* level, how do these mathematical operations and states correspond to the state transitions of the specific physical device?

As a consequence, when looking at the behaviour of an information-processing system, such as a computer or a brain, different types of knowledge can be obtained by looking at different aspects of that behaviour and of the system itself. There is no unique correspondence among the three levels of description: several different algorithmic descriptions may account for the same computational description, and several different implementations may perform the same algorithm. However, if we face an unknown information-processing device, acquiring knowledge at any of the three levels of description provides constraints about other levels.

For example, the amount and the kind of memory a computer's hardware is physically capable of storing (which is knowledge at the implementational level) constrains the way a computer may implement specific algorithms (algorithmic level), and accordingly the type of tasks the computer may perform (computational

level). When understanding cognition as information processing, this chain of nested constraints from the implementational to the algorithmic to the computational level forms the epistemological basis for neuroanatomical and neurophysiological approaches. As an example, the oscillation of the basilar membrane in the human ear in response to incoming sound waves exhibits a remarkable property: sensory hair cells on different points of the membrane respond to different frequency components of the wave, due to the nature of the membrane [von Békésy 1960] and the biochemical properties of the hair cells themselves [Dallos et al. 2006]. As a result of this observation (at the implementational level), we know that information about the frequency components of the incoming wave is available to the cognitive system and passed on to higher processing levels such as the brainstem and the primary auditory cortex, where neural populations are also shown to be spatially organised according to the frequencies they respond to [Romani et al. 1982; see Oxenham 2018 for a recent review]. By definition, the transformation of the sound wave into its frequency components can be seen as an implementation of a computational task which is not dissimilar from a Fourier or spectral analysis [Yang et al. 1992].² Here, knowledge on the functioning of the “hardware” of cognition, e.g. the activation of individual neural populations, is used as a proxy to infer algorithmic and computational properties of cognition.³

Conversely, any specific computational task implies constraints on the type of algorithms that may solve that task and, accordingly, on the characteristics that a physical device should possess in order to be capable of implementing such algorithms. For example (from Marr [1982]), a cash register performs the computational task of calculating sums, because the value of a collection of items given the value of the individual items is expected to exhibit the mathematical properties of addition (associativity, commutativity, existence of null- and inverse-element). Such a computational task comes with a number of constraints at the algorithmic level, such as

- (1) some representations of the inputs are more convenient than others, e.g. Arabic numerals or their binary encoding rather than verbal descriptors;
- (2) some representations of the inputs do not allow the task to be performed at all, e.g. representing the cost of each bought item by only storing the count of its digits;

2. Other processing mechanisms based on the firing rate (rather than position) of individual cells also implement an analogous computation [Cariani 1999].
3. A similar perspective is foundational to many neuroscientific accounts bearing implications for music cognition, such as predictive coding [Kanai et al. 2015; see Koelsch et al. 2019 for its application in music] and modular processing [Peretz – Zatorre 2005; Peretz – Coltheart 2003; Koelsch 2011].

- (3) once a representation for the input is chosen, the operations that are performed on the input need to reflect the mathematical properties of addition.

At the implementational level, these requirements further constrain the actual circuitry of a machine capable of performing the cash-register task: the components of such a machine should exhibit state transitions that match the mathematical transformations specified by at least one of the available algorithms for the given task. These examples demonstrate that obtaining information on any of the three levels provides insights in the form of suggesting or limiting hypotheses concerning the other two levels.

The epistemological relevance of this chain of nested constraints from the computational to the algorithmic to the implementational level is particularly impactful for the empirical investigation of cognition and for the formulation of plausible theories of music. Often, the starting point in the study of cognition lies in singling out individual aspects of the perceptual phenomenology, rather than in the identification of specific patterns of neural activation. In music, in particular, we often focus on how a certain input sounds or feels like, and analytical accounts also uncover aspects of the phenomenology in terms of *hearing-as* [Dubiel 2017]. In turn, the perceptual phenomenology is a trace of *what* happens in the black box of cognition, and of *why* it happens, rather than of *how* it happens. In that sense, knowledge of the perceptual phenomenology associated to some sensory input, such as the one that we gather from music analysis, is knowledge at the computational level, as it determines an association between an input and an output: similarly to the cash-register example, we observe what output is associated to what input, but do not necessarily have access to how it happens.

2.2 *An example from the visual domain*

A familiar perceptual phenomenon in the context of vision may illustrate the point. The input of vision only comprises photons hitting individual points in the retina. Nevertheless, when exposed to a visual scenery, we do not only see a collection of individual coloured pixels spanning the whole visual field, but we rather perceive the visual field as segmented into distinct objects. This observation defines a computational task [Barrow – Tenenbaum 1981]: whatever process happens in the black box of cognition, this process has to be capable of transforming the available input into a segmentation of the visual scene that is consistent with the perceived one. A mathematical understanding of the properties of such a task, interpreted as a computation to be performed, provides valuable insight as it

constrains the range of possible processes that may, even in principle, be successful in producing the perceptual phenomenology we are familiar with. A potential algorithm to solve this task could start by detecting edges and surfaces, group surfaces that belong together, and match the result to a set of objects the viewer knows (and can thus recognise). Each one of these operations produces an intermediate output that becomes the input of the next stage. A different algorithm for the same task could start by guessing which objects are seen and computing the retinal image they would produce [Mansinghka et al. 2013]. This “prediction” is then compared to the actual input and the guessed objects are changed until the predicted image matches the actual image. Both algorithms solve the computational task, and this can be mathematically verified if the computational task and the algorithms are spelled out in detail and described formally. Similarly, we can show mathematically which algorithms fail to implement the given task. For example, an algorithm that groups all segments of the image that have the same color will fail to recognise two red objects as distinct entities.

The algorithms proposed above that solve the visual task come with their own requirements for the implementational level. Edge detection, for example, requires the capacity to respond to contrasts (e.g., sudden shifts from dark to bright) [Bertero et al. 1988]. After identifying such a constraint, we can look for physical components that address them. In this case, specific populations of cells have been shown to respond specifically to contrasts thanks to a network of inhibitory and excitatory connections integrating information from neighbouring points in the visual field [Barlow 1953]. The operation of these cells constitutes an implementation of a computation that can be described as some approximation to algebraic sums [Yagi et al. 1997; Van Wyk et al. 2009; Carandini 2005 for a review].⁴ These examples show how computational constraints reflect on the possible processes that instantiate cognitive tasks in practice. Nevertheless, computational constraints can hardly lead to unique algorithmic and implementational candidate solutions: it is still a concern of empirical research to determine which (if any) particular algorithm and implementation occur in practice.

In summary, descriptions at the computational, algorithmic and implementational level provide an understanding of individual aspects of the human

4. A prototypical manifestation of this behaviour of neural populations in the visual system is the so-called Hermann-grid illusion, where illusory dark spots appear at the intersections of a white grid superimposed on a black background [Hermann 1870]. This shows that the percept does not reflect the image as presented (there are no dark spots in the grid), but rather the result of a computation that transforms the input into something different: in particular, this computation can be described as a summation of excitatory and inhibitory signals [see Schiller – Cavey 2005 for details].

perceptual experience, those that can be identified as precise cognitive tasks, in the same terms that would also apply to a computer performing analogous tasks by executing a program. In other words, this approach is not specific to cognition: it can unearth the correspondence between the state transitions of any physical system and an abstract input/output association. However, if the task described at the computational level is hypothesised to be a cognitive task, showing its association with some pattern of observable responses in humans is necessary, though not sufficient in general, to prove that performing the given task is part of the cognitive experience associated to the exposure of a certain input. Investigating with these computational tools is very far from reaching a satisfactory picture of the complexity of cognition, but rather offers a systematic way to acquire partial, yet hopefully useful, bits of information.

3. The computational perspective on musical structure

Turning the attention to music, music-analytic accounts do not necessarily aim at capturing perceptual phenomena and rather focus on describing culturally-constrained compositional practices [discussion in Cross 1998]. Nevertheless, music may be conceived as a cognitive capacity, a product of the human mind in either the compositional or the perceptual direction [Koelsch 2013; Pearce – Rohrmeier 2012; Wiggins et al. 2010; *musicality* in Honing et al. 2015]. In particular, it is often appropriate or even explicitly suggested to conceive the identified structures as available to perception, in principle at least [see discussion in Cross 1998; Rohrmeier 2013; Larson 1994 concerning Schenkerian theory specifically]. Music-theoretical statements that adopt this perspective are also statements about human cognition, and the present approach represents an attempt to support and complement music-theoretical investigation in this sense.

Note that the association between a musical input and a structural interpretation of this input can be considered, by definition, a computational task. If such a structural interpretation is part of the musical experience, the listener's cognitive system must be able to perform this task. Thus, a music-theoretical characterisation of the link between musical inputs and their structural interpretations can be understood as a description at the computational level of cognitive processes. As an example of a structural reading, let us focus on the problem of determining the location of segment boundaries in melodies. In the present understanding, identifying segment boundaries is modelled as a computational task, that of mapping each position within the melody into a binary outcome, whether it marks a boundary or not. In other words, any hypothesis on the localisation of segment boundaries is a hypothesis at the computational level about the process

of determining such boundaries. Now, Pearce et al. [2010] employ IDyOM, a computational model of the expectedness of each note in a melody, to identify segment boundaries. Specifically, boundaries are located before notes that are harder to predict compared to their preceding and following ones. For example, while the terminal tonic of a cadence is highly predictable given the context, the note following the terminal tonic is likely to be much less predictable [Moss et al. 2019], as the beginning of a new phrase would not suffer the hard constraint of being the immediate goal of a cadential process. In turn, given the first event after a cadence, the following ones would also be more predictable than the very first one, because a new phrase with its own local expectations would be underway. As a consequence, a boundary would be correctly located right after the cadence, where the unexpectedness shifts from being (locally) minimal to being (locally) maximal. The application of the IDyOM model to perform mathematical operations to compute expectedness, identify local minima and locate segment boundaries constitutes an algorithmic realisation of the computational task of identifying segment boundaries in melodies in terms of local maxima of unexpectedness. Importantly, the computations of the model have been shown to provide a significant contribution in predicting perceived segmentation in human listeners. This observation shows that a computation estimating the degree of uncertainty of a musical event is in principle sufficient to account for some aspect of the experience of boundary perception in music, an aspect which is not captured by *Gestalt*-like principles [Pearce et al 2010]. Specifically, the given computation is a viable description at the computational and, to some extent, algorithmic level of the perceptual experience of melodic segmentation.

Critically, recognising whether a specific structure can be attributed to some representation of music (auditory signal, score, some symbolic representation, ...), and processing some representation of this structure, are computational tasks whose properties depend on the nature of the structure to be recognised. The computational perspective, then, offers an epistemological framework to translate analytical observations as they arise in the music-theoretical and artistic-research discourses into testable perceptual hypotheses, and *vice versa*.

3.1 *The computational syntactic approach*

Computational modelling of musical syntax takes analytical hypotheses as its starting point. Such a hypothesis, which could be a single insight as well as a full-fledged music-analytical paradigm, is translated into a set of generative principles (or *rules*) that are believed to characterise musical sequences within a corpus [Lerdahl – Jackendoff 1983; Steedman 1984; Baroni 1983]. The set of generative

principles that formalise an analytical paradigm can be termed as a *grammar*, and the set of sequences of musical events that can, in principle, be obtained by applying some combination of generative principles as the *language* generated by the corresponding grammar [Chomsky 1957]. Each generative principle may correspond to an interpretive statement about relationships between entities (e.g., *event x is preparatory to event y*) and may, for instance, express music-theoretical concepts such as harmonic relations between Riemannian functional categories [Riemann 1893], voice-leading transformations [Cohn 2012], *Tonfeld* transitions [Haas 2004], implication-realisation pairs [Narmour 1990; 1992], or Schenkerian prolongational dependencies [Schenker 1935]. Musical syntactic structure can be then thought of as the recipe to generate a sequence of musical events (with certain relations between them) based on the given grammar.

As an example, let us consider a statement based on Meeus [2000] as a toy hypothetical definition of tonal structure, assuming a representation where individual events are constituted by root progressions between consecutive chords:

(H1) «A well-formed tonal phrase can [...] be defined, from the point of view of harmonic progressions, as a series of dominant progressions of which at least one is substituted,» where dominant (root) progressions ascend by a perfect fourth and substituted-dominant progressions either ascend by a second or descend by a third, diatonically. We further require a well-formed phrase to end with an authentic cadence, i.e. a dominant progression starting on the V.

This description gives rise to a number of generative principles:

- The core of each sequence is that it ends on a V – I progression. We can create well-formed sequences by starting with such a progression.
- Valid sequences consist of authentic chord progressions, at least one of which is substituted. For a given sequence, a new, longer sequence can be obtained by prepending a (substituted) dominant to the first chord of the old sequence. As long as no substituted dominant has been used, this rule *must* be applied again; otherwise, it *can* be applied again or the generation can be stopped.

Note how each of these principles encodes both structural musical concepts (authentic cadence, authentic progression) and generative rules, which together characterise well-formed sequences and their structure.

The computational task of recognising whether a certain chord progression is structured according to H1, i.e. belongs to the language associated to H1, may be implemented by a simple algorithm that only needs to encode a finite number of different states. Fig. 1 shows a schematic visualisation of the algorithmic operation of such a 5-state machine, taking as an input a set of symbols that represent

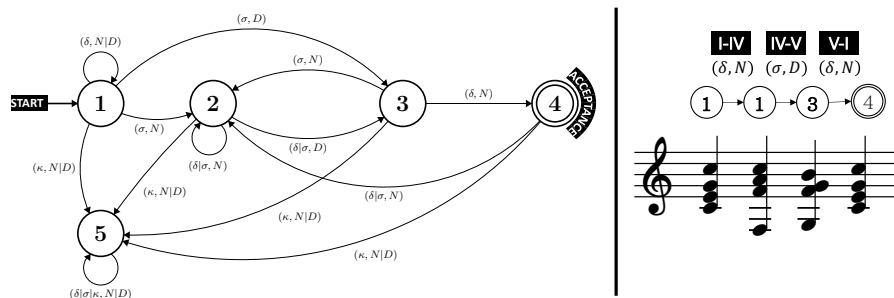


Fig. 1. On the left, a finite state machine accepting tonal inputs according to statement H1 [Meeus, 2000] is shown. The arrow linking two states represents the transition that occurs upon receiving the symbol that labels the arrow (the notation $|$ reads as “or”). Symbols δ , σ , κ represent dominant, substituted dominant and other progressions, respectively. Symbols D and N reflect whether the progression ends on a dominant or not. State 1 is the starting state of the machine, while state 4 is its accepting state: if the machine is in state 4 when the input sequence is over, then the input sequence is *accepted*. On the right, the state transitions of the machine in receiving the chord progression I-IV-V-I as an input are shown.

the musical events that are relevant for the analytical perspective proposed by H1. In particular, H1 is only concerned with chord transitions as individual events, classifying them as either dominant progressions δ , substituted-dominant progressions σ , or any other type of progression κ . On top of the intervals between roots of consecutive chords, we also wish our representation to reflect whether (D) an interval lands on the scale-degree V, thus potentially affording an idiomatic conclusion with a resolution to I, or not (N). Accordingly, we can label each chord-transition event with a (interval, target) pair: (δ, N) corresponds to a dominant progression landing on a non-dominant root, (σ, N) corresponds to a substituted-dominant progression landing on a non-dominant root, (κ, N) corresponds to a different interval landing on a non-dominant root, and by analogy (δ, D) , (σ, D) and (κ, D) correspond to dominant, substituted-dominant and other intervals landing on the V, respectively.

A pattern of state transitions can be specified that, depending on the input sequence of symbols, leads the machine to a final state that either accepts or rejects the sequence as being tonally structured. In other words, this (abstract) machine performs the computational acceptance task for the grammar associated with our hypothetical statement H1. The machine reads the input symbols one by one from left to right; an arrow linking state x to state y in Fig. 1 reflects the state transition that the machine undergoes if, while being in state x , it is fed the input events labelling the arrow.

Consider, e.g., the chord sequence I-IV-V-I as a prototypical tonal cadential phrase. Under the proposed representation, this chord sequence is transformed

into the sequence of symbols $(\delta, N) - (\sigma, D) - (\delta, N)$, corresponding to the intervals I-IV, IV-V and V-I respectively. The machine in Fig. 1 is defined as being initially in state 1 and only determines a sequence as *accepted* if, after reading the last symbol of the sequence, the machine happens to be in the *accepting* state 4. Upon receiving the first input symbol, (δ, N) , the machine stays in state 1. Reading the second symbol (σ, D) drives the machine into state 3, hence to state 4 upon reading the third symbol (δ, N) . Since no other symbol is left to be read, and state 4 is an accepted state of this algorithm, the whole sequence is accepted by the machine. It is easy to verify that other typical tonal phrases such as I-VI-II-V-I (represented as $(\sigma, N) - (\delta, N) - (\delta, D) - (\delta, N)$) or I-II-V-VI-IV-V-I (represented as $(\sigma, N) - (\delta, D) - (\sigma, N) - (\sigma, N) - (\sigma, D) - (\delta, N)$) are accepted by this algorithm, while sequences featuring no substituted-dominant progressions or involving progressions other than dominant or substituted-dominant ones never reach the accept state.

The states and transitions of the finite-state machine implicitly encode the generative principles outlined above. The acceptance state (state 4) can only be reached by a non-substituted authentic progression from state 3, which in turn represents the arrival on the V. Together, the two states encode the requirement to end on an authentic cadence. States 1 and 2/3/4 track whether the sequence has used a substituted progression: the machine can only advance from 1 to 2/3/4 (and thus reach the acceptance state) via a substituted progression. Both state 1 and the state cluster 2/3/4 encode the rule of authentic progressions with their transitions. Any violation of this rule results in the machine moving to state 5, which will ultimately result in rejection of the sequence.

In summary, the music-theoretical statement H₁ makes it possible to perform the computational task of mapping a musical input into a binary output depending on whether the input satisfies H₁ or not. This particular input/output association is the same one that would be expected to be implemented within the cognitive system if statement H₁ was believed to capture some feature of the input which contributes to the cognitive experience of music. In this case, the experience might entail a selective capacity to interpret tonally structured sequences, manifested in terms of some observable response or mental state. By adopting a statement such as H₁ as a definition of tonal structure as perceived, we are also implicitly advancing a hypothesis about what is the “language” that we expect to be cognitively responded to as (not) being “tonally structured”: namely, the set of all inputs that are (not) accepted by the machine in Fig. 1.

Furthermore, our music theoretical hypothesis H₁ also comes with consequences at the other levels of description. The mathematical theory of

Ex. 1. Schubert's *Morgengruss* D795 n. 8, mm. 5–15. Reduced score, adapted from Lewin [1986].

computation determines the characteristics of algorithms capable of performing such a computational task, which come with implementational consequences that may inform cognitive research. For example, the efficacy of a finite-state machine in performing the computational task associated with our hypothetical statement H_1 entails that, in principle, no memory other than the storage of the current state is necessary to experience tonal structure as captured by H_1 itself. In fact, at any moment in time, it is sufficient for the only available information to be represented by the *present* state of the machine and the *present* event of the input. Both are updated and overwritten by the new state and the new input event as the latter is read, so that only a constant amount of information from the past is retained into the future independently from the input. This property is what defines a finite-state machine, and the associated languages and grammars are called *regular* [Sipser 2012].

Regular languages typically consider local relations (e.g. between neighbouring chords) or general, global properties (e.g. whether a substitution has been used). There are more complex structural relationships that cannot be captured with regular languages, such as non-local or recursively embedded dependencies [Rohrmeier – Pearce 2018]. To illustrate this, let us consider a different example from the music-theoretical discourse. Lewin [1986] provides a detailed phenomenological account of structure-related percepts that result from real-time exposure to the incipit of Schubert's *Morgengruss* (Ex. 1). We focus on one of the suggested readings for bars 12–13. The first C-major phrase ends in mm. 10–11 with a dominant harmony, implying a resolving tonic at some later moment in time. The following g^6 chord in m. 12 occurs as a surprising event, as it denies the leading-tone function of the preceding dominant chord without providing a

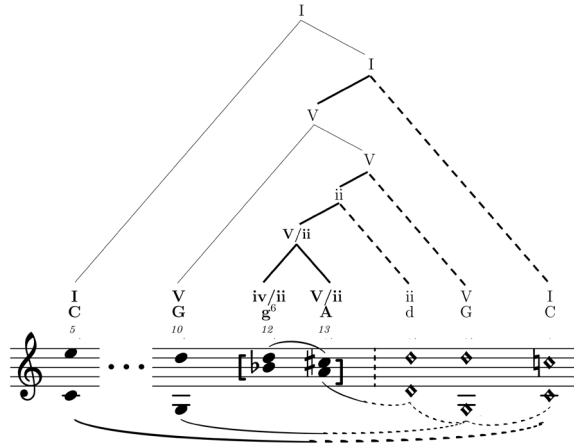


Fig. 2. A possible structural percept arising upon exposure to m. 13 of Schubert's *Morgen-gruss*, adapted from Lewin [1986]. Open noteheads and dashed lines represent a projection into the future of events that have not occurred yet. Thick and thin branches are generated by the application of a preparation or a prolongation generative principle, respectively.

resolution. However, the presentation of the upcoming A major chord, heard as an applied dominant V/ii , clarifies the function of the g^6 chord as a iv/ii . At this point, a ii is expected to come in the continuation, further preparing the return of a global dominant. The latter remains as an underlying, unresolved prolonged presence throughout the whole passage since m. 10, rhetorically supporting the insisting unanswered questions in the first stanza of the *Lied*.

We will not be concerned here with relating the expected continuation, as it is hypothesised to arise upon exposure to m. 13, and the actual continuation as it appears in Schubert's writing. Let us consider instead the very hypothesis that the experience of hearing measure 13 is influenced by the structural description sketched in Fig. 2, which includes a projection into the future represented by expected events that have not occurred yet. Let H2 stand for a set of generative principles that account for the syntactic relationships between events as they are represented in Fig. 2. We do not detail a specific grammar here, but the formalism by Rohrmeier – Neuwirth [2015] would be a good candidate for H2. Each slur in the analytical reduction may be interpreted, for example, as indicating a relationship of *preparation* (e.g. dominant-tonic or subdominant-dominant progressions) or *prolongation* (repetition of a chord or a functionally equivalent substitution) between the chords it joins. A different representation of these syntactic relationships is a derivation tree, depicted above the score in Fig. 2. Reading the tree from top to bottom, we can track how each chord is *generated* as the prolongation or the preparation of some other chord, through the recursive application of the

corresponding generative principles [Rohrmeier – Neuwirth 2015]. In this way, the tree can be interpreted as providing an *explanation* of each chord in relation to its context. This does not necessarily reflect the arbitrary creative intention of the composer, nor does the generation process indicated by the tree correspond to the composition process: it rather captures one possible interpretive statement concerning the given chord sequence.

In this understanding, the projection into the future that is hypothesised to be accessible upon exposure to m. 13 is explained as a consequence of the attribution of an interpretation in terms of preparation or prolongation to events that, by that moment in time, have already occurred [Jackendoff 1991; Rohrmeier 2020a]. Under these generative principles, the occurrence of g^6 and A cannot be explained in relation to the preceding chords. Instead, the occurrence of *later* chords must be assumed that (1) justify the presence of g^6 and A (as a preparation leading to a new V through a *ii*) and (2) relate them to the preceding chords (which are prolongations of the projected chords that in turn generate g^6 and A as their preparations). This leads to the specific expectation set up by the two chords. Crucially, then, the phenomenological hypothesis sketched in Fig. 2 requires that a representation of the generative principles that account for the generation of the events that have already occurred is available to the listener. In other words, the proposed analysis of Schubert's excerpt explicitly frames the listener's experience upon exposure to m. 13 as a computational task: that of matching the input chord-sequence C-...-G- g^6 -A comprising mm. 1–13 with the specific network of syntactic relations that is hypothesised in Fig. 2 itself.

Importantly, by the time m. 13 is presented, the g^6 chord in m. 12 is not interpreted as a *v* but rather as a *iv/ii*: its presence is not justified by its chromatic voice-leading relationship to the preceding V, but rather by its functional-harmonic relationship as a local pre-dominant to the following V/*ii*. In other words, in this reading, no syntactic link is predicted between the consecutive chords V in mm. 10–11 and *v* in m. 12, and the chain of dependencies *iv/ii*-V/*ii*-*ii* is *nested* within the long-term dependency linking the dominants in mm. 10–11 and its yet-to-come prolongation. The voice-leading and the functional-harmonic perspectives are not mutually exclusive: both are music-theoretically available descriptions of this musical passage and both may coexist and interfere in perception [Mazzoni 2018]. Nevertheless, a reduction such as Fig. 2 specifically advances a functional-harmonic analytical hypothesis and it is a possible research question to investigate whether such music-theoretical claims concerning the harmonic perspective impact the listeners' experience with an independent contribution. Claims concerning other perspectives can also be investigated in similar terms and resulting models may be combined with one another [Harasim 2019]. Here,

the chromatic voice-leading perspective would suggest the presence of local generative principles, where syntactic relationships arise between each event and its contiguous context. On the contrary, the functional-harmonic perspective represented in Fig. 2 cannot be expressed as a regular language (i.e. cannot be implemented using a finite-state machine). For example, Fig. 2 predicts that upon hearing m. 13 more than one syntactic link to other events coexist simultaneously. In principle, this could be extended to any number of nested dependencies: for instance, the *iv/ii* could be further prepared by its own applied dominant. This is incompatible with any individual regular model: such a model would only predict one syntactic link being open at any moment in time, leading to a contiguous event.

We have exemplified here how music theoretical knowledge translates into computational tasks. In considering the computational implications of these simple examples, we were not concerned with the validity of the music-analytical statements themselves, that have limited scope when taken out of their analytical framework as we did here for the sake of space and simplicity. Nevertheless, this approach can be and has been fruitfully applied to a variety of analytical perspectives. The computational-syntactic approach embeds music-theoretical knowledge into a more general modelling framework, which is concerned with formalising how symbolic sequences are assembled to form complex structures based on fundamental syntactic relationships. Derivation trees such as the one exemplified in Fig. 2 represent interpretations of input sequences (Fig. 3). Here, interpreting an input sequence means to recognise not only the identity of its components (e.g., what notes comprise each chord), but also their relationships with one another (e.g., what is the *function* of each chord towards the others) [Rohrmeier, 2020a]. Reconstructing the derivation of an input, then, is a way to model the emergence of an interpretation. Note that the same sequence may in principle afford more than one derivation under a grammar of sufficient complexity [Sipser 2012]. Since each derivation captures a different interpretation, ambiguity and multiplicity of hearings can also be modelled probabilistically [Manning – Schütze 1999].

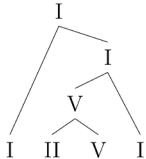
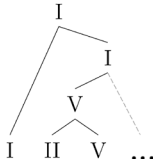
The computational framework lends itself to capture a wide class of syntactic relationships in domains such as language [Chomsky 1957], animal signalling [Sainburg et al. 2019], action [Maffongelli et al. 2019], narrative [van den Broeck 1988], and comics [Cohn 2020]. Within the musical domain, syntactic modelling has been used to formalise several aspects of music beyond the Schenkerian perspective on diatonic tonality exemplified above. The harmonic idiom of Jazz has proven to be a fertile research ground [Rohrmeier 2020a, Steedman 1984, Granroth-Wilding – Steedman 2014, Harasim et al. 2020], accounting

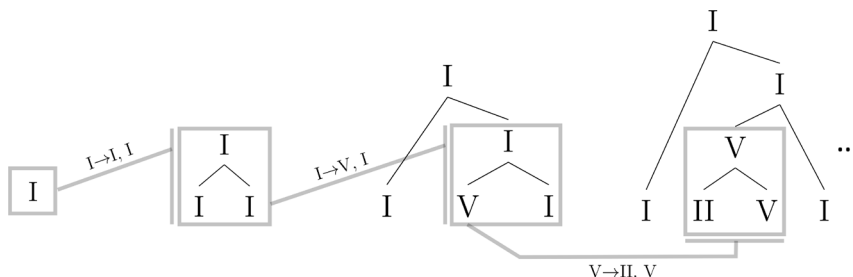
previous work on melodic syntax [Yust 2015; Baroni 1983]. Syntactic relationships can further be identified in rhythmic patterns, where individual events may be understood as preparations (upbeats), splits or displacements of hierarchically superordinate metrical spans [Rohrmeier 2020b; see Fig. 3c].

Overall, translating music-theoretical insights into computational tasks also makes it possible to formulate hypotheses on the cognitive experience of musical syntax. Experiencing musical structure, as captured by a given analytical statement, is not the same as perceiving the musical surface: for example, the same chord sequence can be experienced as structured in different ways, and different chord sequences may be experienced as structured in the same way. This suggests that the information encoded in the musical surface undergoes transformations within the cognitive system, and these transformations may be modelled as mathematical mappings, i.e. computational tasks. As discussed with respect to the examples above, some of these computational tasks can be described as based on operations involving syntactic rules. The computational-syntactic approach attempts to investigate the mathematical properties of these computational tasks, based on the properties of grammars that formalise music-theoretical statements.

3.2 *Syntax-related computational tasks*

In Section 3.1 we have exemplified how some aspects of the experience of musical structure can be assimilated to computational tasks taking some representation of the musical surface as an input (e.g., chords). The two examples are based on different grammars that formalise different music-theoretical statements on diatonic tonality. The two grammars differ in several respects: most importantly, Schubert's passage requires a grammar with the capacity to express multiple non-local syntactic relationships between non-adjacent chords, and the grammar formalised in the first example does not exhibit this capacity. The type of syntactic relationships that are perceivable, in this understanding, depends on what grammar best describes the listeners' explicit or implicit knowledge of the generative principles. If we believe that listeners experience syntactic relationships in tonal harmony as captured by H₂, how are the corresponding generative principles acquired? The problem of "learning" a grammar, as well as the problem of perceiving violations or specific syntactic relationships given a grammar, are then of immediate relevance for the investigation music as experienced. These three problems can be modelled as computational tasks.

	TASK	INPUT	OUTPUT
(1)	<i>accepting:</i>	I II V I	$\mapsto$ accept/reject
(2)	<i>parsing:</i>	I II V I	$\mapsto$ 
(3)	<i>online parsing:</i>	I II V ...	$\mapsto$ 
(4)	<i>learning:</i>	{ I II V I, I V V I, II V I, ... }	$\mapsto$ generative principles e.g. { $I \rightarrow II$, $I \rightarrow VI$, $V \rightarrow IIV \dots$ }



Tab. 1. Computational tasks describing aspects of syntactic processing as input/output relationships. The examples are based on the simple grammar whose derivation of the chord progression I-II-V-I is shown at the bottom of the table. Given a grammar, the acceptance task (1) determines whether an input string belongs to its language. The parsing task maps the input string into some representation of its syntactic structure, e.g. in the form of a derivation tree (2). This can also occur incrementally as the input is presented (3). Finally, in an example of learning task (4), a corpus of strings is mapped into the rules that may have generated those strings. Each generative rule corresponds to a possible branching in the tree representing the structure of a string: for example, the string progression I-II-V-I can be generated by applying the rules $I \rightarrow I$, $I \rightarrow V$, $I, V \rightarrow II$, V , as shown at the bottom of the table.

Acceptance task. In the first example in Section 3.1 we have considered the computational task that maps an input musical sequence into a binary (*yes/no*) output that reflects whether the input belongs to a grammar’s language or not. This input/output association is the *acceptance function* for the given grammar (see (1) in Tab. 1). The acceptance function describes the minimal capacity that each

grammar affords, which is to distinguish between sequences that can be generated by the grammar, and those that cannot. For example, William Caplin's [1998] definition of a cadential progression allows for the omission of the initial tonic, the pre-dominant chord or both, but does not allow for the omission of a root-position dominant. Furthermore, it allows for the embellishment of either the initial tonic, the pre-dominant, or the dominant itself through the insertion of one or more embellishment chords in between the others. As a consequence, a grammar formalising Caplin's music-theoretical understanding of the classical cadence should make it possible to generate a progression such as V/IV-IV-V-I, but not I-ii-I [Rohrmeier – Neuwirth 2015], just as English grammar makes it possible to generate the sentence "The apple is on the tree" but no combination of the grammar's rules can generate "The is apple on the tree".

In other words, given a grammar, it is possible to determine what sequences belong to its language, and which do not. If we believe a listener to be sensitive to the syntactic relationships captured by the rules of a specific grammar, we may expect to observe some behavioural (e.g., surprise) or neural response (e.g., an electroencephalographic marker) that is triggered selectively upon exposure to sequences that are not accepted by the grammar. This provides a straight-forward empirical gateway for investigation. For example, several studies have shown neural markers as a response to harmonic violations in chord-progressions [Maess et al. 2001; Koelsch et al. 2007]. Koelsch et al. [2007] found a right-lateralised neural marker as a response to harmonic violations in chord-progressions, e.g. I-IV-ii-V followed by ii in place of the tonic. Since the violating chord did not bring sensory dissonance with respect to the established tonal context, the observed response cannot be explained as a reaction to a basic psychoacoustic effect. Koelsch et al. [2013] further observed a neural response to the violation of non-local dependencies between the half-cadential first phrase of a chorale and the concluding tonic of the whole chorale. This may be interpreted as evidence that listeners are sensitive to abstract syntactic relationships among chords: specifically, such syntactic relationships may be modelled in terms of grammar rules, and the observed neural marker reflects the negative outcome of the acceptance function of that grammar for the given input. Thus, from the modelling perspective, the listener can be thought of as computing the acceptance function of the grammar. This does not mean that the experience of musical structure boils down to recognising whether musical stimuli are grammatical or not: this kind of empirical evidence rather supports the hypothesis that some specific grammar is an appropriate model of the syntactic relationships that may be recognised in the music based on a certain analytical perspective.

Parsing task. Despite the linguistic analogy, the outcome of an acceptance task in the musical domain should not be understood as a normative correlate of some notion of objective or perceived correctness or *grammaticality*, which is instead foundational in the syntactic approach to some strands of linguistic syntax [Chomsky 1957]. The purpose of recognising musical inputs as being generated by some grammar is rather to formalise the link between inputs themselves and a representation of the hypothesised syntactic relationships [Rohrmeier 2020a]. For example, a grammar formalising Caplin’s framing of the classical cadence would not only need to accept all well-formed cadential progressions into its language, and reject all the others. It should also capture the more nuanced understanding that the V/IV is an embellishment (a *preparation*, in the terminology of Rohrmeier – Neuwirth [2015]) of the following IV, which is itself a preparation of the following V. These relationships, as well as the process that leads to their mental representation, may also be expected to contribute to a listener’s experience. As a consequence, we need other tools that serve the purpose of reconstructing the structure of an input under the hypothesis that it is generated by a specific grammar. In fact, while the acceptance task reflects whether a certain input can be proven to be generated by a grammar, determining the specific network of syntactic relationships that the grammar attributes to a given input is a different task. Two different grammars might generate overlapping or even identical languages, while attaching different syntactic structures to the same inputs [Sipser 2012]. Even within one grammar, the same input may be generated with different generative principles (the two possible readings of the English sentence “*They are welcoming people*” depending on the ambiguity between interpreting *welcoming* as a verb or an adjective). The association of an input with some representation of its syntactic structure, e.g. one or all of its possible derivation trees, defines the *parsing* task for the grammar at hand (see (2) in Tab. 1).

Note that a derivation captures a syntactic interpretation of the musical surface as a whole, i.e., as it could be reconstructed *a posteriori* given the entire musical surface as an input. Nevertheless, parsing an input may also come with the algorithmic constraint that the events comprising the musical surface are only accessible sequentially and incrementally, one after the other in the same order as they appear in the score or performance. This approach reflects the naturalistic condition of listening, where events are presented in temporal order and a representation of the structure arises *on-line*, progressively and incrementally as time passes, rather than *post-hoc* [Jackendoff 1991; Lewin 1986]. For each moment in time a new computational task, *online parsing*, may then be defined in terms of the following input/output association: on one hand, the portion of the musical surface up to the current moment in time and, on the other hand, a representation

of some or all possible derivation trees that may account for the generation of that portion of the musical surface (see (3) in Tab. 1). As time passes, the developing outcome of online parsing may account for the progressive emergence of a syntactic interpretation, as described in phenomenological [Lewin 1986; Mazzoni 2018] accounts of music listening [Jackendoff 1991]. In summary, computational modelling of syntax also allows one to characterise the *processing* aspect of experiencing musical structure *in time*, which is a different problem from characterising a structural interpretation as a *static* property of the music.

From this perspective, the cognitive processes resulting in (online) parsing can also be empirically investigated. In linguistic syntax, for example, online parsing is associated with phenomena that highlight algorithmic constraints on how the computational task is performed. The sentence “*While the band played the song pleased all the customers*” is likely to induce at first the misleading interpretation of “the song” as the object of “played”, which has to be revised as the subject of “pleased” upon encountering the second part of the sentence. Such *garden-path* effects require that mechanisms are in place to filter among several possible derivations of an input, and to recover from a mislead parsing attempt if new information is incompatible with the prevailing derivation [Fodor – Ferreira 1998]. Music-theoretical accounts also predict that listeners may experience a change or a conflict between several possible structural interpretations in music, such as in the phenomena of *revision*, *becoming*, or *retrospective reinterpretation* [Schmalfeldt 2017; Dubiel 2017; Caplin 1998; Martin – Vande Moortele 2014; Rohrmeier 2013]. Empirical evidence indeed supports that musical syntactic processing interferes with the processing of linguistic garden-path sentences [Slevc et al. 2009], and the existence of a musical counterpart of garden-path effects in tonally-ambiguous melodies has been recently tested [Cecchetti et al. 2020].

Learning task. Finally, note that the acceptance and parsing tasks are defined based on the specific generative principles that comprise a grammar. As a consequence, the listeners’ perception of a musical surface can only be influenced by the outcome of an acceptance or a parsing task if the generative principles comprising a grammar are somehow represented in the listener’s mind. In other words, the grammar models the *syntactic competence* of a listener, i.e., the computational tools that are needed to perform the acceptance and parsing tasks on (musical) inputs [Chomsky 1965]. This raises the issue of how the syntactic competence of a listener, as modelled by a specific grammar, may come into being. In particular, it is possible that the syntactic competence, or some aspects thereof, may be acquired through a learning process. Empirical research has shown that the perception of complex structure can be accounted for in terms

of the learning of statistical properties of musical repertoire [Pearce et al. 2010], even through limited exposure to artificial [Rohrmeier – Cross 2009] or unfamiliar [Rohrmeier – Widdess 2017] grammars. Taking a set of sequences, such as the musical pieces within a musical corpus or the sentences in speech and inferring what grammars may have generated these musical pieces or sentences as a subset of their languages determines one more computational task, that of *grammar inference* or *learning* [Horning 1969] (see (4) in Tab. 1). Based on computational arguments, it is possible to address specific issues such as whether a certain corpus of inputs is sufficient to learn a specific grammar [Perfors et al. 2011], or how veridical knowledge can integrate the learning process depending on the properties of the grammar to be learnt [Clark 2017]. While the problem of grammar inference is very complex for general classes of grammars [Clark 2017], syntactic models of musical syntax are often simple enough to allow for efficient approaches to inference [Tsushima et al. 2018; Déguernel et al. 2020]. For example, it has been recently shown computationally that grammars modelling hierarchical harmonic structures in the Jazz idiom can be inferred directly from the repertoires, both by training the learning process with expert-annotated analyses (supervised learning) as well as by just being exposed to the chord sequences themselves (unsupervised learning) [Harasim 2020]. This provides preliminary evidence that the task of implicitly acquiring the relevant syntactic competence from mere exposure is feasible and may model the process that leads listeners to experience syntactic structure in music.

In summary, a grammar formalising a music-theoretical framework represents a computational tool that affords to determine (1) whether a certain sequence abides by the music-theoretical framework (acceptance), (2) what structural readings are possible, based on the music-theoretical framework, for well-formed sequences as a whole or as they are incrementally presented (parsing), and (3) under what conditions can the syntactic competence that is necessary to perform these tasks be acquired by listeners (learning). Furthermore, the study of these tasks as computations to be performed can further lead to the identification of algorithmic and implementational constraints. For example, it may determine what memory resources are minimally necessary, how much time and memory resources would the most efficient algorithm require to perform these tasks as a function of the input, and under what circumstances it fails. Critically, what algorithmic strategies are effective in performing any of these tasks for a specific grammar depends on the nature of the grammar itself. It goes beyond the purpose of this overview to enter into the details of algorithmic implementations, but it is a core concern of the theory of formal languages to determine how (and

if, or how efficiently) the aforementioned and other grammar-dependent tasks can be performed for any given grammar [Clark 2017; Fitch – Friederici 2012; Sipser 2012].

4. What can we learn?

Whenever we believe that the syntactic structures proposed in an analytical paradigm (e.g., some harmonic relations) contribute to the listeners' experience of music, we are formulating a hypothesis at the computational level on the cognitive processes that are involved. In particular, we are describing the output of a mapping from the musical surface, and by adopting the computational perspective we can aim at investigating what computational tools are needed to perform this mapping: What properties should a grammar capable of capturing the proposed syntactic relationships exhibit? What processing steps can successfully implement the proposed mapping?

In order to test the perceptual relevance of such hypotheses, we can look for responses on part of the listeners that reflect a sensitivity to the predicted syntactic relationships. For example, this may include

- some response being activated selectively upon exposure to inputs that belong to the language of the grammar corresponding to the given analytical paradigm.
- some response that reflects the availability of a representation of the particular syntactic structure attributed to the input by a grammar. Such a representation may reflect a syntactic interpretation of the piece as a whole or arise incrementally as the input is presented during real-time exposure [Jackendoff 1991];
- the capacity to “learn” the rules of the grammar, which may rely on psycho-acoustic or domain-general cognitive mechanisms (e.g. grouping and segmentation principles [Deutsch 1999]), implicit learning from the exposure to the language of the grammar [e.g., Rohrmeier – Cross 2009], or explicit knowledge of the formal rules themselves.

We can formalise each of these input/output associations as a computational model, performing e.g. (a) an acceptance task, (b) a (on-line) parsing task or (c) a learning task, and test whether the cognitive system behaves as an instantiation of the model by comparing the model's predictions with empirical data. The model then offers a plausible interpretation of data obtained from an unknown process, the “black box” of human cognition, by proposing a characterisation of this process at the computational level.

When it comes to the cognition of musical structures, asking *whether* a general cognitive capacity to experience music according to a specific paradigm exists is not always the question at hand, since human cognitive skills exhibit remarkable plasticity [Pantev et al. 2003; Kraus et al. 2010]. It is also interesting to investigate *how* and *why* a certain computational task, as an input/output association, is performed as part of the cognitive processing of some particular aspect of music.

As far as the *how* is concerned, this includes finding out under what circumstances a certain computational task may be performed, what neural resources are involved and how their involvement interacts with other cognitive functions that share the same neural substrate. Specifically, brain imaging studies investigate what neural populations are involved in musical syntactic processing [see Koelsch 2011 for a review], focusing in particular on the role of areas that are known to mediate linguistic syntactic processing [Patel 2007; Maess et al. 2001] or their right-lateralised counterparts [Cheung et al. 2018]. This perspective sheds light on the implementational level of description by looking at the physical components of the cognitive system that are involved in transforming inputs (e.g., musical surface, linguistic sentences) into responses that reflect syntactic structures as experienced by listeners. Behavioural studies in turn investigate the involvement of fundamental, potentially domain generic cognitive functions such as memory, working memory and cognitive control [Ogg et al. 2019; Fiveash – Pammer 2012; Cecchetti et al. 2021]. This perspective focuses on the algorithmic level of description, looking for (sub)processes that are involved in the emergence of the listeners' experience, such as filtering, storing and retrieving information.

As far as the *why* is concerned, we can learn something about the function and context of musical capacities, and about the relationship between music-related activities and other forms of human behaviour. We can also aim at understanding whether some cognitive process, which may be modelled at the computational level as a specific computational input/output association, is of domain-specific or domain-generic relevance, and what is the bioevolutionary function (if any) of the process itself and of its interaction with other cognitive operations. For example, identifying hierarchical relations between musical entities might be a symptom of a general capacity for hierarchical thinking [Friederici 2020]. This may be supported by the observation that the computational tasks associated with the experience of musical syntax are more generally relevant for any form of integration of diachronically-presented information. This includes linguistic syntax, as well as other forms of structured behaviour such as goal-oriented action planning [Fitch – Martins 2014]. These cognitive functions exhibit analogies and differences at the computational level, as they involve similar computational

tasks deployed for different purposes, and at the implementational level, potentially sharing (in part at least) common implementational resources [Patel 2007; Friederici 2020; Koelsch 2013]. Further investigation of these analogies and differences may lead to a deeper understanding of the function of music as a human behaviour [Savage et al. in press, Asano – Boeckx 2015].

In this respect, it should be highlighted that the syntactic perspective only focuses on a narrow aspect of experiencing music. Syntactic processing is only one component of music perception and cognition, music being itself just one out of the many cognitive domains humans engage with. The processing of music has been proposed to represent a module of cognitive processing as a whole, relying on cognitive and neural resources that are partly domain-specific and partly shared with other cognitive domains [Koelsch 2011; Peretz – Coltheart 2003]. The role, if any, of musical syntactic processing in relation to the other functions of the music-processing module, from auditory feature extraction to the emergence of meaning and emotion, is largely to be investigated. Some proposals in this direction have been advanced. For example, the current understanding of harmonic syntax primarily focuses on modelling implication-realisation pairs. As exemplified above, derivation trees for portions of a musical surface include open branches that point to future, yet unheard events. These open branches can be interpreted as modelling expectations towards those future events [Rohrmeier 2013; Herff et al. 2021]. The syntactic account represents then a plausible explanation of the emergence of structure-related expectations in music. Since the latter are known correlates of emotional responses [Meyer 1956; Huron 2006; Salimpoor et al. 2015], musical syntactic processing might also be related to emotional processing through this pathway. Similarly, predictions from musical syntactic accounts have been associated with perceived tension [Lerdahl – Krumhansl 2007].

On a final note, formal modelling hypotheses usually make rigid and, to some extent, unrealistically simple assumptions. Informal accounts, in turn, can potentially embrace a more nuanced complexity, at the cost of renouncing specific assumptions. Because of this complementarity, when it comes to understanding complex phenomena such as music and its cognitive processing, informal and formal accounts are both valuable contributors. Furthermore, computational models are not necessarily tools to *reproduce* or *imitate* phenomena. Here, they are presented as tools to increase, little by little, the *understanding* of those phenomena. In particular, the process of fixing modelling hypotheses and assessing their implications against empirical evidence is not only useful when it succeeds in predicting behaviour based on theoretical insights: it also leads to acquiring knowledge through failure. Since the predictions of a model are a

by-product of the modelling hypotheses (e.g., some formalisation of music theoretical insight), those aspects where the computational model fails to predict the empirical observations are just as informative as those aspects where the model's predictions are successful. It could even be argued that a computational model is informative insofar as it is possible to precisely determine where it fails. The failure of the model in predicting empirical data leads us to reconsider our hypotheses regarding what process the model is describing and what information the model is provided with by showing that they are insufficient on their own to account for the process and information that empirically resulted in the observed data. While this is also true for non-formal accounts, in the case of computational models it is often possible to track the origin of the mismatch between the computational predictions and the empirical data back to specific hypotheses and assumptions that the model is operating with. Since, in turn, models formalise music-analytical hypotheses and beliefs, differences between model predictions and the observed behaviour can inform and inspire the clarification of existing or the invention of new music-theoretical concepts (which is in principle distinguished from their music-theoretical relevance). The computational perspective establishes a bridge and a feedback loop between the introspection of the musical analyst and the observable phenomenology uncovered by psychological and neuroscientific accounts, without collapsing the one into the other.

Conclusion

Computational approaches have the potential to enrich the multiplicity of perspectives that arise within the field of music theory and analysis by specifying in full detail what consequences arise from what hypotheses. Formulating music analytical concepts into computational tasks and exploring the properties of these computational tasks from a mathematical perspective leads to tangible hypotheses that can be empirically assessed. These music-analytically-informed hypotheses may come in the form of behavioural predictions or implementational pre-requisites for the cognitive relevance of some aspect of the music, feeding into the interdisciplinary discourse between music theory and cognitive science [Rohrmeier – Pearce 2018; Pearce – Rohrmeier 2018]. Through this epistemological pipeline, research in music cognition is framed well into the disciplinary field of music theory and analysis, including not only its well-established systematic approach but also its artistic and introspective perspectives. Computational modelling of syntax is understood here as a particular expression of music-theoretical and music-analytical thinking, and it is to be hoped that an increasing interdisciplinary synergy would result in a deeper understanding of

the ways humans experience, and eventually compose, perform, and think about music and its structures. This may require engaging with methodological and philosophical controversies, which is typical of the interaction between science and the humanities, but which is also a fertile terrain of mutual exchanges. At the same time, by embedding the cognitive underpinnings of the experience of musical structure in domain-generic frameworks such as syntactic processing and information integration, the role of music as a manifestation of cognition in behaviour can be further explored, so that knowledge about music translates into knowledge about the operation of cognition in general, and vice versa.

References

- ASANO R. – BOECKX C. (2015), *Syntax in language and music: What is the right level of comparison?*, «Frontiers in Psychology».
- BALDI P. (2002), *A Computational Theory of Surprise*. In M. Blaum (Ed.), *Information, Coding and Mathematics*, Springer.
- BARONI M. (2010), *GTTM and post-tonal music*, «Musicae Scientiae», 14/1, pp. 69–93.
- BARONI M. – MAGUIRE S. – DRABKIN W. (1983), *The Concept of Musical Grammar*, «Music Analysis», 2/2, pp. 175–208.
- BARROW H. G. – TENENBAUM J. M. (1981), *Computational vision*, «Proceedings of the IEEE», 69/5, pp. 572–595.
- BERTERO M. – POGGIO T. A. – TORRE V. (1988), *Ill-posed problems in early vision*, «Proceedings of the IEEE», 76/8, pp. 869–889.
- CAPLIN W. E. (1998), *Classical form. A theory of formal functions for the instrumental music of Haydn, Mozart, and Beethoven*, Oxford University Press.
- CARANDINI M. (2005), *Do We Know What the Early Visual System Does?*, «Journal of Neuroscience», 25/46, pp. 10577–10597.
- CARIANI P. (1999), *Temporal Coding of Periodicity Pitch in the Auditory System. An Overview*, «Neural Plasticity», 6/4, pp. 147–172.
- CECCHETTI G. – HERFF S. A. – ROHRMEIER M. A. (2020), *Revision of musical structure as a perceptual phenomenon*, *Music & Psychology Research Conference*, Australian Music & Psychology Society, doi:10.17605/OSF.IO/MGWDJ
- CECCHETTI G. – HERFF S. A. – ROHRMEIER M. A. (2021). *Musical syntactic structure improves memory for melody: Evidence from the processing of ambiguous melodies*. Proceedings of the 43rd Annual Conference of the Cognitive Science Society.
- CHALMERS D. J. (1996), *Does a rock implement every finite-state automaton?*, «Synthese», pp. 309–333.
- CHALMERS D. J. (2000), *What is a neural correlate of consciousness?*, T. Metzinger (Ed.), *Neural Correlates of Consciousness. Empirical and Conceptual Questions*, MIT Press.

- CHALMERS D. J. (2004), *The Representational Character of Experience*, B. Leiter (Ed.), *The Future for Philosophy*, Oxford University Press, pp. 153–181.
- CHEUNG V. K. M. – HARRISON P. M. C. – MEYER L. – PEARCE M. T. – HAYNES J.-D. – KOELSCH S. (2019), *Uncertainty and Surprise Jointly Predict Musical Pleasure and Amygdala, Hippocampus, and Auditory Cortex Activity*, «Current Biology», 29/23.
- CHEUNG V. K. M. – MEYER L. – FRIEDERICI A. D. – KOELSCH S. (2018), *The right inferior frontal gyrus processes nested non-local dependencies in music*, «Scientific Reports», 8/1.
- CHOMSKY N. (1957), *Syntactic structures*, Mouton.
- CHOMSKY N. (1965), *Aspects of the Theory of Syntax*, MIT Press.
- CHOMSKY N. – SCHÜTZENBERGER M. P. (1959), *The Algebraic Theory of Context-Free Languages*, P. Braffort – D. Hirschberg (Eds.), *Studies in Logic and the Foundations of Mathematics*, Vol. XXVI, Elsevier, pp. 118–161.
- CLARK A. (2017), *Computational Learning of Syntax*, «Annual Review of Linguistics», 3/1, pp. 107–123.
- CLARK A. (2017), *Embodied, Situated, and Distributed Cognition*, W. Bechtel – G. Graham (Eds.), *A Companion to Cognitive Science*, Blackwell Publishing, pp. 506–517.
- CLEEREMANS A. (2001), *Conscious and Unconscious Processes in Cognition*, *International Encyclopedia of the Social – Behavioral Sciences*, Elsevier, pp. 2584–2589.
- COHN R. (2012), *Audacious Euphony. Chromatic Harmony and the Triad's Second Nature*, Oxford University Press, USA.
- COHN N. (2020), *Your Brain on Comics. A Cognitive Model of Visual Narrative Comprehension*, «Topics in Cognitive Science», 12/1, pp. 352–386.
- COX A. (2016), *Music and Embodied Cognition*, Indiana University Press.
- CROSS I. (1998), *Music Analysis and Music Perception*, «Music Analysis», 17/1.
- D'ALFONSO D. (2017), *Tonal music and verbal languages. A short (structural) review*, «Rivista Italiana di Filosofia del Linguaggio», 11/2.
- DALLOS P. – ZHENG J. – CHEATHAM M. A. (2006), *Prestin and the cochlear amplifier*, «The Journal of Physiology», pp. 37–42.
- DEUTSCH D. (1999), *Grouping Mechanisms in Music*, D. Deutsch (Ed.), *The Psychology of Music*, Academic Press, pp. 299–348.
- DIENES Z. – PERNER J. (1999), *A theory of implicit and explicit knowledge*, «Behavioral and Brain Sciences», 22/5, pp. 735–808.
- DUBIEL J. (2017), *Music Analysis and Kinds of Hearing-As*, «Music Theory and Analysis», 4/2, pp. 233–242.
- FINKENSIEP C. – WIDDESS R. – ROHRMEIER M. A. (2019), *Modelling the syntax of north indian melodies with a generalized graph grammar*, «Proceedings of the 20th International Society for Music Information Retrieval Conference».
- FITCH W. T. – FRIEDERICI A. D. (2012), *Artificial grammar learning meets formal language theory. An overview*, «Philosophical Transactions of the Royal Society B. Biological Sciences», pp. 1933–1955.

- FITCH W. T. – MARTINS M. D. (2014), *Hierarchical processing in music, language, and action. Lashley revisited*, «Annals of the New York Academy of Sciences», pp. 87–104.
- FIVEASH A. – PAMMER K. (2012), *Music and language. Do they draw on similar syntactic working memory resources?*, «Psychology of Music», 42/2, pp. 190–209.
- FODOR J. A. (1983), *The Modularity of Mind*, Cambridge, MIT Press.
- FODOR J.D. – FERREIRA F. (1998), *Reanalysis in sentence processing*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- FRIEDERICI A. D. (2020), *Hierarchy processing in human neurobiology. How specific is it?*, «Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences».
- FRITH C. – PERRY R. – LUMER E. (1999). *The neural correlates of conscious experience. An experimental framework*, «Trends in Cognitive Sciences», 3/3, pp. 105–114.
- GRANDE A. (2020), *Una rete di ascolti. Viaggio nell'universo musicale neo-riemanniano*. Aracne.
- GRANROTH-WILDING M. – STEEDMAN M. (2014), *A Robust Parser-Interpreter for Jazz Chord Sequences*, «Journal of New Music Research», 43/4, pp. 355–374.
- HAAS B. (2004), *Die neue Tonalität von Schubert bis Webern. Hören und Analysieren nach Albert Simon*, Noetzel.
- HARASIM D. (2020), *The Learnability of the Grammar of Jazz. Bayesian Inference of Hierarchical Structures in Harmony* [PhD Thesis], EPFL.
- HARASIM D. – FINKENSIEP – C., ERICSON P. – O'DONNELL, T. J. – ROHRMEIER M. A. (2020), *The Jazz harmony treebank*. In «Proceedings of the 21st International Society for Music Information Retrieval Conference».
- HARASIM D. – O'DONNELL T. J. – ROHRMEIER M. A. (2019), *Harmonic Syntax in Time. Rhythm Improves Grammatical Models of Harmony*, in «Proceedings of the 20th International Society for Music Information Retrieval Conference».
- HARASIM D. – ROHRMEIER M. A. – O'DONNELL T. J. (2018), *A generalized parsing framework for generative models of harmonic syntax*, in «Proceedings of the 19th International Society for Music Information Retrieval Conference».
- HERFF, S. A., HARASIM, D., CECCHETTI, G., FINKENSIEP, C., & ROHRMEIER, M. A. (2021). *Hierarchical syntactic structure predicts listeners' sequence completion in music*. Proceedings of the 43rd Annual Conference of the Cognitive Science Society.
- HONING H. – TEN CATE C. – PERETZ I. – TREHUB S. E. (2015), *Without it no music. Cognition, biology and evolution of musicality*. In «Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences».
- HORNING JJ. (1969), *A study of grammatical inference* [PhD Thesis], Stanford University.
- HURON D. B. (2006), *Sweet anticipation. Music and the psychology of expectation*, MIT Press.
- JACKENDOFF R. S. (1991), *Musical Parsing and Musical Affect*, «Music Perception: An Interdisciplinary Journal», 9/2, pp. 199–229.

- JACKENDOFF R. S. (2002), *How the competence model can constrain theories of processing*, in *Foundations of Language. Brain, Meaning, Grammar, Evolution*, Oxford University Press.
- JACKENDOFF R. S. (2009), *Parallels and Nonparallels between Language and Music*, «Music Perception», 26/3.
- JACKENDOFF R. S. (1987), *Consciousness and the Computational Mind*, MIT Press.
- KANAI R. – KOMURA Y. – SHIPP S. – FRISTON K. (2015), *Cerebral hierarchies: Predictive processing, precision and the pulvinar*, «Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences».
- KATZ J. – PESETSKY D. (2011), *The identity thesis for language and music*. [Http://Ling.Auf.Net/Lingbuzz/000959](http://Ling.Auf.Net/Lingbuzz/000959).
- KOELSCH S. (2011), *Toward a Neural Basis of Music Perception – A Review and Updated Model*, «Frontiers in Psychology».
- KOELSCH S. (2013), *Brain and Music*, John Wiley & Sons.
- KOELSCH S. – JENTSCHKE S. – SAMMLER D. – MIETCHEN D. (2007), *Untangling syntactic and sensory processing. An ERP study of music perception*, «Psychophysiology», 44/3, pp. 476–490.
- KOELSCH S. – ROHRMEIER M. A. – TORRECUSO R. – JENTSCHKE S. (2013), *Processing of hierarchical syntactic structure in music*, «Proceedings of the National Academy of Sciences», pp. 15443–15448.
- KOELSCH S. – VUUST P. – FRISTON K. (2019), *Predictive Processes and the Peculiar Case of Music*, «Trends in Cognitive Sciences», 23/1, pp. 63–77.
- KRAUS N. – CHANDRASEKARAN, B. (2010), *Music training for the development of auditory skills*, «Nature Reviews Neuroscience», 11/8, pp. 599–605.
- KRUMHANS L. C. (1990), *Cognitive Foundations of Musical Pitch*, Oxford University Press.
- LARSON S. (1994), *Another Look at Schenker's "Counterpoint"*, «Indiana Theory Review», 15/1, pp. 35–52.
- LERDAHL F. – JACKENDOFF R. S. (1983), *A Generative Theory of Tonal Music*, MIT Press.
- LERDAHL F. – KRUMHANS L. C. (2007), *Modeling Tonal Tension*, «Music Perception. An Interdisciplinary Journal», 24/4.
- LEWIN D. (1986), *Music Theory, Phenomenology, and Modes of Perception*, «Music Perception. An Interdisciplinary Journal», 3/4, pp. 327–392.
- MAESS B. – KOELSCH S. – GUNTER T. C. – FRIEDERICI A. D. (2001), *Musical syntax is processed in Broca's area. An MEG study*. «Nature Neuroscience», 4/5, pp. 540–545.
- MAFFONGELLI L. – D'AUSILIO A. – FADIGA L. – DAUM M. M. (2019), *The Ontogenesis of Action Syntax*, «Collabra: Psychology», 5/1.
- MANNING C. – SCHÜTZE H. (1999), *Foundations of Statistical Natural Language Processing*, MIT Press.
- MANSINGHKA V. K. – KULKARNI T. D. – PEROV Y. N. – TENENBAUM J. (2013), *Approximate Bayesian Image Interpretation using Generative Probabilistic Graphics Programs*.

- In C. J. C. Burges – L. Bottou – M. Welling – Z. Ghahramani – K. Q. Weinberger (Eds.), *Advances in Neural Information Processing Systems*, Curran Associates, Inc, pp. 1520–1528.
- MARR D. (1982), *Vision. A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*, MIT Press.
- MARTIN N. J. – VANDE MOORTELE S. (2014), *Formal Functions and Retrospective Reinterpretation in the First Movement of Schubert's String Quintet. Formal Functions and Retrospective Reinterpretation*, «Music Analysis», 33/2, pp. 130–155.
- MAZZONI A. (2018), *Intenzioni tonali e fenomenologia del tempo. Un'analisi a partire da David Lewin*, «Rivista di Analisi e Teoria Musicale», 14/1, pp. 3–19.
- MEEUS N. (2000), *Toward a Post-Schoenbergian Grammar of Tonal and Pre-tonal Harmonic Progressions*, «Music Theory Online», 6/1.
- MEYER L. B. (1956), *Emotion and Meaning in Music*, The University of Chicago Press.
- MILEWSKI B. (2018), *Category Theory for Programmers*, Blurb.
- MOSS F. C. – NEUWIRTH M. – HARASIM D. – ROHRMEIER M. A. (2019), *Statistical characteristics of tonal harmony: A corpus study of Beethoven's string quartets*, «PLOS ONE», 14/6.
- NARMOUR E. (1990), *The analysis and cognition of basic melodic structures. The implication-realization model*, University of Chicago Press, pp. xiv-485.
- NARMOUR E. (1992), *The Analysis and Cognition of Melodic Complexity. The Implication-Realization Model*, University of Chicago Press.
- O'BRIEN G. – OPIE, J. (1999), *A connectionist theory of phenomenal experience*, «Behavioral and Brain Sciences», 22/1, pp. 127–148.
- OGG M. – OKADA B. M. – NOVICK J. M. – SLEVC L. R. (2019), *Updating Musical Tonal Structure in Working Memory Engages Cognitive Control*, «Auditory Perception – Cognition», 2/1–2, pp. 21–46.
- OXENHAM A. J. (2018), *How We Hear: The Perception and Neural Coding of Sound*, «Annual Review of Psychology», 69/1, pp. 27–50.
- PANTEV C. – ROSS B. – FUJIOKA T. – TRAINOR L. – SCHULTE M. – SCHULZ M. (2003), *Music and Learning-Induced Cortical Plasticity*, «Annals of the New York Academy of Sciences», pp. 438–450.
- PATEL A. D. (2007), *Language, music, and the brain: A resource-sharing framework*. In Rebuschat P. – Rohrmeier M. A. – Hawkins J. A. – Cross I. (Eds.), *Language and Music as Cognitive Systems*, Oxford University Press, pp. 204–223.
- PEARCE M. T. (2018), *Statistical learning and probabilistic prediction in music cognition: Mechanisms of stylistic enculturation*, «Annals of the New York Academy of Sciences», pp. 378–395.
- PEARCE M. T. – MÜLLENSIEFEN D. – WIGGINS G. A. (2010), *The Role of Expectation and Probabilistic Learning in Auditory Boundary Perception. A Model Comparison*, «Perception», 39/10, pp. 1367–1391.

- PEARCE M. – ROHRMEIER M. A. (2012), *Music Cognition and the Cognitive Sciences*, «Topics in Cognitive Science», 4/4, pp. 468–484.
- PEARCE M. – ROHRMEIER M. A. (2018), *Musical Syntax II. Empirical Perspectives*, in R. Bader (Ed.), *Springer Handbook of Systematic Musicology*, Springer Berlin Heidelberg, pp. 487–505.
- PEARCE M. T. – WIGGINS G. A. (2012), *Auditory Expectation. The Information Dynamics of Music Perception and Cognition*, «Topics in Cognitive Science», 4/4, pp. 625–652.
- PERETZ, I. – COLTHEART, M. (2003), *Modularity of music processing*, «Nature Neuroscience», 6/7, pp. 688–691.
- PERETZ, I. – ZATORRE, R. J. (2005), *Brain Organization for Music Processing*, «Annual Review of Psychology», 56/1, pp. 89–114.
- PERFORS A. – TENENBAUM J. B. – REGIER T. (2011), *The learnability of abstract syntactic principles*, «Cognition», pp. 306–338.
- REBER A. S. (1989), *Implicit Learning and Tacit Knowledge*, «Journal of Experimental Psychology: General», pp. 219–235.
- REBUSCHAT P. – ROHRMEIER M. A. – HAWKINS J. A. – CROSS I. (Eds.) (2012), *Language and Music as Cognitive Systems*, Oxford University Press, Oxford.
- RIEMANN H. (1893), *Vereinfachte Harmonielehre oder die Lehre von den tonalen Funktionen der Akkorde*, Augner.
- ROHRMEIER M. A. (2013), *Musical Expectancy. Bridging Music Theory, Cognitive and Computational Approaches*, «Zeitschrift Der Gesellschaft Für Musiktheorie», 10/2, pp. 343–371.
- ROHRMEIER M. A. (2020a), *The Syntax of Jazz Harmony. Diatonic Tonality, Phrase Structure, and Form*, «Music Theory and Analysis», 7/1, pp. 1–63.
- ROHRMEIER, M. A. (2020b), *Towards a formalization of musical rhythm*, «Proceedings of the 21st International Society for Music Information Retrieval Conference».
- ROHRMEIER M. A. – CROSS I. (2009), *Tacit tonality. Implicit learning of context-free harmonic structure*, ESCOM 2009, 7th Triennial Conference of European Society for the Cognitive Sciences of Music.
- ROHRMEIER M. A. – KOELSCH S. (2012), *Predictive information processing in music cognition. A critical review*, «International Journal of Psychophysiology», pp. 164–175.
- ROHRMEIER M. A. – NEUWIRTH M. (2015), *Towards a Syntax of the Classical Cadence*, in P. Bergé – M. Neuwirth (Eds.), *What is a cadence? Theoretical and analytical perspectives on cadences in the classical repertoire*, Leuven University Press.
- ROHRMEIER M. A. – PEARCE M. (2018), *Musical Syntax I. Theoretical Perspectives*, in R. Bader (Ed.), *Springer Handbook of Systematic Musicology*, Springer Berlin Heidelberg, pp. 473–486.
- ROHRMEIER M. A. – REBUSCHAT P. (2012), *Implicit Learning and Acquisition of Music*, «Topics in Cognitive Science», 4/4, pp. 525–553.
- ROMANI G. L. – WILLIAMSON S. J. – KAUFMAN L. (1982), *Tonotopic organization of the human auditory cortex*, «Science».

- SAINBURG T. – THEILMAN B. – THIELK M. – GENTNER T. Q. (2019), *Parallels in the sequential organization of birdsong and human speech*, «Nature Communications», 10/1.
- SALIMPOOR V. N. – ZALD D. H. – ZATORRE R. J. – DAGHER A. – MCINTOSH A. R. (2015), *Predictions and the brain. How musical sounds become rewarding*, «Trends in Cognitive Sciences», 19/2, pp. 86–91.
- SAVAGE P. E. – LOUI P. – TARR B. – SCHACHNER A. – GLOWACKI L. – MITHEN S. – FITCH W. T. (in press), *Music as a coevolved system for social bonding*, In «Behavioral and Brain Sciences».
- SCHENKER H. (1935), *Der Freie Satz*, Universal Edition.
- SCHILLER P. H. – CARVEY C. E. (2005), *The Hermann Grid Illusion Revisited*, «Perception», 34/11, pp. 1375–1397.
- SCHMALFELDT J. (2017), *In the Process of Becoming. Analytic and Philosophical Perspectives on Form in Early Nineteenth-century Music*, Oxford University Press.
- SETH A. K. – DIENES Z. – CLEEREMANS A. – OVERGAARD M. – PESSOA L. (2008), *Measuring consciousness. Relating behavioural and neurophysiological approaches*, «Trends in Cognitive Sciences», 12/8, pp. 314–321.
- SIPSER M. (2012), *Introduction to the Theory of Computation*, Cengage Learning.
- SLEVC L. R. – ROSENBERG J. C. – PATEL A. D. (2009), *Making psycholinguistics musical. Self-paced reading time evidence for shared processing of linguistic and musical syntax*, «Psychonomic Bulletin – Review», 16/2, pp. 374–381.
- SMITH K. M. (2020), *Desire in chromatic harmony. A psychodynamic exploration of fin de siècle tonality*, Oxford University Press.
- STEEDMAN M. (1984), *A generative grammar for Jazz chord sequences*, «Music Perception», 2/1, pp. 52–77.
- TEMPERLEY D. (2011), *Composition, Perception, and Schenkerian Theory*, «Music Theory Spectrum», 33/2, pp. 146–168.
- TILLMANN B. – BHARUCHA J. J. – BIGAND E. (2000), *Implicit learning of tonality. A self-organizing approach*, «Psychological Review», 107/4, pp. 885–913.
- TSUSHIMA H. – NAKAMURA E. – ITOYAMA K. – YOSHII K. (2018), *Generative statistical models with self-emergent grammar of chord sequences*, «Journal of New Music Research», 47/3, pp. 226–248.
- VAN DEN BROEK, P. (1988), *The effects of causal relations and hierarchical position on the importance of story statements*, «Journal of Memory and Language», 27/1, pp. 1–22.
- VAN WYK M. – WÄSSLE H. – TAYLOR W. R. (2009), *Receptive field properties of ON- and OFF-ganglion cells in the mouse retina*, «Visual Neuroscience», 26/3, pp. 297–308.
- VON BEKESY, G. (1960), *Experiments in Hearing*, McGraw-Hill.
- WALL L. – LIECK R. – NEUWIRTH M. – ROHRMEIER M. A. (2020), *The Impact of Voice Leading and Harmony on Musical Expectancy*, «Scientific Reports», 10/1.

- WIGGINS G. A. (2011), *Computer models of (music) cognition*. In P. Rebuschat – M. A. Rohrmeier – J. A. Hawkins – I. Cross (Eds.), *Language and music as cognitive systems*, Oxford University Press, pp. 169–188.
- WIGGINS G. A. – MÜLLENSIEFEN D. – PEARCE M. T. (2010), *On the non-existence of music. Why music theory is a figment of the imagination*, «Musicae Scientiae», 14/1, pp. 231–255.
- WIGGINS G. A. – TYACK P. – SCHARFF C. – ROHRMEIER M. A. (2015), *The evolutionary roots of creativity. Mechanisms and motivations*, «Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences».
- YAGI T. – OHSHIMA S. – FUNAHASHI Y. (1997), *The role of retinal bipolar cell in early vision. An implication with analogue networks and regularization theory*, «Biological Cybernetics», pp. 163–171.
- YANG X. – WANG K. – SHAMMA S. A. (1992), *Auditory representations of acoustic signals*, «IEEE Transactions on Information Theory», 38/2, pp. 824–839.

Abstract

This paper presents an overview of the epistemological grounding of the computational approach to musical syntax as a tool to advance our understanding of the cognitive underpinnings of the musical experience. From the proposed perspective, formulations of music-theoretical and analytical thinking in formal terms can be read as hypotheses on the output of computational models at different levels of description. Computational models, in turn, make it possible to derive testable predictions on observable behaviours that are available for empirical investigation. The deep connection linking music-theoretical and computational thinking is illustrated with examples drawn from analytic accounts of tonal harmonic syntax.

Keywords

Music theory, music cognition, syntax, computational modelling, language.

Abstract

Questo saggio ripercorre il fondamento epistemologico dell'approccio computazionale alla sintassi musicale come strumento per avanzare la comprensione dei processi cognitivi legati all'esperienza musicale. Nella prospettiva proposta, aspetti del pensiero teorico e analitico relativi all'organizzazione sintattica (armonica e non solo) sono interpretati come ipotesi sugli output di modelli

computazionali basati sulla teoria dei linguaggi formali. I modelli computazionali a loro volta permettono di formulare ipotesi falsificabili sulle manifestazioni osservabili della risposta cognitiva all'ascolto, e di interpretare i dati sperimentali alla luce delle ipotesi analitiche che sono alla base dei modelli stessi. La stretta connessione che lega il pensiero teorico musicale e quello sintattico-computazionale è illustrata con esempi tratti da approcci analitici alla sintassi armonica tonale.

Parole chiave

Teoria musicale, percezione musicale, sintassi, modelli computazionali, linguaggio.

A Computational Examination of Spectral Music

*... on entre dans une période de crise
où [les compositeurs] ne peuvent s'affranchir
totalement du système antérieur, mais où ils
essayaient de représenter leurs intentions à
l'aide des signes nouveaux et par conséquent,
souvent dépourvus d'universalité*
[Nattiez 1975, 113].¹

Whereas new digital technology continues to enable composers and performers to explore sound and create music in ways that until recently were inconceivable, our ability to examine and evaluate this music has remained anchored in the methods, values and criteria of the past century. Over the past fifty years, musicians performing various types of electronic music have learned to manipulate sound both micro-tonally and spatially. Neither of these musical parameters can be captured in conventional Western staff notation, which serves as the basis for the most widely used analytical methodologies. An analogous problem concerns the use of aleatoric methods, which can be digitally rendered through the application of random functions. The increasing use of these techniques means that compositions can no longer be presented in a definitive visual format. Thus, the work, as a synchronic aesthetic object, seems to be slipping through our fingers. The traditional link between the signs and sounds of art music, understood as poles of a dialectic (they could be modified over time but not suspended [Borio 2012, n.p.]) has become fragilized, a consequence of the fact that our culture is gradually leaving the Gutenberg Galaxy [Lehmann 2012, 43]. In fact, for many composers, conventional notation now appears as an obstacle, preventing the formation of new ways of conceiving music [De Benedictis 2005, 53–54].

1. «... we enter a period of crisis in which [composers] are not able to totally emancipate themselves from the previous system, but in which they try to represent their intentions with the help new signs that are consequently not understood universally» [Nattiez 1975, 113, translated by the authors].

The goal of this paper is not to present a complete analysis of a particular work. On the contrary, we will use a study of a portion of a spectral composition in order to present computational methodologies that enable the examination of music, which would otherwise escape analytical scrutiny.² According to Angelo Orcalli [2013, 1536–1537], the relationship between musical notation and audio technology is the true “*nœud épistémologique*” of spectral music. The first generation of spectral composers (Gérard Grisey, Tristan Murail, accompanied by Hugues Dufourt, Michaël Lévinas and Roger Tessier) were particularly sensitive to the limitations of traditional notation, but were not prepared to abandon it out right. On the one hand, Murail wrote:

Our conception of music is held prisoner by tradition and by our education. ... The sound has been confused with its representations, and we work with these, with symbols. Since symbols are limited in number, we quickly come up against the wall [Murail 1984, 157–158].

On the other, he also warned against abandoning what he called ‘écriture.’

Electronics opened our ears. But electronic music often suffers from an opposite excess: a lack of formalization, of ‘écriture’ or writing in the largest sense, of structuring the sonic universes that it discovers [Murail 1984, 159].

If Murail, Grisey and their colleagues contributed to weakening the dialectic relationship between the signs and sounds of art music they also worried about the consequences of abandoning notation for the transmission of their works and no doubt also for the establishment and maintenance of their authorship.³

Primary Object of Study

Our primary object of study is the introductory section (mm 1–40) of *Touch* for piano and interactive electronics (2012) by the Canadian composer Keith Hamel. *Touch* is a spectral composition based on the analysis of recordings of bells, representations of which are projected onto the piano part.⁴ A study of the

2. The development of appropriate approaches and methodologies for the analysis of electroacoustic and digital music has been on going for the past twenty-five years. See for example Clarke et al. 2020; Burle 2018; Emmerson – Landy 2016; Croupie 2015; Donin 2015; Roy 2003; Brech 1994.
3. For a discussion of these issues in the context of Luigi Nono’s late work, see Sallis [2018].
4. While working at IRCAM in the mid-1990s, Hamel became attracted to the music of Kaija Saariaho and Tristan Murail, both of whom were working there at that time. Looking back, he remembers that Saariaho’s *Lichtbogen*, Grisey’s *Partiels* and Murail’s *Désintégrations* had a strong impact on him at that time. Email message from Keith Hamel to Friedemann Sallis, 17 April 2020.

piano score and Hamel's working documents show that a series of eight bell samples constitute a scaffolding around which the composition was constructed. The bells are numbered according to the order in which they first occur in the work. For example, most of the first 40 measures of the piano part is based on bell samples I and II. Fig. 1 shows a transcription of the eight bell samples identified with Roman numerals in Hamel's sketches.

1 C - chord 1 (T Bell-C60) *ff*

2 Ab Chord 2 (tBellResAb)

3 Gb chord (TBellG55)

OR G chord

4 F high --

5 D (singleBellA)

6 Bb (TBell-G55 trans) *ff*

7 A (SecondFBell trans)

8 F low (CBell trans) *ff*

Fig. 1, Keith Hamel, transcription of spectral analyses of bells used to structure the piano part of *Touch*.

The spectral analysis and subsequent transcription of the bell sounds are used in various ways throughout *Touch* ranging from straight forward to complex mappings between the analysis and the final musical result (i.e. ordered and unordered pitch collections). For example, m. 3 shows a simple mapping of the pitches to the analysis of bell 1 (Fig. 2). Here the unique pitches of the mid and upper registers (treble clef and up) are used one-to-one from the analysis to the final version in the score (the C6 from the analysis was omitted in m.3, arguably because a C was already present). M. 5, while still a relatively simple mapping, is no longer one-to-one and already shows a more liberal use of the analysed bell material. M. 5 also incorporates more of the remaining pitches from the analysis. This trend of incorporating more pitches from the analysis into subsequent gestures continues until m. 28 where the E marks the completion of the bell 1 collection (the B is never used from the bell 1 analysis since it is so prominent in the bell 2 analysis) [Ritter 2020, 74–82].

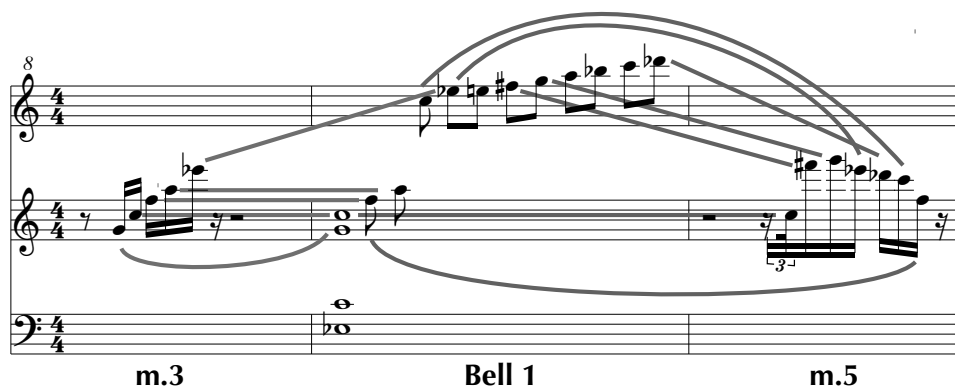


Fig. 2: Keith Hamel, *Touch*, pitch mapping, piano score, mm 3–5.

Touch is made up of two contrasting types of music that alternate regularly throughout. The first 74 measures can be described as rhapsodic, which we will call music A. At m. 75, Hamel introduces a contrasting music B (mm 75–93) that can be described as mechanical. Fig. 3 presents an overview of the content of the entire work. Note that each section of *Touch* ends with a mechanical section the pitch content of which is always based on bell VIII, suggesting a strophe/refrain configuration.⁵

5. For a detailed analysis of *Touch*, see Ritter [2020, 100–113].

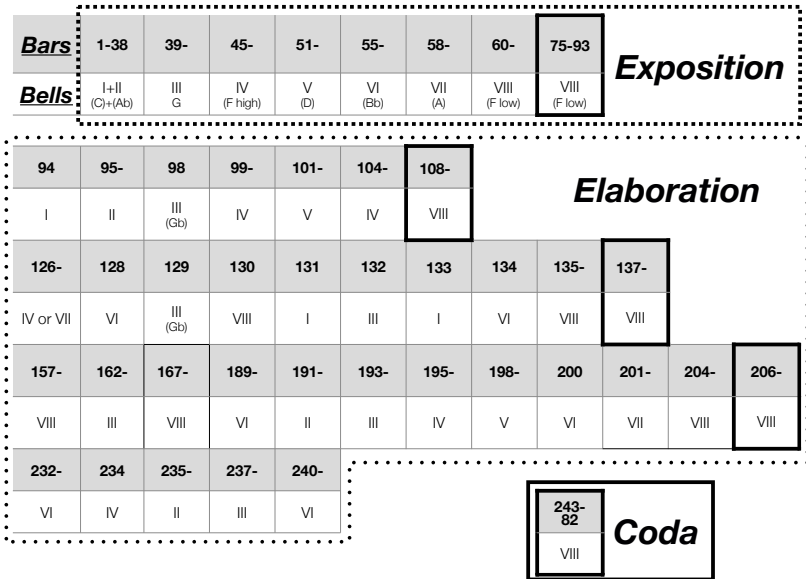


Fig. 3, Keith Hamel, *Touch*, overview of the formal structure.

Using Science to Examine Art

This project brings together an assemblage of approaches and perspectives [Born 2005, 8]: on the one hand, the traditional scholarly methods of musicology (for example the study of the piano score and the composer's working documents presented above), on the other, the scientific examination of acoustic data requiring the skills and techniques of computer science and mathematics (see below). By combining the skills and knowledge of the musicologist and the computer scientist, we hope to propose solutions to some of the issues that arise in the study of this type of music and to make a contribution to the burgeoning field of computational musicology.⁶

Multifarious links between science and art are embedded on many levels in our examination of *Touch*. Shortly before he died, Gérard Grisey noted that the

6. The term 'computational musicology' first arose in the 1960s (for a recent overview, see Anja Volk et al [2011]). In 1979 John Morehen and Ian Bent [1979, 566] surmised that computational approaches to the study of music would become a widespread and respectable part of the discipline in the foreseeable future. Though it is not difficult to cite projects that have achieved results using digital tools (see for example Zattra – Orio [2009] and Biró – Tzanetakis [2018]), which would have been far more difficult, if not impossible, using traditional methodologies, the promise of the so-called 'data-rich' approach to the study of music remains unfulfilled.

composers who invented spectral music were motivated by a utopic desire to create a musical language articulated with scientific data.⁷ A promiscuous relationship between science and art is also embedded in Keith Hamel's creative process. As Professor of the composition at the University of British Columbia, Hamel is known first and foremost as a specialist of computer music (and only secondarily as a spectralist composer). He is also an accomplished scholar, who has led numerous successful research projects.⁸ In fact, *Touch* was composed as Hamel was completing a research project entitled "Integrated Multimodal Score-following Environment" (IMuSE 2009–11) funded by the Social Sciences and Humanities Research Council of Canada (SSHRC). Although the work was not a planned outcome, the technology used in the composition is directly related to research undertaken in the IMuSE project.

For the authors of this text, the most significant link between science and art in this project exists in the *métissage* of our methodologies and perspectives that we employ in this study. Before presenting our results, it bears repeating that science and art are two very different types of knowledge. Applying scientific methodologies to examine art is a complex endeavour involving numerous issues and problems. On the one hand, scientists have to get used to dealing with the 'fuzziness' of musical concepts [Marsdan 2009, 146]. For example, the term 'acoustic glow' has been part of English discourse about spectral music for the past twenty years.⁹ The term seems intuitively appropriate for describing aspects of some spectral compositions but, as we shall see, determining what it means scientifically is problematic. On the other, the precision required for scientific rigour often leaves music as an aesthetic phenomenon behind. For the sake of accuracy, computer scientists frequently measure time in milliseconds, but millisecond measurements are not particularly helpful when dealing with the composition, performance or reception of music, which is normally made up of 'chunks' of perceivable sound, i.e. messy, uneven events that tend to be of unpredictable length, even when accompanied by a metronome or a click track.

Furthermore, the study of music, as rigorous, painstaking and erudite as it may be, is not a scientific endeavour. To paraphrase Niall Ferguson, musicologists are not scientists, and neither are music theorists.¹⁰ Over thirty years ago,

7. «Enfin, ce désir utopique d'un langage musical articulé sur des données scientifiques, rêve toujours renouvelé d'un art-science, apparente les compositeurs inventeurs du spectralisme aux artistes du Quattrocento» [Grisey 2018, 128].

8. As well as Professor in the School of Music at UBC, Hamel is an associate researcher at the Media and Graphics Interdisciplinary Centre (MAGIC) and at the Institute for Computing, Information & Cognitive Systems (ICICS).

9. To the best of our knowledge, the term appears to have been introduced by Joshua Fineberg [2000, 3].

10. «Historians are not scientists» [Ferguson 2012].

Joseph Kerman [1985, 66–67] lamented the rise of an approach to music theory that sought to be «systematic in a strictly scientific sense». At the time, he was referring to the work of Milton Babbitt, Allan Forte, Fred Lehndahl et al. who strove to develop systematic theories of music that emulated techniques in fields such as linguistics, psychology, mathematics, logic, etc. For Kerman [1994, 14–19], these claims of scientific objectivity amounted to nothing more than pseudo-scientific ideology. In contrast to Forte’s call [1986, 335] for a complete and utter separation between musicology and music theory (presumably to preserve some purported methodological purity), Kerman [1985, 154] promoted a more heterogenic, though no less rigorous, approach that involved bringing «all modes of knowledge, including the theoretical, the analytical, the historical, and the intuitive» to bear on the study of music.

We recognise that sound generated by a performer can be examined scientifically to determine its objective characteristics as an acoustic event and studied for its aesthetic significance within a piece of music, but the lenses needed for these two perspectives are not the same. Over 40 years ago, Carl Dahlhaus noted that music results from the categorical forming of an acoustic substratum and as such is a historical phenomenon and nothing else, adding that the non-historical acoustic moment is actually ‘pre-musical’.¹¹

Two Epistemological Approaches

In the following text, we present two analyses of the first 40 measures of the work based on two distinct epistemological approaches:

- 1. using prior knowledge pertaining to the object of study gained from the examination of the score and the live electronic apparatus, as well as information from the composer about his creative process;
- 2. using methods that can be applied to any piece of music without prior knowledge of the object of study. (Of course, the notion that music can be examined with no prior knowledge is a chimera. The selection of a piece for analysis entails a host of assumptions about its value, style, complexity, compositional technique, etc. We are proposing that the analyst should consciously try to avoid using this knowledge as a yardstick when undertaking an analysis.¹²)

11. «Musik sei, als Resultat einer kategorialen Formung des acoustischen Substrats, ein geschichtliches Phänomen und nichts sonst. (Das Außergeschichtliche, das akustische Moment, sei vormusikalisch)» [Dahlhaus 1975, 103–104].

12. An analogous situation arises in the study of a composer’s sketches and drafts. We need to be wary of examining this material through the lens of an already completed analysis [Sallis 2015, 173–174].

The former approach uses methods familiar to musicologists and lends itself well to our investigation of *Touch*. As well as the score, we acquired access to the electronic software and files of working documents that Hamel used to compose the work. Furthermore, Hamel himself was and remains open and available to discuss his composition. The latter approach takes its cues from the hard sciences and has much in common with the field of music information retrieval (MIR) [Müller 2015]. MIR methods are now implemented in widely used software [Lartillot et al. 2008]. Although this approach appears to offer the appeal of broad applicability, MIR methods are limited for scholarly analysis for the following reasons.

The pattern recognition features of MIR search for commonalities across a large body of music. As such they may perform well with the formulaic genres of popular music through the high-level identification of tonality and meter. However, applied in this way, these methods can tell us very little, if anything at all, about works of contemporary art music.

MIR methods have not been applied to the use of space in a composition. This is due to a general lack of attention to this aspect of popular music, and to the cost and expertise required to accurately produce and record sound fields.

That said, the notion that we could analyse a contemporary composition without the requirement for, or bias induced by, prior knowledge is an attractive proposition and we have endeavoured to do this in our second analysis.

As noted above, we present two analyses of the first 40 measures of *Touch*. The first relies exclusively on access to the digital source material used by Hamel. While one might expect that this would lead to the trivial conclusion that parts of this material appear in the recordings, our study has allowed us to better understand how Hamel uses harmonisers in *Touch*. The second analysis uses techniques inspired by MIR methods to segment acoustic data, and as such ignores prior knowledge about the piece. Examples of previous attempts at segmentation using MIR methods include the harmonic change detection function [Harte – Sandler 2006], novelty [Foote – Cooper 2003], and root-mean-square energy value in frames of audio [Lartillot et al. 2008]. The analysis presented here began with a goal to segment audio data generated by a performance of *Touch* based on the spatial diffuseness of the sound. The result of the analysis provides evidence of the ‘acoustic glow’ in spectral music referred to by Fineberg [2000, 3] and Auner [2013, 245].¹³

13. The term ‘acoustic glow’ applied to the descriptions of spectral music has been part of North American discourse on this topic for the past two decades and may not be familiar to readers outside of that cultural space. Introduced by Fineberg (2000, 3), the term was widely disseminated in Auner’s textbook on music of the twentieth and twenty-first

The Study of Performance

If a great deal about *Touch* can be learned from a careful study the piano score and the composer’s working documents (see above), we estimate that approximate half of the work experienced in performance escapes our scrutiny because this music can only partially be consigned to conventional notation. Consequently, in our study we are not examining the work as an aesthetic object, hovering precariously somewhere outside of the real world. On the contrary, we are dealing with specific instantiations of the work, recorded over a period of three days (16–18 December 2017) in the Eckhardt Gramatté Hall (EGH), a 384-seat concert hall located in the Rosza Centre at the University of Calgary (Fig. 4a) and the performance space at the National Music Centre (NMC), Calgary (Fig. 4b).



Fig. 4: Panoramic views of the two performance venues: (a) the Eckhardt Gramatté Hall (University of Calgary). and (b) the performance hall at National Music Centre (Calgary, Canada).

Touch was performed by pianist Megumi Masaki, with the composer managing the computer and electronics.¹⁴ A performance of this work requires a piano on stage and eight loudspeakers surrounding the audience in a planar, circular formation. Signals to the loudspeakers are mixed from an audio interface controlled by a computer. The sound of the piano is heard directly by the audience but is also mixed into the processed electronic sound production via two microphones connected as inputs to the audio interface. The electronics prominently features a set of 187 unique bell samples. The audience hears the processed piano and samples distributed spatially by the loudspeakers and blended with the sound of the piano on the stage. For this paper we examine only the first 40 measures, or approximately the first 170 seconds of the 15 to 16-minute performance. This

centuries (2013, 245). Since then, the term has been used by numerous authors, notably Amy Bauer.

14. Interested readers may listen to several recordings of *Touch* available on YouTube (e.g., at <https://youtu.be/FXOVDHZSR7Q>). Note that the YouTube recordings cannot convey the full experience of a live performance, and especially lack any of the spatial components of the piece. Viewers of the video will also see the interaction with the piece by the pianist through a camera mounted above the piano keyboard (first occurrence at m. 41).

choice conveniently exposes the first two of the eight bell samples, labelled T Bell-C60 and tBellResAb by the composer.

Ambisonic Recording

To collect our audio data, we used an mh acoustics Eigenmike em32 (mh acoustics 2018): a 32-element microphone, with the elements distributed over an 84mm-diameter spherical surface. A common approach to processing data from spherical microphones is to use ambisonic methods to project the microphone data onto spherical harmonic components [Rafaely 2015]. This enables one to interpolate signals for arbitrary positions on the sphere. For ambisonic computations, we used Politis’s High Order Ambisonics Library [2015]. The following summary is a simplified extract from Politis [2016]. Let x_Q be the Q signals from the microphone elements, one element/signal per row. Then

$$a_N = M_{enc} x_Q \quad (1)$$

where a_N is the array of N^{th} -order ambisonic signals, and M_{enc} projects the signals in x_Q onto spherical harmonic components up to N^{th} order (N is a non-negative integer). In ambisonic jargon, a_N is referred to as the *B-format*. In general, a_N has $(N+1)^2$ ambisonic signals (corresponding to each of the spherical harmonic components up to and including N), and $(N+1)^2$. For the em32, $Q=32$, so $N \leq 4$.

From the ambisonic signal, one can interpolate signals at arbitrary positions on the sphere for analysis or sound reproduction. Let S_L be an array of L interpolated signals, then

$$S_L = M_{dec} a_N \quad (2)$$

where M_{dec} is known as the decoding matrix. For reproduction, one selects M_{dec} to correspond to L loudspeaker positions, or one can choose arbitrary directions as suited to a particular analysis. For example, in the bell detection below, we compute a_4 , and from there compute s_{100} for 100 directions in a nearly uniform distribution around the sphere.

The process may be summarised as interpolation on a sphere. As a simple analogy (one that ignores the acoustic interactions between the sphere and sound field within which it sits), ambisonic interpolation is equivalent to estimating the elevation of points on the planet from the elevations of a handful of cities distributed around the globe. The cities we know are the microphone elements (x_q), and the result is our estimates of arbitrary locations. The intermediary B-format (a_N) is the mechanism we use to make the interpolation. This makes clear

the coarseness of the information — if you know the elevations at Los Angeles and New York, you know nothing about the Rocky Mountains in between. All recordings were done at a sample rate of 44,100Hz.

Pitch and Frequency

Our goals are musicological. Therefore, we prefer to deal with pitch (the perception of sound frequency) rather than frequency. Nevertheless, for the purposes of signal processing, we do need to use frequency. Throughout this paper, we refer to pitch, p , using MIDI units. This gives us a numerical pitch scale that conveniently maps the notes on an equal temperament scale and an enumeration of the keys on a keyboard. Where we need to map between pitch and the frequency, f , of a sound, we use the well-known equations below:

$$p = 69 + 12 \log_2 \left(\frac{f}{440\text{Hz}} \right) \quad (3)$$

$$f = 2^{(p-69)/12} \times 440\text{Hz} \quad (4)$$

Analysis 1: The Hallucinogenic Belfry

Touch is about bells — Hamel uses the spectra of eight bell samples as the compositional scaffolding for the piece. In addition, he uses 187 unique bell samples in the electronics (214 samples less 27 duplicates that differ only in the duration of their sustained sound). The bell samples are organised by timbre and pitch through a file-naming system developed by the composer, using the following timbre groups: cBell, tBell, brassBellDry, glock, tBellRes, and grain. For example, the file name 012-cBell60C.aif indicates sample number 12, which has the cBell timbre, and a nominal pitch of 60 (MIDI units), corresponding to middle C. The class marked ‘grain’ is distinct in that the samples are produced through granular synthesis to create a sonic texture.

In the first 40 measures, Hamel uses only two of the scaffolding bells — T Bell-C60 and tBellResAb. In the same passage, the electronics employ four of the 187 samples: cBell60C, cBell54G#, grainCBell, and grainAbBell. We ran the electronic portion of *Touch* outside of a performance to establish when specific bell samples were triggered, which provided us with a ground truth for later comparison, i.e., this recording tells us if we have detected the bells that we know the electronics should have triggered. However, the temporal position of these bells in the plots is only approximate — the progression of the electronics is regulated

manually in performance to match the tempos and *rubato* of the pianist. Furthermore, the piece begins with a one-measure rest of ten beats the beginning of which cannot be precisely detected — we can only hear the beginning of sound at m. 2 (which then enables us to extrapolate the formal start of the work).

Initially, we analysed the recorded music by looking for the bells, which should occur according to the ground truth. While this is of some interest, particularly in later passages of *Touch* that simulate change ringing patterns, we decided to modify our approach and looked for all 187 bell samples, in all directions in each of the four recordings (two from the Eckhardt-Gramatté Hall and two from the National Music Centre).

Methodology

To do this, we choose a set of 100 directions distributed approximately uniformly over a sphere using a Matlab library by Semechko [2018]. The choice of 100 is a compromise — it over-samples the em32 data to provide enough points for a useful visualisation and analysis, while keeping the computation time manageable. To get the 100 signals, we use Equation (1) to compute a_4 (the 4th-order B-format ambisonic representation), then interpolate using Equation (2) to get S_{100} , the signals for the 100 selected directions.

Although the bell samples can be several seconds in length, we use only the first 0.5s, or 22050 *samples* based on the assumption that the bell attack would provide for optimal waveform matching. A normalised, one-dimensional cross correlation (implemented with a discrete Fourier transform) yields a measure of the match between a bell and an interpolated signal as a function of time. This is effectively a bank of matched temporal filters, i.e. one filter per bell. Normalisation gives a value of 1 to an identical match, while 0 indicates no match. We down-sample the cross-correlations by computing the root-mean-square (RMS) value at 0.01s, 441*sample* chunks. Fig. 5 and Fig. 6 show plots of the RMS cross correlation values, for both venues, seven example bells, in 100 interpolated directions.

Peaks in Fig. 5 and Fig. 6 show when a particular bell sound begins. While it is not possible to see the direction of arrival on the plots, it is clear that the matches are stronger (louder) for some directions than for others. To find the peaks and the maximal direction, we use a dynamic threshold computed as follows. An ordinal filter finds the maximum value in each of the 100 signals over a 101*sample*, $\pm 0.5s$ window. The threshold is the maximum of that ordinal filter output taken across all directions and multiplied by 0.95. Consequently, we look only at RMS values that exceed 95% of the maximum value in any direction in a

1s window. Figs. 5 and 6 show the dynamic threshold as a black line and is distinguished by its plateau regions around local maxima in the signals.

To characterise a bell detection, we look at each RMS sample that exceeds the thresholds specified above, and record the following properties:

- the recording name in which the bell was detected,
- the venue in which the recording was made,
- the time the bell occurred (in seconds from the beginning of the recording),
- the bell number from Hamel’s numbering system,
- the RMS value of the peak,
- the direction in which the bell was detected (both as directional cosines, and as azimuth and elevation angles), and
- the directional statistics [Mardia – Jupp 2000] mean resultant length, spherical variation, and sample variation for the set of virtual microphones for which the RMS signal exceeded thresholds.

The directional statistics serve to verify that the bell detection is directional. If the mean resultant length is large (approaches unity), and the spherical and sample variations are low, then we know the bell sounded from the recorded direction. Since a single bell event may exceed thresholds for multiple samples, we remove adjacent detections so that we record each bell only once. Note that this step is confounded by the samples with long sustains — we see multiple detections for single bells when the sustain is long. We save the records of bell events into a comma-separated-value file for the subsequent analysis.

Results

The method described above detected 11,973 bell events over the four recordings in two venues, or approximately 3000 bell events per recording. An inspection of the directional statistics for the bell events verifies that they are indeed directional, as we would expect from Hamel’s use of space through an eight-speaker planar array.

Figs. 7abcd shows plots of pitch versus time for bell occurrences in the first 40 measures of touch. Although we have data for four recordings, to save space, we show in only two, one from each of the Eckhardt-Grammaté Hall and the National Music Centre. While the data for the other two recordings varies slightly, the data presented is representative of the entire set of recordings. These plots show the ground truth bell events. Figs. 8ab shows the directions of the detected bell occurrences over the same period.

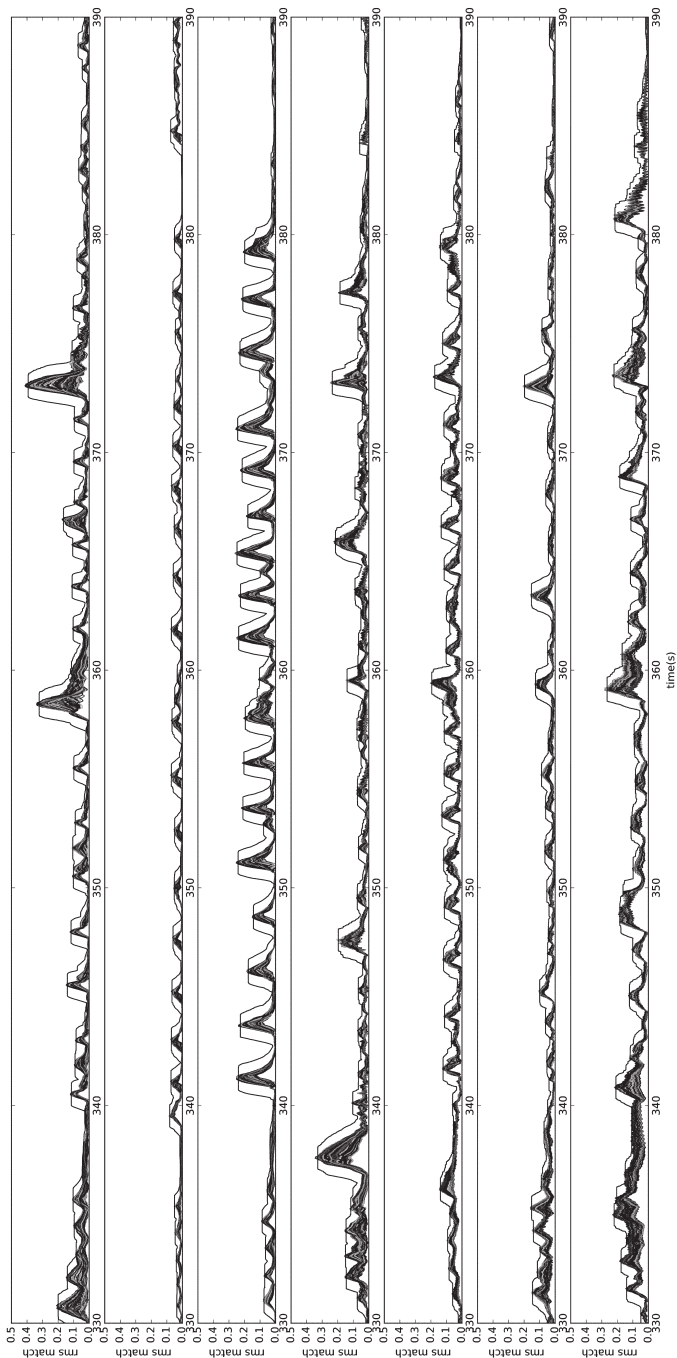


Fig. 5: Bell match signals for seven example bells (from 187) as a function of time for 100 randomly selected positions on the sphere for the Eckhardt Gramatté Hall recording. One plot for each bell, 7 bells total. The black line indicates the automatically computed threshold used for directional plots.

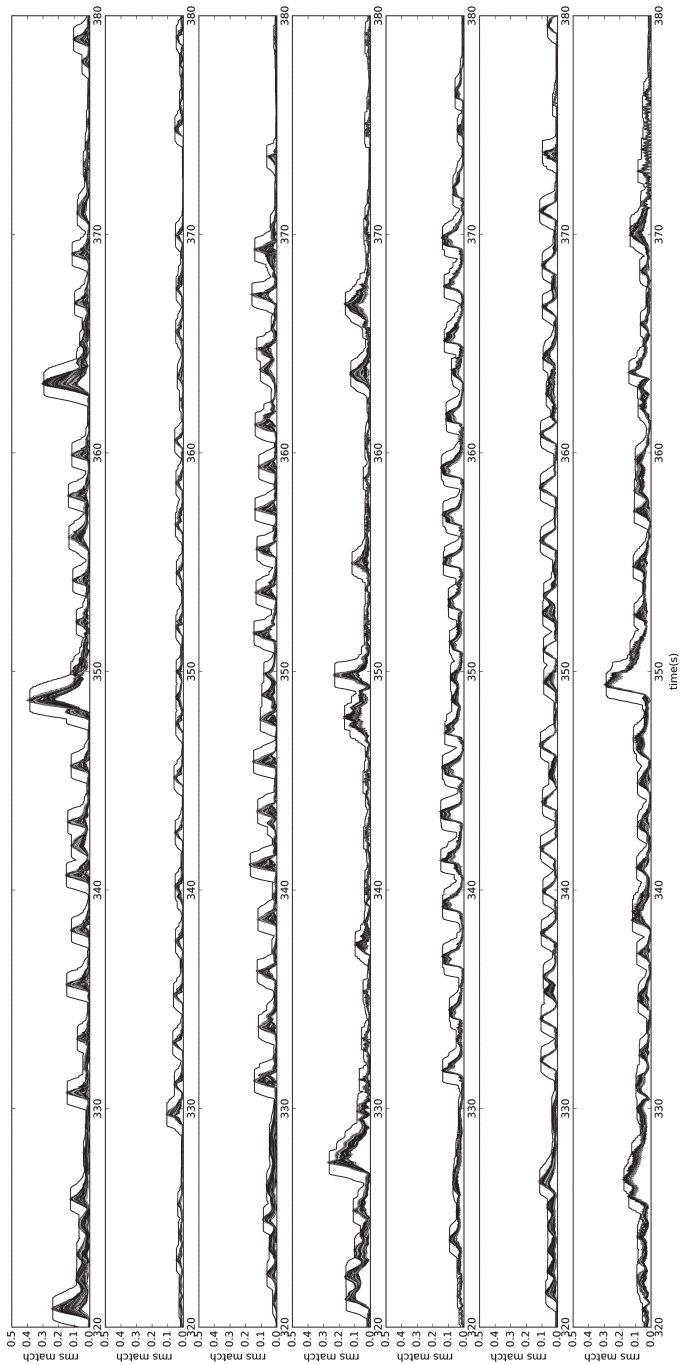
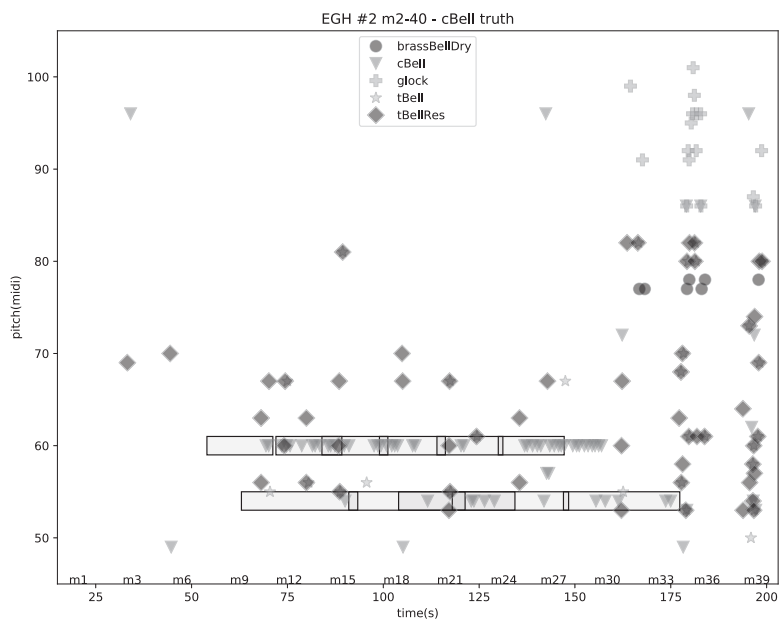
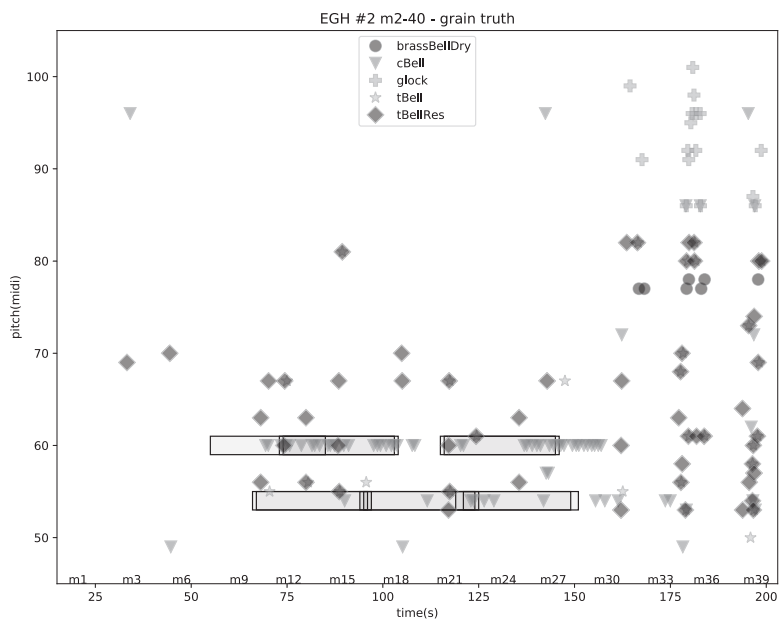


Fig. 6: Bell match signals for seven example bells (from 187) as a function of time for 100 randomly selected positions on the sphere for the National Music Centre recording. One plot for each bell, seven bells total. The black line indicates the automatically computed threshold used for directional plots.



a)



b)

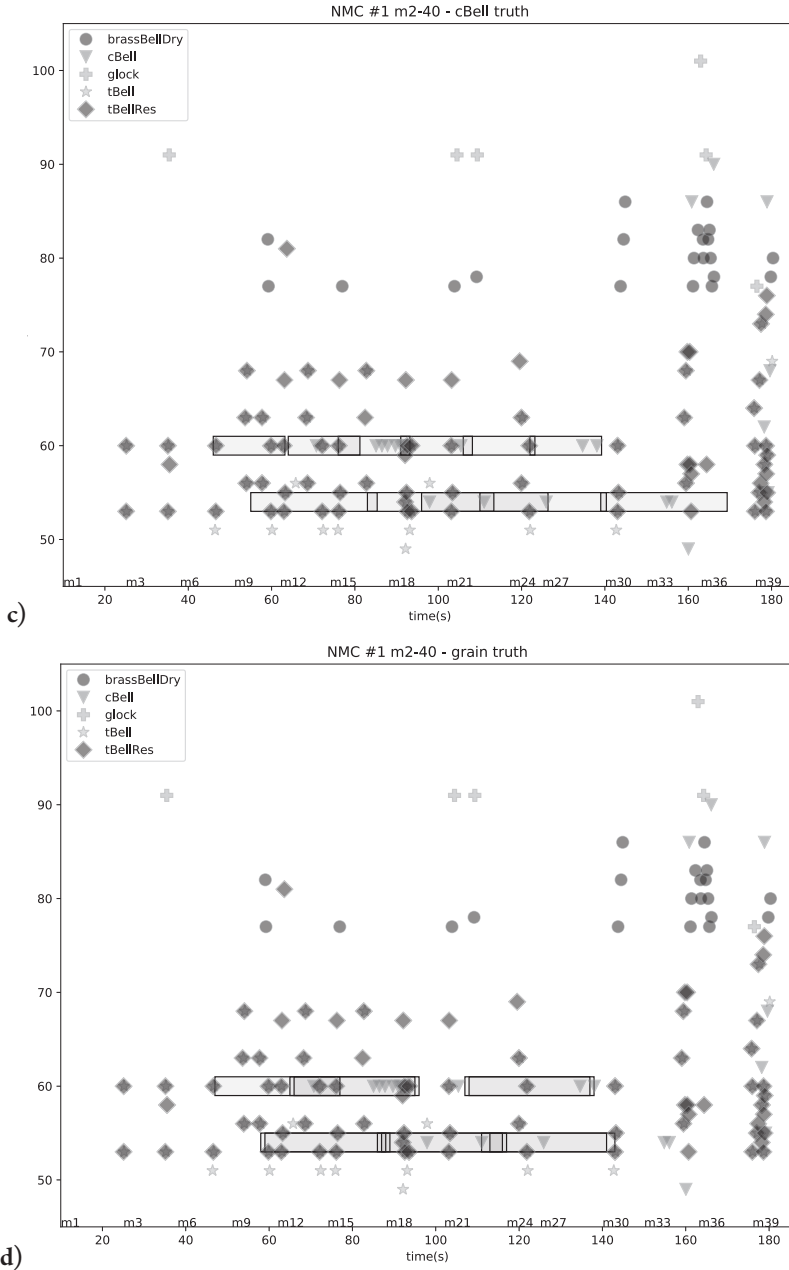


Fig. 7: Temporal plots of detected bell occurrences in the first 40 measures of Touch. Plots show ground truth for the cBells (a,c) and grain bells (b,d). Plots (a) and (b) are for the Eckhardt-Gramatté Hall, while plots (c) and (d) are for the National Music Centre. Shapes in the plots indicate Hamel's bell classes as noted in the keys. Annotations at the bottom of the plots indicate measure numbers. EGH2 and NMC1 in the plot titles refer to authors' labels for the recordings.

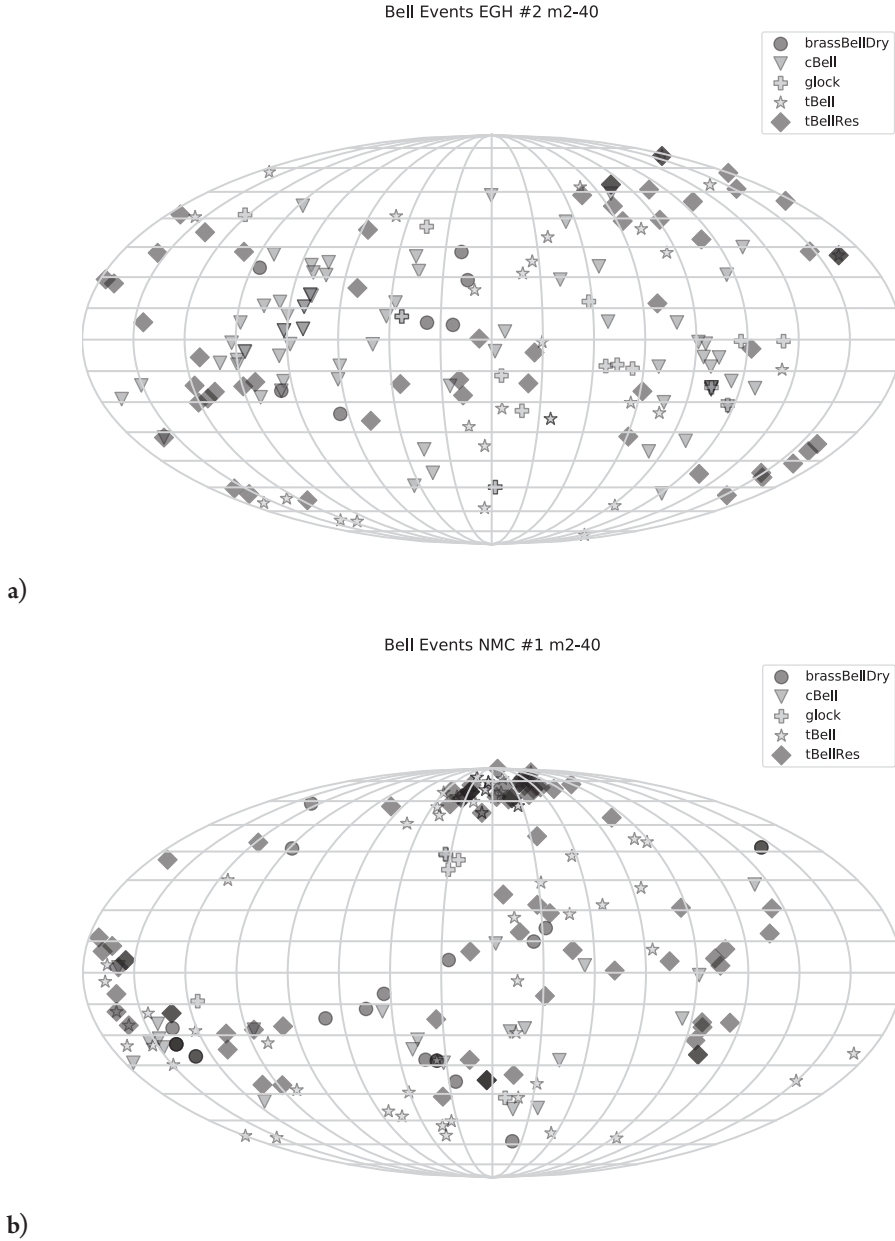


Fig. 8: Scatter plots showing the spatial distribution of detected bell occurrences in the first 40 measures of *Touch*: (a) for the Eckhardt-Gramatté Hall and (b) National Music Centre. The plots use the Mollweide equal-area projection to show spherical directional data on a plane. Shapes in the plots indicate Hamel's bell classes as noted in the keys. EGH2 and NMC1 in the plot titles refer to authors' labels for the data sets.

Discussion

The directional scatter plots (Fig. 8) show a difference between the Eckhardt-Gramatté Hall and the National Music Centre. Many of the bell occurrences in the National Music Centre gather at the upper pole of the plot, i.e. the sound ends up in the ceiling. This does not occur in the Eckhardt-Gramatté Hall. We are not acoustic experts, but we attribute this to resonances in the atrium of the National Music Centre that occur for the pitches of the tBell and tBellRes bells. This is not to say that the acoustic design of the National Music Centre has failed, but it does not work well for this particular aspect of *Touch*.

One glaring observation from Fig. 7 is that there are many more bells detected than are actually sounded by the electronics. The first explanation comes from the method used to detect bells. We looked for occurrences of the attack of the bell samples. However, when a bell has a long sustain, or with the sustained texture of the grain bells, we see multiple detected occurrences. These are presented as collections of occurrences cBell and tBellRes at or near MIDI pitches 60 (C) and 56 (A-flat).

The second explanation comes from an investigation of the vertical groups of bell occurrences, in particular those between mm. 31 and 39. Vertical groups may be interpreted as they would in a conventional score — they are the result of chords and rapid arpeggios. Indeed, these arpeggios occur in the piano score, although not only at mm. 31 through 39. A listener of the recordings at these times will note bell-like sounds at the pitches detected by our software, but we know from the ground truth that no bell samples occurred. Correspondence with Hamel and an inspection of the electronic score revealed what is happening. Hamel applied harmonisers to the signals coming from the two microphones at the piano. then played the modified piano signal through the surround speakers. The electronics steps through series of presets in a predetermined order shown in Tab. 1. Each preset has a pair of pitch shifts, one up and one down. Shift values range from no shift (the sound is unaltered) for preset 1, increasing in magnitude to -150cents and 118cents for preset 5. Over the first 40 measures, *Touch* moves through these five presets in order.

PRESET	SHIFT (CENTS)	SHIFT (CENTS)
1	0	0
2	-9	11
3	-39	34
4	-53	76
5	-150	118

Tab. 1: Harmoniser presets used by Hamel in *Touch*. Shift units are in *cents*, or hundredths of a semitone.

The effect of the harmoniser is to shift partials in the piano spectrum in a manner similar to Jean-Claude Risset’s bells [Puckette 2007, Dodge – Jerse 2007, 103–107]. As a result, the timbre of the piano is modified to resemble the timbre of a bell before being reproduced in the speaker array. The preset schedule of increasing harmoniser shifts acts as a crescendo of bell timbre from the piano so that at the end of the crescendo, the piano and electronics have tricked both the listeners’ ears and our software into hearing bells. The sound of the piano and the bell samples gradually converge creating a unity of sound, which we describe as the hallucinogenic belfry into which the composer invites the audience to enter. As it is made up of the acoustic sounds of the piano and the processed sounds of the live electronic apparatus, this space is neither entirely real nor completely virtual. This is where the musical work takes place. The function of the first 40 measures of *Touch* is to acclimatise the audience to this environment.

Analysis 2: Acoustic Glow

The term acoustic glow shows up frequently in discussions of spectral music. For example, in a discussion of “spectralism and its resonance”, Auner states that

The often-noted quality of “acoustic glow” associated with many Spectralist works results from the close coordination of harmony (produced by the combination of individual pitches) and timbre (produced by the weighting and combination of overtones) [Auner 2013, 245].

Although the claim “often-noted” is unattributed, we believe the term originates with Fineberg:

... that the basic sonic image is often sonorous and resonant giving the music a sort of acoustic glow that comes from the coherence — in the domain of frequencies — of the different constituent pitches; ... [Fineberg 2000, 3].

While the definition of acoustic glow lacks precision, the term adequately captures the experience of listening to spectralist compositions, especially in live performance where the experience includes the acoustic properties of the venue.

In this section, we propose a diffuseness image that decomposes the diffuseness of the measured sound field in time and pitch. The result is an analysis of *Touch* that reveals the spatial and spectral interactions that we believe are evidence of acoustic glow, and demonstrates a case of scholarly analysis of music based primarily on recordings of live performances, supported by the score and the composers notes.

Methodology

Our process to examine the spatial content of a performance is as follows:

- Begin with an ambisonic recording of the performances of interest.
- Compute the degree of diffusion image, $\psi(t, p)$ for slices in time, t , and pitch p .
- Identify low-diffuseness events, local minima in $\psi(t, p)$.
- Plot and analyse the positions of low-diffusion events.

Martellotta [2013] describes the calculation of the degree of diffusion, ψ , a measure of diffuseness of sound measured by an ambisonic microphone.

Values for ψ range between 0 and 1, where 1 corresponds to diffuse sound and 0 to sound localised in terms of direction. As a by-product of computing the degree of diffusion, we can also compute the relevant azimuth, θ , and elevation, ϕ , of the sound direction when ψ is low. Diffuseness varies over time and pitch. In fact, if we do not isolate narrow pitch bands, we detect diffuseness with a broad spectrum — this is contrary to expectations from the composer’s goals, physical apparatus, and first-hand listening experience. We therefore define a degree of diffusion image, $\psi(t, p)$ where t indicates the beginning of a window for time averaging in Eq (9), and p is the centre pitch of a bandpass filter (defined in MIDI pitch units, converted to frequency with Equation 4), applied to the recorded signal before encoding.

In what follows, we sample ψ at 10Hz, so with a sample rate of 44100Hz the window length is 4410, and the i^{th} window begins at $t=i/10$. We sample in pitch with first-order Butterworth bandpass filters with cut-off frequencies at $p-1/2$ and $p+1/2$, and sampled in steps of 1/2 over $55 \leq p \leq 100$. Although the score of *Touch* contains pitches with $p < 55$, we do not go lower because in the subsequent analysis we found almost no low-diffuseness events below $p=60$ (likely due to long wavelengths at those frequencies when compared to the diameter of the microphone). Fig. 9a shows $\psi(t, p)$ for the first 40 measures of *Touch* recorded in

the Eckhardt-Gramatté Hall. Dark regions show when, and at what pitch, there is a sound that is not diffuse, i.e., has a distinct direction.

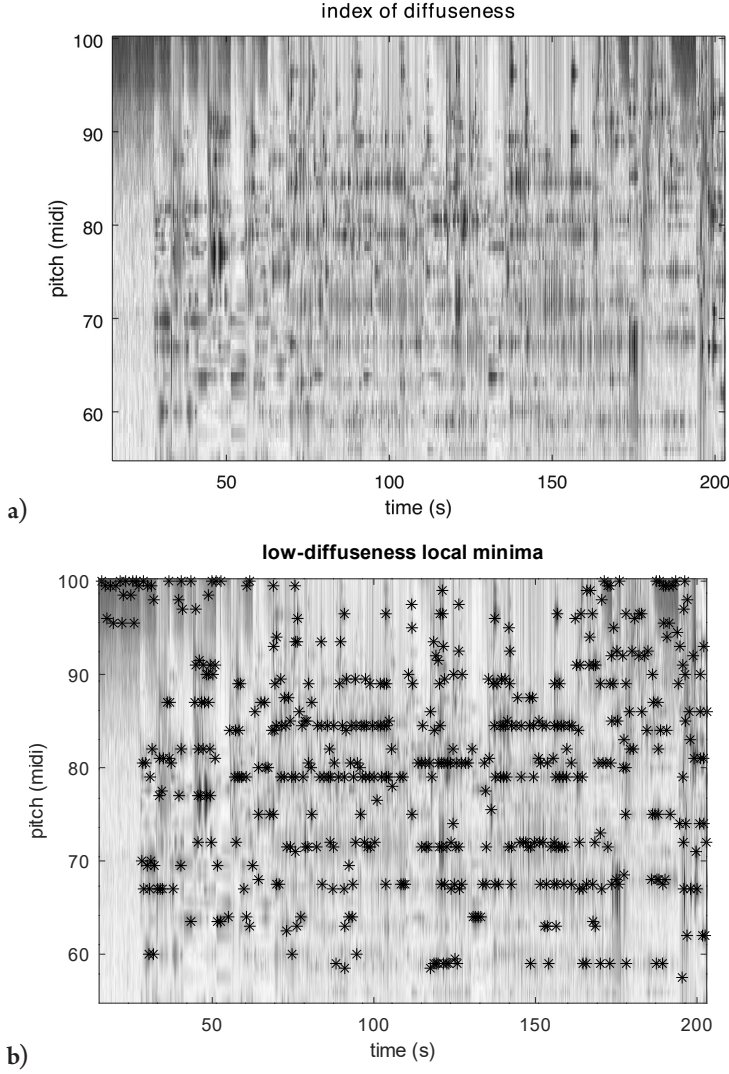


Fig. 9: Images showing the diffuseness in the first 40 measures of a recording of *Touch* captured in the Eckhardt-Gramatté Hall. White corresponds to $\psi=1$ while black is $\psi=0$. The horizontal axis is time in the recording (in seconds) while the vertical axis is pitch (in MIDI units). Plot (a) shows the diffuseness image, and (b) shows the locations of local minima overlaid as asterisks. The region for establishing a local minimum is $1.1s$ (central pixel ± 5 pixels at $10Hz$) and 2.5 MIDI pitch units (central pixel ± 2 at 0.5 MIDI pitch unit steps).

To automatically identify low-diffuseness events we search for local minima in $\psi(t, p)$. The tuple (t, p) represents the location of a low-diffuseness event when

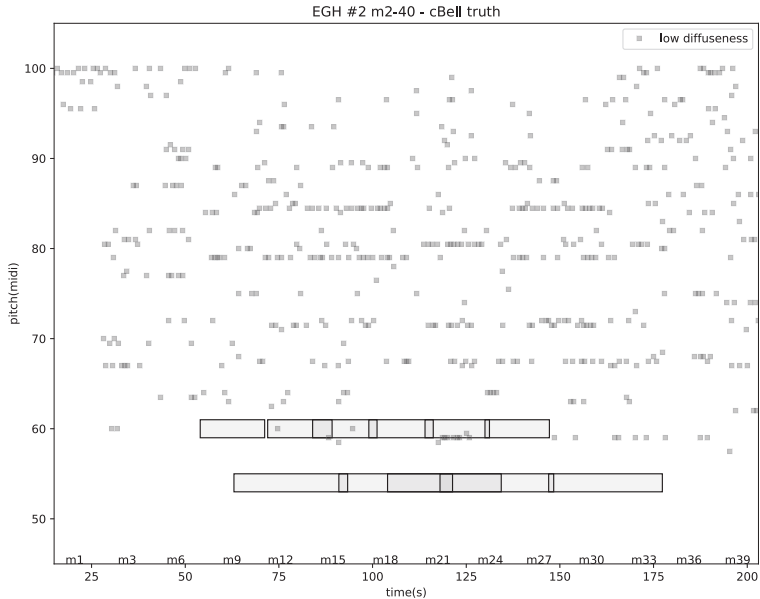
$\psi(t_i, p_i) \leq \psi_t$ and $\psi(t_i, p_i) = \min(\psi(t, p))$ for all $|t_i - t| \leq \Delta t$ and $|p_i - p| \leq \Delta p$, i.e. $\psi(t_i, p_i)$ is a minimum within a window with half-widths Δt and Δp . ψ_T acts as a threshold to reject local minima where the diffuseness is high. We choose $\psi_T = 0.5$, $\Delta t = 0.5s$, and $\Delta p = 2$. Fig. 9b shows the detected events for these parameters. ψ_T , Δt and Δp are tuneable. Raising ψ_T detects more events, but with higher diffuseness values (and therefore less important). Larger values for Δt and Δp tend to reject shorter events with narrow bandwidth, while smaller values are more sensitive to spurious local minima. After identifying low-diffuseness events, we extract several properties including time, pitch, ψ , θ , and ϕ . Finally, we saved recording meta data and event information from four complete recordings of *Touch* in two venues, to a comma-separated-value file for subsequent analysis.

Results

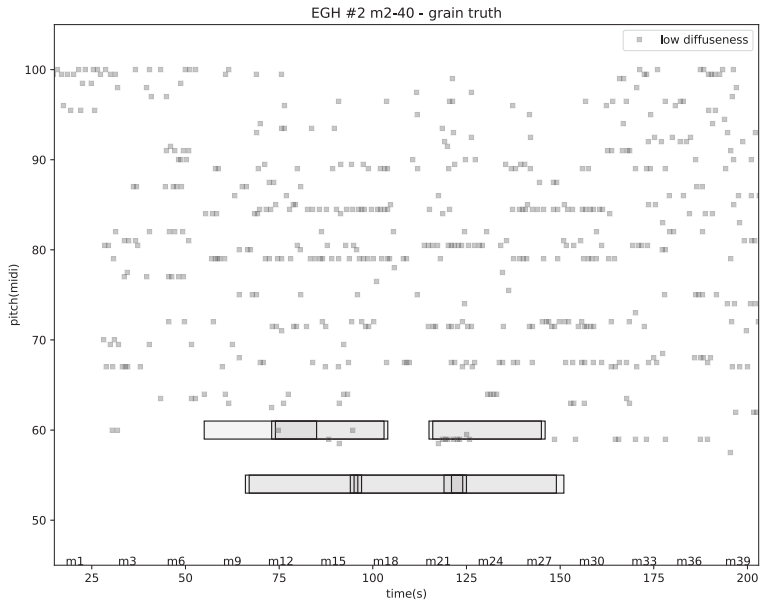
Fig. 10 shows the occurrence of low-diffusion events over the first 40 measures of *Touch* for two recordings in two venues. The plots include the ground truth for the use of bell samples in the performance. While there are several types of bells used in *Touch*, only two types occur in the first 40 measures, labelled by Hamel as CBell and grain. The latter provides a sonic texture derived from a bell sample through granular synthesis. These bells occur at two pitches, C ($p=60$) and A-flat ($p=56$) to match the scaffolding pitches previously mentioned. Tab. 2 summarises the largest peaks from the spectra of the four samples. Fig. 11 shows the direction for the low-diffuseness events in Fig. 10.

SAMPLE	LARGEST			SMALLEST		
cBell60C	(71.6,1.00)	(60.0,0.89)	(84.6,0.14)	(47.9,0.14)	(87.3,0.12)	(63.0,0.11)
cBell54G#	(56.0,1.00)	(67.6,0.57)	(59.0,0.41)	(80.6,0.12)	(43.9,0.09)	(83.3,0.09)
grainCBell	(84.6,1.00)	(60.1,0.90)	(71.7,0.49)	(63.1,0.39)	(79.1,0.31)	(67.4,0.27)
grainAbBell	(59.1,1.00)	(67.5,0.36)	(55.9,0.29)	(80.7,0.21)	(71.6,0.07)	(72.7,0.07)

Tab. 2: Spectral peaks in bell samples in first 40 measures of *Touch*. Peaks recorded as (pitch, relative power), where pitch is in MIDI units, and relative power is the ratio of the power at the spectral peak to the maximum power in the spectrum. These values are based on a maximum entropy spectrum of the first 5 seconds of each sample. Sample names are from Hamel’s file names.



a)



b)

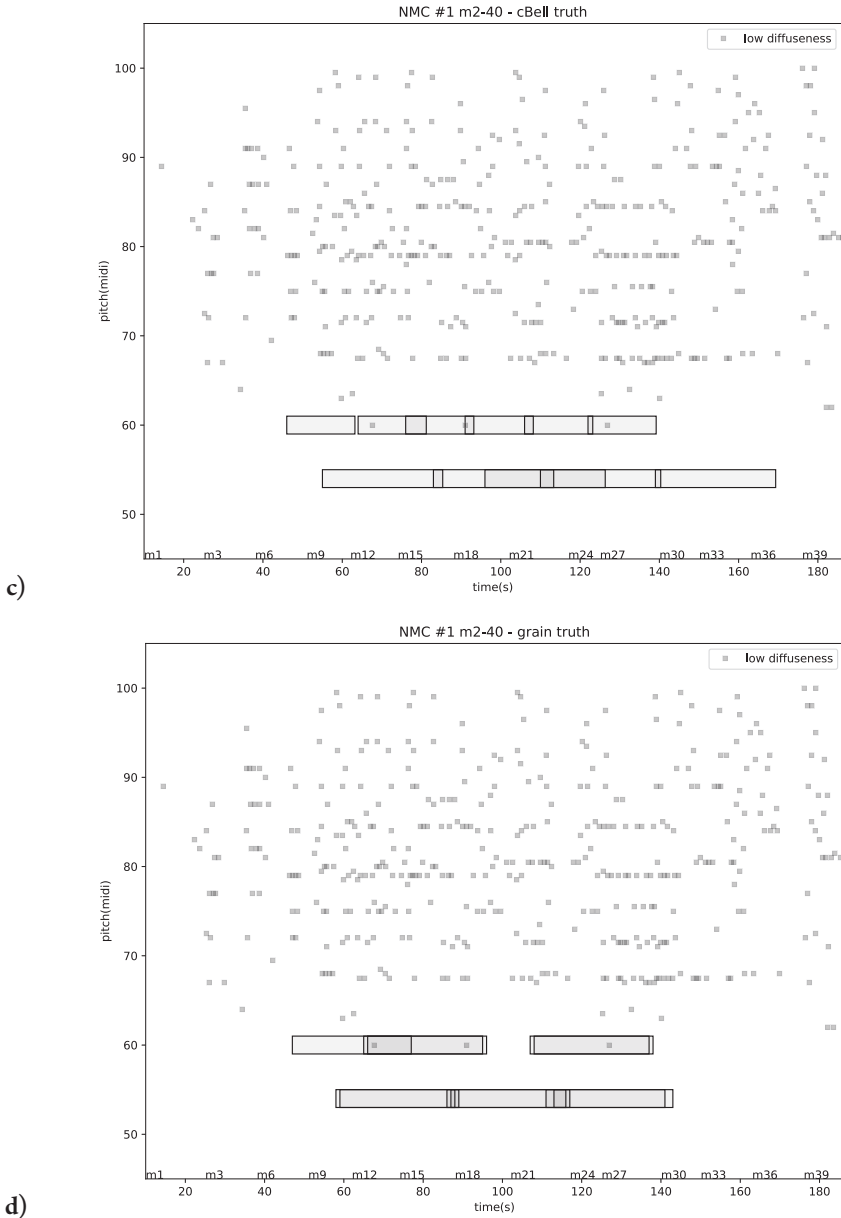


Fig. 10: Low-diffuseness events detected in the first 40 measures of Touch. Plots show MIDI pitch of event as a function of time with the measure number annotated approximately along the bottom. (a) and (b) show a selected recording in the Eckhardt-Gramatté Hall, while (c) and (d) show a recording in the National Music Centre. Plots (a) and (c) show the ground truth (time approximate) for electronically triggered cBell samples (shaded boxes), while plots (b) and (d) show the ground truth for grain bell samples (shaded boxes). Annotations at the bottom of the plots indicate the measure numbers. EGH2 and NMC1 in the plot titles refer to authors' labels for the recordings.

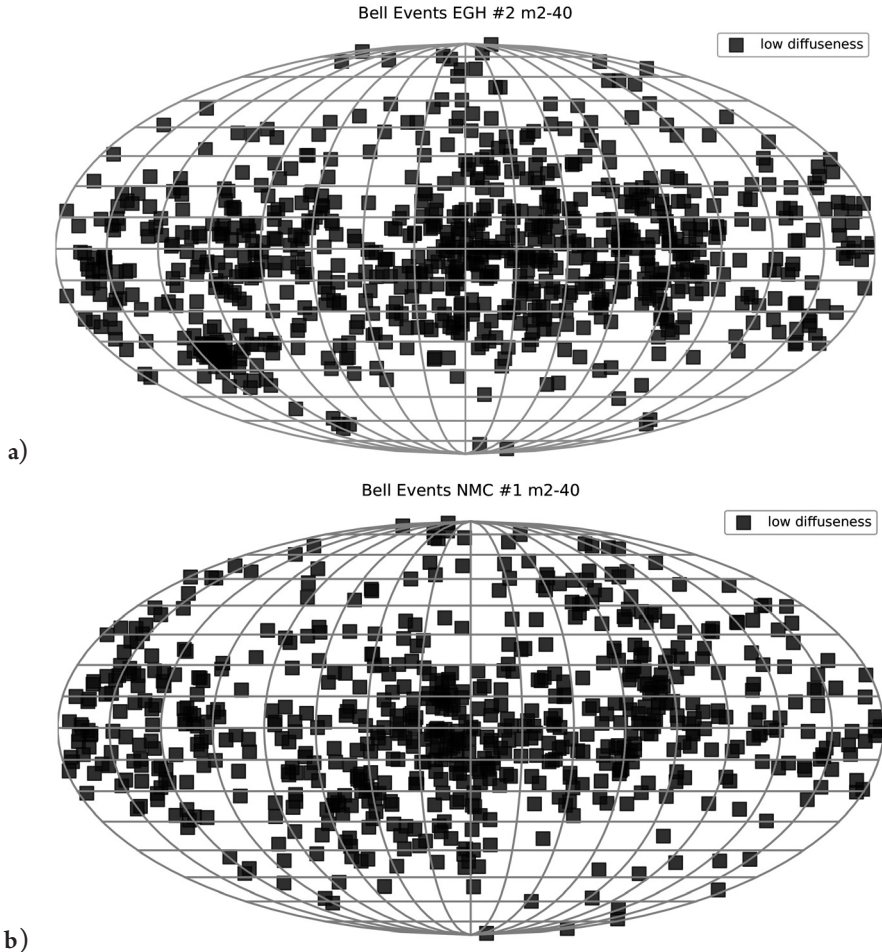


Fig. 11: Scatter plots showing the directions of low-diffuseness events in two recordings of *Touch*: (a) first venue, and (b) second venue. The plot uses a Mollweide projection where the equator is the horizontal plane centred on the microphone and the central meridian faces the stage.

Discussion – General Observations and Evidence of ‘Acoustic Glow’

Our diffuseness-image method detected between 3297 and 3524 low-diffuseness events in each of four recordings (two in each of two venues). In the first 40 measures, we found between 418 and 513 events in each of the same recordings. The recording from the first venue stood out as having more events (see discussion that follows).

Touch produces sound from only two sources: the piano and the speakers. We know from the software that sound from the speakers consists of sound from the piano (via the microphones, and possibly modified), the set of bell samples, and some synthesised sounds. Other sound picked up in the recording is due to interactions with the venue.

It is important to note that the diffuseness image does not indicate the loudness of non-diffuse sound. When listening to and watching the video visualisation, it is clear that not all low-diffuseness events are loud, and many may not be audible. For example, at the beginning of the recording in the Eckhardt-Gramatté Hall, we detect low-diffuseness events at $p \approx 100$ (2637Hz or E7). These begin before the first audible sound in the piece, a C2 ($p=36$), and show up throughout all recording in this venue. They have a broad pitch range and may extend higher than $p=100$ — we did not measure the diffuseness at higher pitches. We cannot attribute these events to any part of *Touch*, and they are not audible in the recordings. These same events account for most of the higher event count for recordings in the Eckhardt-Gramatté Hall. We suspect but cannot verify that these events may be coming from some machinery either in the venue or the live electronic apparatus that was not far from the microphone.

It is clear from the time plots that low-diffuseness events do not occur for pitches below $p \approx 60$. Of 13,434 low-diffuseness events in four recordings of *Touch*, we found only 95 with $p < 60$. This behaviour is consistent with the performance of the ambisonic microphone.

The directional scatter plots in Fig. 11 show that most of the low-diffuseness events are clustered about the equator — mean value of $\phi = -1^\circ$ (standard deviation 26°). This is consistent with the position of the planar eight-speaker surround used in the performances.

The time plots in Fig. 10 appear to show horizontal segments that suggest some pitches occur more frequently than others. To verify this, we compute histograms of the low-diffuseness events, binned by pitch (bin width is one MIDI unit). We then sort the bins in descending order. Tab. 3 shows the top bin counts for both recordings presented here, accounting for just over half of all events. We observe four dominant groups of pitches that correspond to peaks in the spectra of the bell samples:

- $p=84$: occurs in cBell60C and grainCBell,
- $p=79,80$: occur in cBell54G#, grainCBell, and grainA♭Bell,
- $p=71,72$: occur in cBell60C, grainCBell and grainA♭Bell, and
- $p=67$: occurs in cBell54G#, grainCBell, and grainA♭Bell.

From this we conclude that the spectral peaks in the bell samples play a significant part in the spatial perception of *Touch* – Hamel places the bells in space with the surround speakers, and we see that in the low-diffuseness events.

ECKHARDT-GRAMATTÉ HALL		NATIONAL MUSIC CENTRE	
PITCH	COUNT	PITCH	COUNT
84	49	79	40
67	45	84	38
79	41	67	37
80	35	80	29
71	29	75	28
89	29	71	23
72	19	89	23
100	19		

Tab. 3: The most common pitches (in MIDI units) of low-diffuseness events in the first 40 measures of *Touch*. These events account for just over half of all the events detected.

Fineberg does not provide a definition that allows us to formulate a rigorous experimental test for the presence of acoustic glow. This presents a challenge when determining whether the collection of low-diffuseness events coordinated with the composer’s spectral scaffolding is sufficient evidence of this phenomenon. In lieu of experimental rigour, we turn back to Fineberg’s statement [2000, 3] which includes phrases such as: «richness of the overall texture and color», «often sonorous and resonant», and «comes from the coherence ... of the different constituent pitches». Although a diffuseness image resembles a spectrogram, it should not be interpreted the same way. Whereas both decompose sound in time and pitch/frequency, the diffuseness images tell us about direction, not sound energy. That said, we can address some of the characteristics of Fineberg’s acoustic glow.

We cannot definitively claim to see “richness” of “texture and colour” from our analysis. We interpret texture and colour as properties related to timbre, or an emergent timbre that is a result of orchestration. The diffuseness image does not convey timbre. Our data does show “sonorous and resonant” characteristics of *Touch*. We see the partials of the bell source material clearly in the low-diffuseness events plotted in Fig. 10, and the scatter plots in Fig. 11 and the supplementary videos show that these partials change direction in an effervescent manner. One may reasonably interpret this to be sonorous and resonant. Finally, our data shows coherence in the pitches. The coherence stems from the relationship between the pitches of low-diffuseness events and the frequencies of spectral

peaks in the source material. While sounds other than bell samples contribute to low-diffuseness events in *Touch*, the assembled events reveal the space-pitch structure in the first 40 measures of the piece.

While taking the risk of presenting a self-fulfilling conclusion from Fineberg's aesthetic description, we say yes, the pattern of low-diffuseness events in *Touch* is evidence of acoustic glow. However, this claim remains speculate. We do not know that whether we would see similar or different diffuseness images for other music, and we lack definitions of aesthetic musical properties that allow for a rigorous conclusion.

References

- AUNER J. (2013), *Music in the Twentieth and Twenty-First Centuries*, W.W. Norton, New York.
- BIRÓ D. P. – TZANETAKIS G. (2018), *Computer-Supported Analysis of Religious Chant*, in F. Sallis – V. Bertolani – J. Burle – L. Zattra (eds.), *Live Electronic Music: Composition, Performance, Study*, Routledge, Abingdon and New York, pp. 230–252.
- BORIO G. (2012), *The Relationship between Musical Notation and Performance after 1950: Historical Survey and Theoretical Considerations*, Conference Paper presented at McGill University, 21 September.
- BORN G. (2005), *On Musical Mediation: Ontology, Technology and Creativity*, «Twentieth-Century Music», 2/1, pp. 7–36.
- BRECH M. (1994), *Analyse elektroakustischer Musik mit Hilfe von Sonagrammen*, Peter Lang, Frankfurt am Main.
- BURLE J. (2018), *Fixing the Fugitive: A Case Study in Spectral Transcription of Luigi Nono's A Pierre Dell'azzurro silenzio, inquietum. A più cori for contrabass flute in G, contrabass clarinet in B flat and live electronics (1985)*, in F. Sallis – V. Bertolani – J. Burle – L. Zattra (eds.), *Live Electronic Music: Composition, Performance, Study*, Routledge, Abingdon and New York, pp. 253–274.
- CLARKE M. – DUFEU, F. – MANNING, P. (2020), *Inside Computer Music*, Oxford University Press, New York.
- COUPRIE P. (2015), *Prolégomènes à la représentation analytique des musiques électroacoustiques*, «Circuit: musiques contemporaines», 25/1, pp. 39–54.
- DAHLHAUS C. (1975), *Musiktheorie*, in C. Dahlhaus (ed.), *Einführung in die systematische Musikwissenschaft*, Hans Gerig, Cologne, pp. 93–132.
- DE BENEDICTIS A. I. (2005), *Il suono oltre il segno: la carta, i limiti e gli inganni (cinque esempi)*, «Acoustical Arts and Artifacts» 2, pp. 53–65.
- DODGE C. – JERSE T. A. (1997), *Computer Music: Synthesis, Composition, and Performance*, 2nd edition, Schirmer, New York.
- DONIN N. (2009), *Genetic Criticism and Cognitive Anthropology: A Reconstruction of Philippe Leroux's Compositional Process for Voi(rex)*, in W. Kinderman – J. E. Jones

- (eds.), *Genetic Criticism and the Creative Process, Essays in Music, Literature and Theater*, The University of Rochester Press, Rochester, pp. 192–215.
- EMMERSON S. – LANDY L. (eds) (2016), *Expanding the Horizon of Electroacoustic Music Analysis*, Cambridge University Press, Cambridge.
- FERGUSON N. (2012), *Civilization: The West and the Rest*, Penguin, London.
- FINEBERG J. (2000), *Spectral Music*, «Contemporary Music Review», 19–2, pp. 1–5.
- FOOTE J. T. – COOPER M. L. (2003), *Media Segmentation Using Self-Similarity Decomposition*, in *Proceedings SPIE 5021, Storage and Retrieval for Media Databases*.
- FORTE A. (1986), *Letter to the Editor in Reply to Richard Taruskin from Allan Forte*, «Music Analysis», 5/2–3, pp. 321–337.
- GRISEY G. (2018), *Écrits*, 2nd edition, G. Lelong (ed.), Éditions MF, Paris.
- HARTE C. A. – SANDLER M. B. (2006), *Detecting Harmonic Change in Musical Audio*, in *Proceedings of Audio and Music Computing for Multimedia Workshop*, ACM, Santa Barbara, CA, pp. 21–26.
- KERMAN J. (1994), *How We Got into Analysis, and How to Get Out*, in *Write All These Down: Essays on Music*, University of California Press, Berkeley, pp. 12–32.
- KERMAN J. (1985), *Musicology*, Fontana Press/Collins, London.
- LARTILLOT O. – TOIVIAINEN P. – EEROLA T. (2008), *A Matlab Toolbox for Music Information Retrieval*, in C. Preisach – H. Burkhardt – B. Schmidt-Thieme – R. Decker (eds.), *Data Analysis, Machine Learning and Applications*, Springer, Berlin, pp. 261–268.
- LEHMANN H. (2012), *Die digitale Revolution der Musik: Eine Musikphilosophie*, Schott, Mainz.
- MARDIA K. V. – JUPP, P. E. (2000), *Directional Statistics*, Wiley and Sons, Chichester.
- MARSDAN A. (2009) 'What Was the Question?': *Music Analysis and the Computer*, in T. Crawford – L. Gibson (eds.), *Modern Methods for Musicology: Prospects, Proposals, and Realities*, Ashgate, Farnham, pp. 137–147.
- MARTELLOTTA F. (2013), *On the Use of Microphone Arrays to Visualize Spatial Sound Field Information*, «Applied Acoustics», 74, pp. 987–1000.
- MOREHEN J. – BENT, I. (1979), *Computer Applications in Musicology*, «The Musical Times», 120/1637 (July), pp. 563–566.
- MÜLLER M. (2015), *Fundamentals of Music Processing: Audio, Analysis, Algorithms, Applications*, Springer, Cham CH.
- MURAIL T. (1984), *Spectra and Pixels*, «Contemporary Music Review», 1, pp. 157–170.
- NATTIEZ J.-J. (1975), *Fondements d'une sémiologie de la musique*, Union Générale d'Éditions, Paris.
- ORCALLI A. (2013), *La pensée spectrale*, in N. Donin – L. Feneyrou (eds.), *Théories de la composition musicale au XXe siècle*, vol. II, Symétrie, Lyon, 1511–1573.
- POLITIS A. (2016), *Microphone Array Processing for Parametric Spatial Audio Techniques*, Ph.D. Dissertation, Aalto University, Finland.

- RAFAELY B. (2015), *Fundamentals of Spherical Array Processing*, Springer, Heidelberg.
- RITTER M. (2020), *Approaching Interactive Computer Music: Touch*, PhD thesis, University of Calgary.
- ROY S. (2003), *L'analyse des musiques électroacoustiques: modèles et propositions*, L'Harmattan, Paris.
- SALLIS F. (2018), *A Spectral Examination of Luigi Nono's A Pierre. Dell'azzurro silenzio, inquietum* (1985), in F. Sallis – V. Bertolani – J. Burle – L. Zattra (eds.), *Live Electronic Music: Composition, Performance, Study*, Routledge, Abingdon and New York, pp. 275–289.
- SALLIS F. (2015), *Music Sketches*, Cambridge University Press, Cambridge.
- VOLK A – WIERING F. – KRANENBURG P. VAN. (2011), *Unfolding the Potential of Computational Musicology*, in *Proceedings of 13th International Conference on Informatics and Semiotics in Organizations (ICISO)*, pp. 137–144.
- ZATTRA L. – ORIO N. (2009), *ACAME – Analyse Comparative Automatique de la Musique Électroacoustique*, «Musimédiane: Revue audiovisuelle et multimedia d'analyse musicale», 4, Analyse compare, www.musimediane.com

Sitography

- mh acoustics (2018), *Eigenmike microphone*, retrieved 27 April 2018 from <https://mhacoustics.com/products>
- POLITIS A. (2015), *High Order Ambisonics Library*, retrieved 27 April 2018 from <https://github.com/polarch/Higher-Order-Ambisonics>
- PUCKETTE M. (2007), *The Theory and Technique of Computer Music*, retrieved 27 April 2018 from <http://msp.ucsd.edu/techniques.htm>
- SEMECHKO A. (2018), *Suite of Functions to Perform Uniform Sampling of a Sphere*, retrieved 30 April 2018 from <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/37004-suite-of-functions-to-perform-uniform-sampling-of-a-sphere>.
- ZATTRA L. – ORIO N. (2009), *ACAME – Analyse Comparative Automatique de la Musique Électroacoustique*, «Musimédiane: Revue audiovisuelle et multimedia d'analyse musicale», 4, <https://www.musimediane.com/4orio/>

Abstract

The goal of this paper is to examine part of a spectral composition in order to present methodologies that enable the examination of music, which would otherwise escape analytical scrutiny. To do this we combine the traditional scholarly methods of musicology and the scientific examination of acoustic data requiring the skills and techniques of computer science and mathematics. By combining the skills and the knowledge of the musicologist and the computer scientist, we

hope to propose solutions to some of the issues that arise in the study of this type of music and to contribute to the burgeoning field of computational musicology.

Keywords

ambisonic recording technology, computational musicology, spatialisation, spectral music, timbre analysis

L'obiettivo dell'articolo è quello di esaminare parte di una composizione spettrale per presentare metodologie che permettono l'esame della musica che altrimenti sfuggirebbe al controllo analitico. Per fare questo si combinano i metodi tradizionali della musicologia e l'esame scientifico dei dati acustici che richiedono le competenze e le tecniche della computer science e della matematica. Unendo le competenze e le conoscenze del musicologo e degli informatici, ci si augura di proporre soluzioni ad alcuni dei problemi che sorgono nello studio di questo tipo di musica e di contribuire al promettente campo della musicologia computazionale.

Keywords

registrazione ambisonica, musicologia computazionale, spazializzazione, musica spettrale, analisi timbrica

Recensioni

Mario Baroni, Rossana Dalmonte, Bruno Maderna. *La musica e la vita*, LIM, Lucca 2020, pp. XIII + 312, € 30, ISBN: 9788855430463

Il 21 aprile 2020 ricorreva il centenario della nascita di Bruno Maderna, ma troppo pochi se ne sono accorti, nel mondo della musica e della cultura, italiana e non, e ancor meno nella comune società civile che continua a non sapere nemmeno che esistano i percorsi storici e recenti della musica d'arte e del linguaggio musicale e a non inserirli in alcun programma di formazione scolastica, ritenendoli paradossalmente "non importanti" (come se, ad esempio, si potesse davvero capire il Romanticismo senza conoscere Schubert, Chopin e Schumann). Certo, mi si dirà che in un anno come il 2020 in cui ogni attività concertistica è stata sospesa o si è svolta nella triste, ma pur provvidenziale forma dello *streaming*, non molto si poteva fare per la musica di Maderna, che necessita spesso di ampi organici, e nemmeno era possibile dedicargli colloqui e convegni pubblici. Quando però, nei prossimi anni, scatteranno via i centinari della nascita dei compositori che costituirono la spina dorsale delle avanguardie del Secondo Dopoguerra, e cioè i suoi compagni di viaggio, o per meglio dire i suoi fratelli minori — Luigi Nono, Luciano Berio, Franco Donatoni, per restare in Italia, o Pierre Boulez e Karlheinz Stockhausen in ambito europeo — sarà allora doveroso ricordare che il loro punto di riferimento, il loro mentore, non è stato affatto festeggiato, allo scoccare del suo centenario. Devo però nel contempo ammettere di nutrire qualche dubbio sul fatto che, in assenza di Covid, le sale da concerto italiane sarebbero traboccate di esecuzioni maderniane, per i mille timori dei direttori

artistici e per la pigrizia dei musicisti, sempre più volti, tutti assieme, ad accattivarsi un facile favore di pubblico con programazioni trite e ritrite.

D'altro canto, questo panorama a tinte non liete deve ancor più convincerci a mettere tutto il nostro impegno affinché, alla ripresa di ogni attività, l'attenzione alla musica recente diventi un simbolo stesso di fiducia nel presente e nel futuro.

Ma proprio all'interno di tale panorama, il 2020 vede la pubblicazione di un importante volume il cui *focus* è appunto Bruno Maderna ma che, attraverso la sua stessa vicenda umana e artistica, allarga i propri orizzonti fino a proporci uno spaccato vivo e profondo dei percorsi della cultura, dell'arte e del pensiero musicale dagli anni centrali del Fascismo fino a tutto il 1973, data della morte prematura del compositore e direttore veneziano, in Italia e in Europa, facendo leva sulla ormai acquisita definizione di Maderna come *musicista europeo* coniata tanti anni fa da Massimo Mila. Il libro in questione, pubblicato dalla benemerita Lim, è *Bruno Maderna – La musica e la vita*, di Mario Baroni e Rossana Dalmonte (e voglio sottolineare che l'ordine dei nomi è puramente alfabetico e del tutto intercambiabile).

Il sodalizio musicologico dei due studiosi bolognesi con Bruno Maderna è assai antico: basta scorrere la bibliografia per trovare i loro nomi circa una quindicina di volte con pubblicazioni risalenti ad almeno trentacinque anni fa. Io stesso ricordo l'importanza che ebbero per me, giovane compositore, le letture di *Bruno Maderna – Documenti*, pubblicato nel 1985, e di *Studi su Bruno Maderna* (1989), cui peraltro ebbi l'onore di partecipare con uno scritto in collaborazione con Giovanna Riva attorno alle strutture formali e ai percorsi compositivi degli ultimi grandi brani orchestrali del Nostro.

Ma questa volta Rossana e Mario scelgono un'altra via, come si può ben capire già dal titolo e come viene poi chiarito nell'Introduzione, conducendo nel corso del libro la loro dichiarazione di intenti a un livello di approfondimento che potrei ritenere pressoché definitivo. Dicono infatti gli Autori: «...ci è parso (...) importante tentare per la prima volta un discorso globale non riservato a singoli aspetti della sua personalità, ma alla ricostruzione della sua figura di uomo e dunque anche alle sue vicende biografiche che sono state spesso guidate da destini imprevisi e da una sorta di amore di Maderna per esperienze sempre nuove e per le avventure intellettuali più disparate». E ancora, poco oltre: «La parte sulle opere rischia talora di avvicinarsi allo specialismo degli esperti di analisi, ma anche in questo caso ci siamo limitati all'essenziale».

Ciò significa che da un lato i destinatari di tale libro non sono certo solo gli "esperti del settore" (che però troveranno infinite sorprese, prospettive nuove e una dovizia di particolari del tutto accattivante, come io stesso ho potuto constatare, leggendo tutto di un fiato pagina dopo pagina), e nemmeno in generale musicisti, musicologi e musicofili, bensì tutti coloro che vogliono ripercorrere alcuni decenni davvero cruciali della nostra Storia, vedendoli questa volta attraverso i percorsi, le "avventure" biografiche e artistiche di una personalità ricca, molteplice, instancabile, poliedrica, che pure non si è mai presa troppo sul serio e tanto meno "sacralizzata", come molti suoi colleghi hanno fatto e fanno tuttora.

Venendo al susseguirsi dei capitoli, non posso non iniziare sottolineando quanto sia gustoso, e significativo assieme, il primo, dedicato all'infanzia e alla formazione di Maderna, che peraltro non si chiamava così, ma Brunetto Grossato.

Sembra di vederselo davanti questo bambino prodigio del violino e della direzione, un poco "usato" ed esibito dal padre naturale, poi addirittura "conteso" tra vari pretendenti alla tutela, quasi si trattasse di un bene culturale lui stesso, tra cui un vero e proprio Comitato politico fascista e un sacerdote piuttosto avido, che però perdono la partita di fronte alla Signora veronese Irma Manfredi, che divenne la vera madre, un punto di riferimento perenne, il costante ago di una bilancia interiore sempre instabile, sopravvivendogli addirittura di alcuni anni. Ed è anche significativo trovare a fianco del giovanissimo, e certo da subito piuttosto scapestrato Brunetto, come una sorta di padre spirituale, il frate Policarpo Crosara, segno definitivo dell'attitudine maderniana a stare bene, per tutta la vita, a fianco di persone semplici, fuori dalle ufficialità e da ogni "volere essere".

Passano gli anni, ed ecco aprirsi il periodo di Darmstadt, gli anni '50, la cui trattazione si prestava ad essere destinata agli "addetti ai lavori". E invece Baroni e Dalmonte sanno mettere in una simpaticissima evidenza il contrasto tra la militanza certo un po' dogmatica di personalità poco più giovani come Boulez e Stockhausen e la capacità arguta e bonaria di Maderna di volare al di sopra di ogni ideologia, pieno di un fervore pari solo alla sua onnivora curiosità. Questo ci permette di rivedere la Scuola di Darmstadt spogliandola di ogni facile cliché, risentendola viva al nostro fianco e permettendoci di scoprirne mille aspetti che personalmente certo non conoscevo. Non posso non dire che chiederò ad ogni studente di composizione di leggere capitoli come questo, che ci rivelano le profonde e forti necessità interiori che hanno condotto ad una musica pur controversa come quella seriale, troppo sbrigativamente

messa “fuori moda” dagli stessi compositori, attualmente.

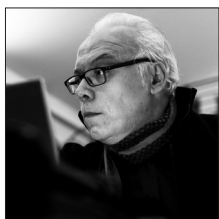
La stessa vivacità di narrazione percorre il periodo milanese, l'amicizia con Luciano Berio, lo Studio di Fonologia (mio Dio! che nostalgia viene, leggendo di una RAI che sosteneva un centro di sperimentazione musicale! Sembra una storia di secoli fa), le inquietudini sociali e politiche degli anni '60. E al tempo stesso, via via veniamo condotti nel turbine di attività, sia come compositore sia, ancor più, come direttore, per le quali ci si chiede a un certo punto come tutto questo potesse trovare spazio in un'unica persona e in un'unica vita.

Concludendo: la lettura, godibilissima e nel contempo profondamente istruttiva a vari livelli, del libro in oggetto ci convince

ancor più di quanto colpevole e stupido sia il silenzio assordante che circonda, nel nostro mondo che fa della superficialità colorata un valore assoluto, non solo un'immensa personalità come quella di Maderna, la sua musica e la sua arte, ma anche tutto il ricchissimo percorso del linguaggio musicale dal secondo dopoguerra ad oggi, che ha saputo produrre e produce capolavori che meriterebbero ben altra diffusione. La mia più profonda gratitudine va a Rossana Dalmonte e Mario Baroni per il contributo intelligente, coraggioso e ostinato che da molti decenni danno a tale diffusione, contributo che a mio parere trova il suo culmine nel presente libro.

Alessandro Solbiati

Notizie sugli autori / Notes on contributors



Agostino Di Scipio (Napoli 1962), diplomato al Conservatorio dell'Aquila, dottore di ricerca all'Università Parigi VIII (École Doctorale Sciences et Technologies des Arts). Come compositore e *sound artist* è considerato una delle voci più originali della ricerca e sperimentazione musicale della sua generazione, è stato 'artista in residenza' del DAAD *Künstlerprogramm* di Berlino e di molti altri enti e festival interazionali. All'attività artistica coniuga un costante impegno di studio e approfondimento critico-teorico. Tra le pubblicazioni, i volumi *Pensare le tecnologie del suono e della musica* (Editoriale Scientifica, Napoli, 2013), *Polveri sonore. Una prospettiva ecosistemica della composizione* (La Camera Verde, Roma, 2014) e il recente *Circuiti del tempo. Un percorso storico-critico nella creatività elettroacustica e informatica* (LIM, Lucca, 2021). A lungo docente di Musica Elettronica al Conservatorio di Napoli, oggi ricopre lo stesso ruolo a L'Aquila. Incarichi di docenza e ricerca alla TU di Berlino (dov'è stato Edgard-Varèse Professur) e altre istituzioni (Università dell'Illinois Urbana-Champaign, UdK di Graz, Université Paris VIII, CCMIX Paris, IRCAM Paris, University of Edinburgh, ecc.).

Agostino Di Scipio (b. 1962, Naples) graduated from the Conservatoire of L'Aquila, holds a PhD from Université Paris VIII (École Doctorale Sciences et Technologies des Arts). As a composer and *sound artist*, he is internationally known for his peculiar experimental approaches. 'Artist in residence' of the Berlin DAAD *Künstlerprogramm* and guest artist in several festival and music production centres. Di Scipio is also active as a scholar, with a special interest in the analysis and history of sound technologies and musical media. Book publications include *Pensare le tecnologie del suono e della musica* (Editoriale Scientifica, Naples, 2013), *Polveri sonore. Una prospettiva ecosistemica della composizione* (La Camera Verde, Rome, 2014) and *Circuiti del tempo. Un percorso storico-critico nella creatività elettroacustica e informatica* (LIM, Lucca, 2021). He served for several years as professor in Electroacoustic Music Composition at the Naples Conservatory, and today holds the same position in L'Aquila. He has lectured at TU Berlin (appointed Edgard-Varèse Professur) and other institutions (University of Illinois Urbana-Champaign, UdK Graz, Université Paris VIII, CCMIX Paris, IRCAM Paris, University of Edinburgh, etc.).



Laura Zattra holds PhDs from the Sorbonne University and Trento University and is the author of *Live-Electronic Music. Composition, Performance and Study* (with F. Sallis, V. Bertolani and I. Burle, 2018); *Studiare la Computer Music. Definizioni, analisi, fonti* (2011); *Presenza storica di Luigi Nono* (with A.I. De Benedictis, 2011); *Vent'anni di musica elettronica all'università di Padova. Il Centro di sonologia computazionale* (with S. Durante, 2002) among others. She was Senior Researcher at the University of Padova from 2006 to 2012, and has been Research Associate at the *Analysis of Musical Practices* Research Group, IRCAM-CNRS (Paris) since 2012, and the IreMus (Sorbonne University). She teaches the History of electroacoustic music and the History of sound design in cinema in Bachelor and Master Programs, and was Invited Lecturer for the Master of Arts Sound Studies and Sonic Arts at the Universität der Künste in Berlin (2018). She is co-editor-in-chief of the journal *Musica/Tecnologia*.

Laura Zattra, dopo il diploma di flauto e la laurea in Lettere, ha conseguito il dottorato presso l'Università Sorbonne-Paris IV (M. Battier) e l'Università di Trento (R. Dalmondo). È stata Post-Doc e Senior Researcher all'Università di Padova (2004–12), ricercatrice invitata CNRS nel 2012 all'Ircam di Parigi, e dallo stesso anno ricercatrice associata presso l'équipe Analyse des Pratiques Musicales (Ircam) e l'IReMus (Sorbonne). È docente in vari corsi accademici di I, II livello e master. È fondatrice e amministratrice del sito www.teresarampazzi.it, membro dell'editorial board della rivista *Musica/Tecnologia* e del projet Analyses (Ircam, Parigi). È autrice tra gli altri di *Studiare la computer music* (2011), *Live-Electronic Music. Composition, Performance and Study* (con F. Sallis, V. Bertolani e I. Burle; 2018), *Presenza storica di Luigi Nono* (con A. I. De Benedictis; 2011) e *Vent'anni di musica elettronica all'università di Padova. Il Centro di sonologia computazionale* (con S. Durante; 2002).



Gabriele Cecchetti è dottorando presso il Digital and Cognitive Musicology Lab (DCML) dell'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), dove studia i fondamenti cognitivi della sintassi musicale. Dopo gli studi in fisica e violoncello a Roma, ha conseguito il MPhil presso il Centre for Music and Science dell'Università di Cambridge sotto la supervisione del Prof. Ian Cross. Ha ottenuto borse di studio dal Cambridge Trust e dalla Regione Lazio, oltre che il Master's Award e un Brahm-Schild Internship Grant dall'Homerton College. Da musicista con una particolare devozione per la musica da camera, ha anche collaborato con diverse orchestre in Italia e con i programmi giovanili dell'Accademia Nazionale "Santa Cecilia".

Gabriele Cecchetti studies the cognitive underpinnings of musical syntax as a doctoral researcher at the Digital and Cognitive Musicology Lab (DCML) of the École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). He obtained an MPhil with distinction at the Centre of Music and Science of the University of Cambridge under the supervision of Prof. Ian Cross. He was awarded scholarships from the Cambridge Trust and

Regione Lazio, as well as a Master's Award and a Brahms-Schild Internship Grant from Homerton College. He previously graduated as a physicist and cellist in Rome. As an experienced musician with a particular devotion towards chamber music, he has collaborated with several orchestras in Italy, as well as with the educational programs of the Accademia Nazionale "Santa Cecilia".



Steffen Herff è ricercatore presso il DCML, dove i suoi interessi di ricerca sono situati all'intersezione tra memoria, musica e neuroscienze. Ha conseguito la laurea in psicologia presso la Heinrich-Heine University Düsseldorf, e il dottorato presso il MARCS Institute for Brain, Behaviour, and Development. Ha proseguito le sue ricerche con un DAAD-UA Grant e presso la Agency for Science, Technology and Research di Singapore. I suoi progetti spaziano dalla ricerca fondamentale su memoria, apprendimento e percezione fino alla socialità tra co-performers musicali e alla creazione di nuovi strumenti compositivi, ricerche di brain-imaging invasive e non invasive sulla percezione del ritmo e stimolazione magnetica transcranica per modulare la formazione della memoria. Nel 2020 il suo progetto sull'immaginazione indotta dalla musica è stato finanziato dalla Swiss National Science Foundation.

Steffen Herff is postdoctoral researcher at DCML. He graduated in Psychology at the Heinrich-Heine University Düsseldorf before going on to complete his PhD at the MARCS Institute for Brain, Behaviour, and Development. After his PhD, Steffen secured a DAAD-UA grant and a position at the Agency for Science, Technology and Research in Singapore. Steffen's research is situated at the intersection between Memory, Music, and Neuroscience. His projects range from fundamental memory, learning, and perception research, over social negotiation between musical co-performers and the creation of new compositional tools, to non-invasive and invasive brain imaging in musical rhythm perception as well as brain stimulation to modulate memory encoding. In 2020, his research project investigating music-induced mental imagery was funded by the Swiss National Science Foundation.



Christoph Finkensiep ha studiato scienze cognitive all'Università di Osnabrück con una tesi intitolata "A Formal Model of Voice Leading" (2017), dopo aver conseguito una laurea in scienze informatiche con una tesi sulla "Automatic Composition of Semantic Webservices" (2014). La sua attuale ricerca, condotta da dottorando presso il DCML, si occupa della modellizzazione computazionale delle strutture musicali. Tra gli altri suoi interessi di ricerca anovera la cognizione musicale, modellizzazione probabilistica e *machine learning*, intelligenza artificiale, filosofia della mente e filosofia della scienza. Inoltre, è un attivo trombonista e occasionalmente arrangiatore, compositore e direttore.

Christoph Finkensiep is a doctoral researcher at the DCML since 2017. He obtained his Master's degree in Cognitive Science at the University of Osnabrück with a thesis entitled "A Formal Model of Voice Leading" (2017). His Bachelor in Computer Science at the University of Paderborn was completed with a thesis that addressed the problem of "Automatic Composition of Semantic Webservices" (2014). His current research focuses on computational modeling of musical structure. Further scientific interests include music cognition, probabilistic modeling and machine learning, artificial intelligence, as well as philosophy of mind and philosophy of science. In addition, he is an active trombonist and occasional arranger, composer, and conductor.



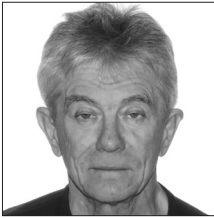
Martin Rohrmeier è professore associato presso l'EPFL e direttore del DCML, la cui ricerca unisce metodi dalla teoria e analisi musicale, la musicologia computazionale, le scienze cognitive, la linguistica e la filosofia. All'EPFL dirige anche il programma dottorale in Digital Humanities, e ha ricevuto finanziamenti importanti tra cui quelli della Volkswagen Foundation, il European Research Council e l'SNF. Ha studiato filosofia, matematica e musicologia a Bonn, prima di conseguire l'MPhil e il dottorato presso l'Università di Cambridge. Ha poi lavorato presso la Microsoft Research e il Cluster di Eccellenza "Languages of Emotion" della Freie Universität Berlin, prima di ottenere una fellowship dalla MIT Intelligence Initiative. Nel 2014 gli è stata assegnata la cattedra di Musicologia Sistemica e Cognizione Musicale presso la TU Dresden. È un appassionato pianista dedito alla musica scritta, non (ancora) scritta, e (a volte quasi) non scrivibile.

Martin Rohrmeier is associate professor at EPFL and director of the DCML, whose research combines methods from music theory, digital musicology, cognitive science, linguistics, and philosophy. At EPFL he acts as the director of the Doctoral School of Digital Humanities and has received renowned funding, amongst others from the Volkswagen Foundation, the European Research Council and the SNF. He studied philosophy, mathematics and musicology in Bonn, before receiving his MPhil and PhD at the University of Cambridge. He has worked at Microsoft Research and at the Cluster of Excellence "Languages of Emotion" of the Freie Universität Berlin, before being awarded a fellowship from the MIT Intelligence Initiative. In 2014 he was appointed one of the Open Topic Professorships in Systematic Musicology and Music Cognition at TU Dresden. He is a passionate pianist performing notated, (not yet) notated, and (sometimes almost) unnotatable music.



Jeffrey E. Boyd è professore associato di Computer Science all'Università di Calgary. La sua ricerca si concentra su computer vision, arte e musica interattiva, sonorizzazione, musicologia computazionale. Con i suoi studenti ha sviluppato sistemi di rilevamento che forniscono in tempo reale un feedback sonoro per i pattinatori di velocità, come pure installazioni di arte interattiva e installazioni sonore.

Jeffrey E. Boyd is Associate Professor of Computer Science at the University of Calgary. His research focuses on computer vision, interactive art and music, sonification, and computational musicology. His students and he have developed sensing systems that provide real-time, sonic feedback for speed skaters. With students he has exhibited interactive art installations and music/sound installations.



Friedemann Sallis è professore emerito alla School of Creative and Performing Arts dell'Università di Calgary. I suoi scritti includono libri su una varietà di argomenti, più recentemente *John P. L. Roberts, the CBC/Radio Canada and Art Music* (Cambridge Scholars Press, 2020), *Live Electronic Music Composition, Performance, Study* (Routledge, 2018) e *Music Sketches* (Cambridge University Press, 2015), nonché numerosi articoli sulla musica del ventesimo secolo. Ha ricevuto borse di studio dalla Fondazione Paul Sacher (Basilea) e sei borse di ricerca dal Social Sciences and Humanities Research Council of Canada.

Friedemann Sallis is Professor Emeritus at the School of Creative and Performing Arts of the University of Calgary. His writings include books on a variety of topics, most recently *John P. L. Roberts, the CBC/Radio Canada and Art Music* (Cambridge Scholars Press, 2020), *Live Electronic Music Composition, Performance, Study* (Routledge, 2018) and *Music Sketches* (Cambridge University Press, 2015) as well as numerous articles on twentieth-century music. He has received fellowship grants from the Paul Sacher Foundation (Basel) and six research grants by the Social Sciences and Humanities Research Council of Canada.



Martin Ritter è un compositore di opere elettroniche e acustiche che sono state eseguite in Nord America, Europa e Asia. È interessato alla relazione tra musica, tecnologia e performance. Questo include la ricerca musicologica nella musica elettronica e come può essere analizzata e compresa con l'aiuto di strumenti digitali.

Martin Ritter is a composer of electronic and acoustic works, which have been performed across North America, Europe, and Asia. He is interested in the intersection of music, technology, and performance. This includes musicological research in electronic music and how it can be analysed and understood with the aid of digital tools.



MASTER UNIVERSITARIO DI I LIVELLO ANALISI E TEORIA MUSICALE (SETTIMA EDIZIONE A.A. 2020-21)

promosso dal Dipartimento di Studi Umanistici
dell'Università della Calabria
in collaborazione con il Gruppo Analisi e Teoria Musicale
(GATM)

e con Fondazione Istituto Liszt, Istituto Superiore di Studi Musicali "G. Lettimi" di Rimini, Fondazione Isabella Scelsi, Fondazione Antonio Manes, Conservatorio di Musica di Salerno e Conservatorio di Musica di Pescara

Direttore del Master: Prof. **Egidio Pozzi** (Università della Calabria)

Il *Master di I livello in Analisi e Teoria Musicale*, istituito nel 2013 dal GATM e attivato presso l'Università della Calabria in collaborazione con Conservatori, Università e Fondazioni italiane, nasce dall'esigenza di fornire un aggiornamento dei profili professionali che si collocano sia nelle aree dell'insegnamento e dello studio storico-musicologico sia nei settori dell'esecuzione, della composizione e della ricerca artistica.

La *Settima Edizione del Master* (A.A. 2020-21) presenta alcune modifiche importanti nell'offerta formativa e una divisione in due curricula. Tutte le modifiche hanno lo scopo di rendere il corso più vicino al mondo della ricerca e più utile agli interpreti e ai musicisti pratici, nonché estendere il target dei possibili interessati anche ai settori dell'etnomusicologia, del jazz e della popular music. Nell'offerta formativa di quest'anno trovano posto molte discipline riguardanti questi repertori, unitamente allo studio degli aspetti analitici collegati alle pratiche performative centrate sull'estemporaneità e sull'oralità.

Piano di studio. L'offerta formativa del *Master* prevede 1500 ore di attività didattica e di studio individuale, che consentono l'acquisizione di 60 CFU. L'attività didattica è articolata in *Discipline di base* (9 CFU) e *Discipline caratterizzanti* (30 CFU), da svolgersi in lezioni frontali (in 4-5 Incontri di studio tenuti a scadenza mensile) e in videoconferenze interattive. Le lezioni frontali si tengono nei luoghi delle istituzioni che collaborano al *Master*, a Salerno, Bologna, Roma, Pescara e Rimini. Ogni incontro comprende circa venti ore e generalmente si svolge tra il venerdì pomeriggio e la domenica mattina, per consentire la presenza anche a chi lavora. Le videoconferenze (altre 90-100 ore) si tengono sul sito Adobe Connect e possono essere seguite in tempo reale oppure in differita in quanto il sito le registra. Il piano di studio è completato da *Laboratori pratici, seminari e progetti finalizzati* (14 CFU) e dalla *Tesi finale* (7 CFU). Le lezioni sono svolte

da professori e ricercatori universitari di ruolo, italiani e stranieri, da docenti degli Istituti AFAM e da studiosi esperti nei singoli settori.

Nell'Edizione di quest'anno gli insegnamenti afferiscono a due curricula:

1. *Discipline e repertori della tradizione colta occidentale*
2. *Discipline e repertori di tradizione etnica, popolare e afroamericana.*

A seconda del curriculum scelto dallo studente le discipline prevedono un esame finale, oppure una prova in itinere o una idoneità. Prima dell'inizio dei corsi i partecipanti dovranno sottoporre l'elenco delle discipline su cui intendono centrare il loro Piano di Studio a una apposita Commissione composta dal Direttore del Master e da due docenti, che ne valuterà le motivazioni, la coerenza e la realizzabilità.

Offerta Formativa Edizione 2019–20

<i>Discipline di base (3 esami con votazione, per entrambi i curricula)</i>	CFU	ore complessive
<i>Teoria e pratica della scrittura armonico-contrappuntistica</i> (Proff. Catello Gallotti e Antonello Mercurio, Conservatorio di Salerno)	4	24
<i>Introduzione alla teoria e all'analisi della forma</i> (Prof. Egidio Pozzi, Università della Calabria)	3	24
<i>Teorie percettive e cognitive</i> (Prof. Mario Baroni, Università di Bologna)	2	16
Totale crediti e ore	9	64

<i>Discipline caratterizzanti</i> (a seconda del curriculum scelto 4 esami con votazione e 4 idoneità finali)	CFU	ore complessive
<i>Partimenti e schemi galanti</i> (Prof. Gaetano Stella, Conservatorio di Bari)	2	16
<i>Teorie Neo-riemanniane</i> (Prof. Antonio Grande, Conservatorio di Como)	3	24
<i>Analisi schenkeriana</i> (Modulo I: <i>Principi fondamentali e esercitazioni pratiche</i> Prof. Egidio Pozzi, Università della Calabria. Modulo II: <i>Analisi armonico-lineare dei repertori del Sette-Ottocento</i> Prof. Catello Gallotti, Conservatorio di Salerno)	5	40
<i>Analisi della musica post-tonale</i> (Modulo I: <i>Introduzione alla Set theory</i> , Prof. Fabio De Sanctis De Benedictis, Istituto Superiore di Studi Musicali, Livorno. Modulo II: <i>Segmentazione e analisi della musica post-tonale</i> , Prof. Egidio Pozzi, Università della Calabria)	5	40
<i>Analisi e etnomusicologia</i> (Modulo I: <i>Aspetti generali</i> , Prof.ssa Giuseppina Colicci, Istituto Centrale per i Beni Sonori e Audiovisivi, Roma. Modulo II, <i>Analisi della performance</i> , Prof.ssa Cristina Ghirardini, University of Huddersfield, UK)	5	40

<i>Teoria e analisi della popular music</i> (Modulo I: <i>Analisi della popular music</i> , Prof. Giovanni Vacca, Roma. Modulo II, <i>Teoria e analisi del sound</i> , Prof. Jacopo Conti, Università di Torino, Conservatorio di Cuneo)	5	40
<i>Introduzione all'analisi del Jazz</i> (Prof. Stefano Zenni, Conservatorio di Bologna)	2	16
<i>Storia e analisi dei repertori dell'America Latina dal Rinascimento agli inizi del Novecento</i> (Prof. Marcello Piras)	3	24
Totale crediti e ore	30	240

Laboratori, discipline specializzanti, progetti finalizzati, seminari e stages (a scelta 14 CFU, singole prove in itinere e idoneità complessiva finale)	CFU	ore complessive
<i>Progetto finalizzato Musica e testo</i> (Prof.ssa Marina Mezzina, Conservatorio di Salerno; Prof. Ernesto Pulignano, Conservatorio di Salerno; Prof. Giorgio Ruberti, Università di Napoli)	2	16
<i>Laboratorio Analisi della musica del Rinascimento</i> (Prof. Marco Mangani, Università di Firenze)	1	8
<i>Disciplina specializzante, Nuove teorie della forma</i> (per il curriculum 1) (Prof. Antonio Grande, Conservatorio di Como)	3	24
<i>Disciplina specializzante, Risorse informatiche per l'analisi</i> (per il curriculum 2) (Prof. Paolo Bravi, Cagliari)	2	16
<i>Laboratorio</i> [per il curriculum 2) (titolo e docente da definire)	1	8
<i>Progetto finalizzato, Nuove tecnologie e analisi dei repertori elettroacustici</i> (Prof. ssa Simonetta Sargenti, Conservatorio di Novara)	2	16
<i>Stage Analisi ed esecuzione</i> (docenti da definire)	2	16
<i>Laboratorio Fonti e Archivi del Novecento</i> (Prof.ssa Alessandra Carlotta Pellegrini, Fondazione Isabella Scelsi, Roma)	1	8
<i>Presentazioni, Convegni e altre iniziative</i> (Prof. Egidio Pozzi, Unical e docenti da definire)	3	24
Totale crediti e ore	14	112

Riconoscimento crediti. Il *Master* prevede la possibilità di un riconoscimento per un massimo di 12 CFU, con corrispondente riduzione del carico formativo, per competenze specifiche e corsi di perfezionamento organizzati dalle università, dai conservatori, dagli istituti AFAM o da enti pubblici di ricerca per i quali esista idonea documentazione.

Domanda di ammissione. Possono presentare domanda di ammissione al *Master* coloro che entro il giorno 30 Novembre 2020 o nei 30 giorni successivi siano in possesso di una laurea universitaria (vecchio ordinamento o triennale) o un diploma di conservatorio (vecchio o nuovo ordinamento) o un titolo equipollente. L'iscrizione al *Master* è incompatibile con l'iscrizione ad altri corsi di studio, ad eccezione degli studenti iscritti

presso uno degli Istituti di Alta Formazione Artistica, Musicale e Coreutica (AFAM) che, a seguito del DM del 28 settembre 2011 potranno iscriversi prevedendo un piano di studi biennalizzato. In particolare, su motivata richiesta da parte del candidato, il Consiglio Scientifico del *Master* può concedere di seguire i corsi secondo una modalità part-time, prevedendo una durata biennale ovvero una diversa periodizzazione degli esami e delle prove da sostenere.

Il Bando ufficiale del Master e il link per presentare la domanda di iscrizione sono pubblicati sul sito dell'Università della Calabria nei mesi di Ottobre e Novembre 2020.

Borse di Studio. Anche per questa edizione del *Master* saranno messe a disposizione diverse borse di studio: in particolare dalla *Fondazione Istituto Liszt*, dalla *Fondazione Isabella Scelsi*, dalla *Fondazione Antonio Manes* (rivolte a residenti in Provincia di Cosenza) e dal *Gruppo Analisi e Teoria Musicale* (di cui una dedicata a giovani di età inferiore a 26 anni e intitolata alla memoria di Luca Marconi). I bandi di queste borse e le altre informazioni utili alla compilazione delle domande verranno inserite sul sito del GATM (<http://www.gatm.it>) e su quello dell'Università della Calabria.

Bando del Master: <https://www.unical.it/portale/>
Informazioni: presidente@gatm.it

IMPRESSO E RILEGATO IN ITALIA
PER CONTO DELLA LIBRERIA MUSICALE ITALIANA



LUCCA MMXXI
· MMDCLXXIV AUC ·