

TRASCRIVERE DOCUMENTI SONORI

Paolo Zavagna

On trouvera dans tous ces morceaux une conformité de modulation avec notre musique,
qui pourra faire admirer aux uns la bonté & l'universalité de nos regles, & peut-être
rendre suspecte à d'autres la fidélité ou l'intelligence de ceux qui ont transmis ces airs.

Jean-Jacques Rousseau
Encyclopédie

Haben wir *je* einen Gedanken, oder eine Idee, ohne ihre Hieroglyphe, ihren Buchstaben,
ihre Schrift?

Johann Wilhelm Ritter
Appendice ai *Fragmente*

Preambolo

Premessa

Il presente testo è il frutto di una parte della ricerca svolta durante il Dottorato internazionale in studi audiovisivi: cinema, musica e comunicazione, ciclo XXIII, tenutosi presso l'Università degli Studi di Udine nel triennio 2008-2010. Relatore, in origine, era il professor Giovanni Morelli, prematuramente scomparso il 12 luglio 2011. A lui è dedicato questo lavoro.

Ringraziamenti

Ringraziare singolarmente ogni persona che mi ha aiutato a stendere questo lavoro sarebbe troppo oneroso in termini di spazio per essere collocata in questo paragrafo. Farò un semplice elenco, in ordine sparso, sapendo che ognuna delle persone menzionate è consapevole del prezioso aiuto che mi ha fornito. Maddalena Novati, Giovanni Belletti, Alberto Zanon (Studio di Fonologia della RAI, Milano); Francesco Carreras, Marco Ligabue, Simone Conforti, Alberto Gaetti, Roberto Neri (MART^{Lab}, Laboratorio di Musica Audio Ricerca/Restauro/Recupero e Tecnologie, Firenze); Davide Bonsi, Ivan Battain (Fondazione Scuola di San Giorgio, Venezia); Nicola Scaldaferrì, Lisa Piria, Lorenzo Ferrarini (Dipartimento di Storia delle arti, della musica e dello spettacolo dell'Università di Milano); Veniero Rizzardi; Angela Ida De Benedictis; Gabriele Bonomo (Edizioni Suvini Zerboni, SugarMusic Spa, Milano); Nicola Verzina (Archivio Maderna dell'Università di Bologna); Antonella Rioda; Alvisè Vidolin; Angelo Sernagiotto; Nicola Giosmin; Laura Di Felice; Antonio Rodà; Sergio Canazza; Sergio Tomasini; Luca Formenton (il Saggiatore, Milano).

Introduzione

Vedere, raffigurare e rappresentare il suono 'in sé' è un sogno, quasi un'utopia. L'idea di poter associare a un fenomeno naturale una scrittura, altrettanto naturale, intrinseca al fenomeno stesso – idea romantica – è sempre stata un obiettivo della

ricerca filosofica, scientifica e musicale. Prima e dopo il romanticismo. Prima, pensiamo solo alla trattatistica sia musicale sia ‘acustica’ in cui si raffigurano i movimenti del monocordo e in cui si crea un modello geometrico del fenomeno della diffusione del suono nello spazio paragonandolo al fenomeno di propagazione della luce, e dopo, fino ad oggi, con le varie forme di rappresentazione dei segnali nel mondo quantizzato del digitale¹. Nonostante una lunga serie di tentativi falliti, più che nella loro sostanza tecnologica (– come riesco a raffigurare il fenomeno acustico? –) nella loro qualità raffigurante (– quali sono i caratteri del fenomeno acustico che la raffigurazione mi restituisce? –) o, meglio, nella dialettica delle due domande, tra-scrivere² il fenomeno acustico è ancora oggi oggetto di studio; rappresentare il segnale³, si direbbe con un termine che, pur essendo proprio della teoria della comunicazione e del DSP, ben si adatta al contesto qui sviluppato, è un problema che ancora occupa gli studiosi. Può essere interessante notare che, anche in questo ambito, la ricerca oscilla fra mondo del ‘discreto’ (rappresentare le note musicali) e mondo del ‘continuo’ (rappresentare il fenomeno fisico).

La necessaria conoscenza del sistema tecnologico che ha prodotto un documento sonoro (potremmo anche parlare di documento in generale) ce ne permette una corretta lettura, ma per lo scopo qui prefissato non è sufficiente. Poiché le operazioni che oggi svolgiamo avvengono tutte nel dominio quantizzato del digitale, è necessaria una ri-mediazione, che permetta di avere il documento originale in una nuova forma, facilmente manipolabile (con tutti i rischi impliciti in questa ‘facilità’). Nel passaggio da ‘analogico’ a ‘digitale’ avviene un cambio di paradigma, passaggio obbligatorio per produrre quella trascrizione che ci permette di osservare e studiare il fenomeno sonoro e che è lo scopo ultimo di questo lavoro. Lavorando nell’unico flusso di bit digitali possiamo elaborare le informazioni ‘liberamente’ e restituirle sotto varie forme, fra cui quella grafica ne è un’espressione.

L’interesse per questo tema è testimoniato dal sempre più frequente uso delle più varie forme di raffigurazione/rappresentazione del suono e da numerosi siti web, fra cui ricordo quello curato da William Burdette, *soundwriting.org*, dedicato «ad esplorare le intersezioni fra registrazione sonora e scrittura»⁴, che accoglie esperienze non solo accademiche, e il sito di argomento storico di Victor Jones, *Sound Visualization and Analysis in the Pre-Electronic Era -Visualization*.

¹ Per fare solo esempi legati al mondo dei suoni.

² Si veda il § 1.1.

³ Fra i tanti testi che hanno trattato delle possibilità di rappresentazione del segnale, in particolar modo quello musicale, cito De Poli, Piccialli e Roads, *Representations of musical signals*, in quanto momento critico di questa disciplina, che vede nuove forme di rappresentazione affacciarsi al panorama dominato da forme d’onda, spettrogrammi, sonogrammi. Più recentemente sono usciti Klapuri e Davy, *Signal processing methods for music transcription*, Wang e Brown, *Computational auditory scene analysis: principles, algorithms and applications*; il primo si concentra particolarmente sul segnale ‘musicale’ – restando ancorato ad una visione della notazione, e quindi della trascrizione, legata al pentagramma e a sistemi più o meno temperati – mentre il secondo è più orientato ai meccanismi percettivi. Con lo stesso titolo del secondo era uscito, otto anni prima, anche Rosenthal, Okuno, *Computational auditory scene analysis*.

⁴ «[T]o explore the intersections of audio recording and writing».

PARTE I

Storia dei sistemi di trascrizione dei documenti sonori

1. Origini e sistemi elettro-meccanici

1.1 Cosa si intende per trascrizione di un documento sonoro

Nell'ambito del presente lavoro, trascrivere un documento sonoro significa portarlo dalla sua natura temporale (lo svolgersi nel tempo di un evento acustico) alla sua natura spaziale (una raffigurazione grafica analoga all'evento acustico). Anche la trascrizione su pentagramma ha una caratteristica simile, con la fondamentale differenza che quest'ultima non è 'analoga' all'evento acustico ma simbolica; è sì una «abbildenden», una raffigurazione, ma non vi è in essa un isomorfismo con l'evento acustico tale da poterla ricondurre in maniera completamente definita ad esso; nella partitura – per quanto descrittiva – non vi è un rapporto analogico con l'evento acustico bensì simbolico.

1.2 Le origini della trascrizione dei documenti sonori

Si può dire che prima dei documenti sonori siano state prodotte figure di eventi acustici. Come dimostrato altrove⁵, prima della riproduzione è venuta la scrittura del suono. I risultati ottenuti da David Giovannoni⁶ relativamente alle visualizzazioni (scritture) del suono di Scott de Martinville ci mostrano, tramite un'operazione di *reverse engineering*, che è possibile dall'immagine di un suono ottenere un evento acustico, poterla – l'immagine – cioè riprodurre acusticamente, nel dominio del tempo, percorrendo così il cammino inverso rispetto a quello della trascrizione (previa produzione, oggi, di un documento sonoro).

Da quando è stato prodotto il primo documento sonoro, fin da subito ci sono stati tentativi di rendere graficamente l'immagine del solco impresso sul supporto, soprattutto in ambito medico-scientifico, dove l'interesse per fonografo e grammofofono era più quello nei confronti di uno strumento di misura – scrivere dati misurabili – che di un apparecchio per l'intrattenimento. L'utilizzo 'visivo' del documento sonoro sarà presente fin da subito, come possiamo vedere nella Fig. 1.

⁵ Si veda Zavagna, "Il documento sonoro come fonte".

⁶ Si vedano e si ascoltino in FirstSounds.ORG, *First Sounds*.

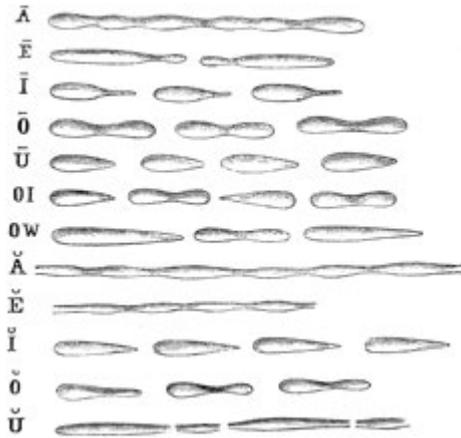


Fig. 1. Trascrizione di un cilindro di Edison, 1878.

1.3 Ricerca ai Bell Laboratories

Dal gennaio 1922 i Bell Laboratories pubblicano una rivista, «The Bell System Technical Journal», che tratta di tutte le innovazioni sia tecnologiche sia teoriche apportate nel campo della telefonia – e affini – e della fisica, in ogni sua branca. Gli studi di acustica ed elettroacustica sono particolarmente nutriti (troviamo, fin dal primo numero, scritti di Fletcher, Carson, Crandall, Sacia). In uno di questi studi, del 1925, si fa riferimento alle sperimentazioni di Bell con l'*ear phonautograph* (si veda la Fig. 3), di cui viene riprodotto un esempio di fonautogramma (qui in Fig. 2⁷), e viene effettuata una ricerca su centosessanta registrazioni grafiche di suoni di vocali e di consonanti⁸.

1.4 Bell, Blake e l'*ear phonautograph*

Prima che il suono si potesse fissare su un supporto per poterlo in seguito riprodurre, nel 1874, nei suoi tentativi di trasdurre l'energia meccanica in energia elettrica, sulla via della scoperta del trasmettitore telefonico, Graham Bell, in collaborazione con il medico Clarence Blake, costruisce un dispositivo per poter aiutare i sordi a 'leggere' i suoni: un sistema di raffigurazione⁹ – dalla significativa forma di orecchio che utilizza una vera membrana del timpano (si veda la Fig. 3) – dell'evento acustico: l'*ear phonautograph*¹⁰.

⁷ In Crandall, "The Sounds of Speech", p. 587.

⁸ *Ibidem*.

⁹ Se ne può osservare un esempio in Fig. 2.

¹⁰ Per alcune interessanti considerazioni su questo dispositivo si vedano Blake, "The use of the

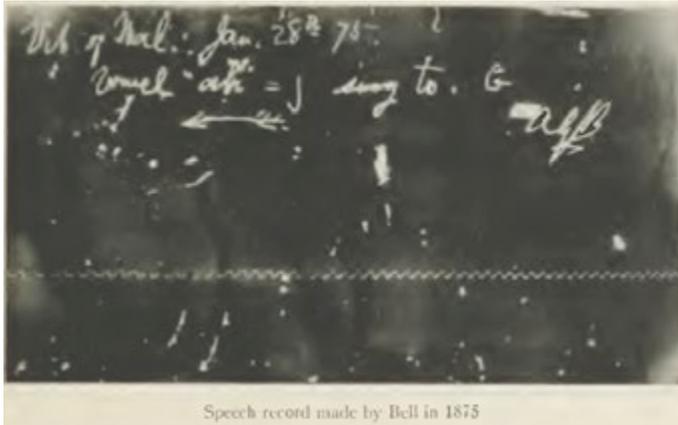


Fig. 2. Trascrizione del parlato effettuata da Graham Bell nel 1875.

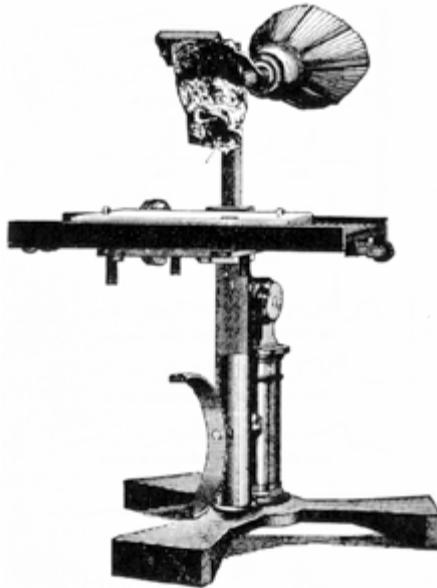


Fig. 3. L'Ear Phonograph di Graham Bell e Clarence Blake.

Scrive nel 1875 Blake: «Il valore della membrana del timpano, utilizzata come membrana del fonautografo per ottenere le tracce delle vibrazioni sonore, è stato ampiamente dimostrato da una serie di esperimenti svolti lo scorso anno...»¹¹.

Membrana Tympani as a Phonograph”, Sterne, *The Audible Past*, pp. 31-35; Gorman, *Alexander Graham Bell's Path to the Telephone* e Kittler, *Gramophone Film Typewriter*, pp. 74, 84.

¹¹ «The value of the membrana tympani, used as a phonautographic membrane in obtaining tracings of sonorous vibrations, has been amply illustrated by a series of experiments made during the past year...», in Blake, “The use of the Membrana Tympani as a Phonograph”, p. 121.

1.5 Scrivere il suono

Durante i suoi primi anni di vita il fonografo di Edison fu ‘segretario’¹². Il termine fonografia stesso nasce in ambiti diversi da quelli relativi alle tecnologie della registrazione e riproduzione del suono. Il primo di essi è la *stenografia* (lo utilizza Isaac Pitman nel 1837, il quale, nel 1842, affermerà che «[n]ella Fonografia [...] *l'autentico suono di ogni parola è reso VISIBILE*»¹³); lo stesso Scott de Martinville, inventore del fonautografo, scrive una storia della stenografia nella quale cita, fra i precedenti, uno scritto del 1809 intitolato *Phonographie*, di un certo C. Luc¹⁴. Il secondo ambito è la *dizione* (per certi aspetti non troppo lontano dalla stenografia), laddove troviamo un dizionario dal significativo titolo di *Le Phonographe. Ou Dictionnaire de la prononciation française à l'usage des étrangers...* pubblicato nel 1856¹⁵.

Fin dalle origini il fonografo sarà trattato come strumento per scrivere, al punto che nel numero dell'aprile 1878 della rivista di divulgazione scientifica «Popular Science Monthly», Alfred Mayer suggerisce di chiamare il neonato fonografo con l'idioma indiano di «Lo scrittore-del-suono che parla»¹⁶. Mayer prosegue confrontando le due “macchine parlanti” allora esistenti e a lui conosciute: quella del professor Faber di Vienna, una sorta di apparato vocale in grado di riprodurre la voce, e il fonografo di Edison, che viene paragonato all'organo dell'udito.

Può essere interessante a questo punto notare come la dicotomia apparato vocale–apparato uditivo sia all'origine di gran parte – se non tutti – i sistemi di produzione–riproduzione del suono. Nel catalogo degli strumenti di misura di König del 1865 c'è il sintetizzatore del suono di Helmholtz e, come abbiamo visto, la macchina di Edison viene ‘paragonata’ a quella di Faber, sostanzialmente diversa in quanto non prevede la possibilità di scrivere il suono. Ma ancora nel 1977, in una importante uscita monografica del «Journal of Audio Engineering Society», si rileva come «prima del fonografo ci fu, per secoli, un grande interesse nei confronti delle macchine che parlano [...]. La più importante delle quali fu la macchina parlante Faber, illustrata all'Esposizione di Parigi del 1876 [...]»¹⁷, dimostrando una volta di più l'interesse

¹² Si veda Zavagna, “Il documento sonoro come fonte”, p. 12.

¹³ «In Phonography, it may almost be said, that *the very sound of every words is made* VISIBLE»; in Pitman, *Phonography, or, writing by sound: a natural method of writing all languages by one alphabet, composed of signs that represent the sounds of the human voice: adapted also to the English language as a complete system of short hand, briefer than any other system, and by which a speaker can be followed verbatim, without the use of arbitrary marks*, p. 3, alimentando così l'ambiguità fra la registrazione del suono e la registrazione della parola. Nella settima edizione del medesimo manuale, la cui prima edizione risale al 1840, pubblicata nel 1845, vi è un'appendice curata da Alexander Ellis che ‘completa’ l'alfabeto fonografico introducendo suoni anche di altre lingue oltre all'inglese.

¹⁴ In Scott, *Histoire de la Sténographie depuis les temps anciens jusqu'à nos jours*, p. 55.

¹⁵ Thériat, *Le Phonographe*.

¹⁶ «*The Sound-Writer who talks*», in Mayer, “On Edison's Talking-Machine”, p. 719

¹⁷ «Before the phonograph, there was, for centuries, a very great interest in machine that talked [...]. The most famous of all was the Faber talking machine demonstrated at the Paris Exposition of 1876 [...]».

orientato alla produzione del suono più che alla sua ri-produzione.

La visualizzazione è comunque un aspetto accattivante della nuova macchina, come dimostrano le Figg. 4 e 5; la prima illustra tre modalità differenti per ‘trascrivere’ il fenomeno vibratorio del suono (nel caso specifico del suono della parola *bat*: *A*, ciò che appare a occhio nudo sul foglio di stagno inciso; *B*, traccia ottenuta su un vetro affumicato; *C*, ciò che mostra la fiamma di König quando la parola *bat* viene cantata molto vicino alla membrana sensibile alle variazioni di pressione dell’aria e che fa variare la cosiddetta fiamma manometrica); mentre la seconda riporta, come si può vedere in basso a sinistra, una immagine delle tracce lasciate sul foglio di stagno.

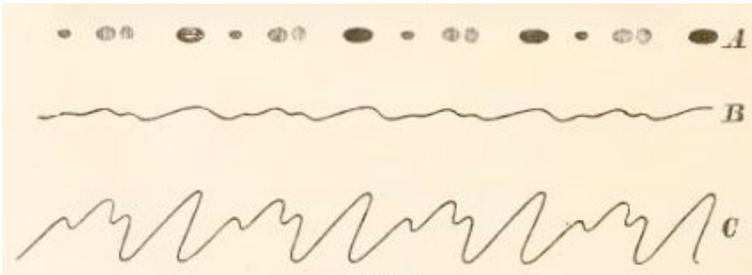


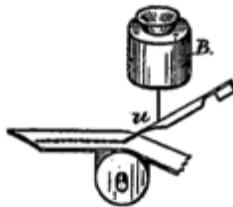
Fig. 4. Varie forme di visualizzazione del suono tratte dal «Popular Science Monthly», aprile 1878.



Fig. 5. «The Illustrated London News» del 3 agosto 1878.

In quasi tutti i brevetti che descrivono apparecchi per la scrittura del suono si parla

– dalle origini ai giorni nostri – di stilo, utensile dedicato alla scrittura fin dall'antichità. Anche se nel brevetto US 200,521 Edison parla di *indenting-point*, proprio una variante del medesimo brevetto propone un sistema per scrivere una traccia di inchiostro più o meno spessa a seconda delle variazioni di pressione dell'aria; si veda, a tal proposito, la Fig. 6 (a), dove *u* è un pennino il cui flusso di inchiostro è controllato dal diaframma che vibra al termine dello *speaking-tube* o *mouth-piece* contrassegnato dalla lettera B, e (b) e (c) sono schizzi relativi a questo utilizzo¹⁸.



(a)



(b)



(c)

Fig. 6. Utilizzo da parte di Edison del pennino per scrivere il suono: (a) dettaglio del disegno tecnico che illustra il brevetto US 200,521, (b) e (c) schizzi di Charles Batchelor, assistente tecnico di Edison, tratti dai “Technical Notes and Drawings”.

¹⁸ In The Thomas Edison Papers, *Digital Edition*, TAED NV17018, pp. 14-15.

Anche il simbolo dell'etichetta discografica «Gramophone», che diventerà HMV, prima del cagnolino Nipper riproduceva un angelo intento a scrivere su un disco, come ci mostra la Fig. 7¹⁹, quasi a voler farsi tramite tra il divino e l'umano attraverso la scrittura²⁰.



Fig. 7. L'angelo che scrive, marchio depositato dall'etichetta «Gramophone».

1.6 *Fleeming Jenkin e James Ewing*

Nel 1878, in una serie di articoli riguardanti il fonografo e il suo utilizzo nella ricerca scientifica²¹, Henry Charles Fleeming Jenkin (1833-1885) e Sir James Alfred Ewing (1855-1935), utilizzano un apparato per trascrivere le tracce dei cilindri di Edison.

Le registrazioni fonografiche, per poter essere analizzate, sono state ingrandite da un sistema di leve leggere che terminano in una penna formata da un cannello capillare elettrificato, che funziona come il sifone del registratore di Sir W. Thomson, e tracciano, su una striscia di carta che scorre, una versione ingrandita delle forme d'onda. [...] Le tracce ingrandite delle onde sonore sono riprodotte con un procedimento foto-litografico²².

Il Sir William Thomson (1824-1907) citato è il I Barone Kelvin, meglio conosciuto come Lord Kelvin, nel 1872 professore di filosofia naturale all'Università di Glasgow, coinvolto nello sviluppo dei cavi transatlantici e in molti temi legati alle telecomunicazioni, che nel 1858 inventò uno strumento per scrivere i messaggi telegrafici. Ne possiamo vedere uno sviluppo e le possibili varianti in due dettagli – relativi alla parte di scrittura e al sifone contenente l'inchiostro – del brevetto US 156,897 per un

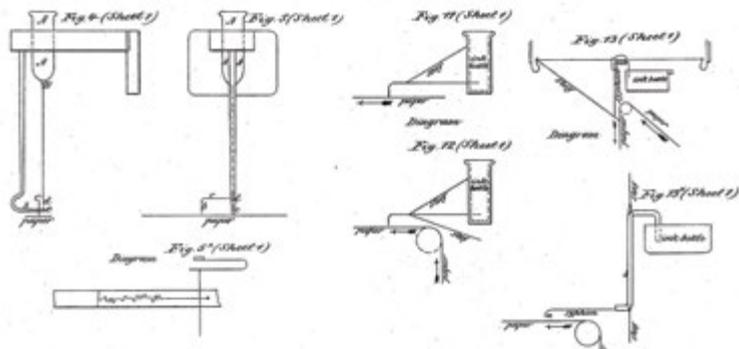
¹⁹ Foto dalla collezione privata di Angelo Sernagiotto, Treviso.

²⁰ Si veda a proposito Levin, "For the Record: Adorno on Music in the Age of Its Technological Reproducibility", p. 40.

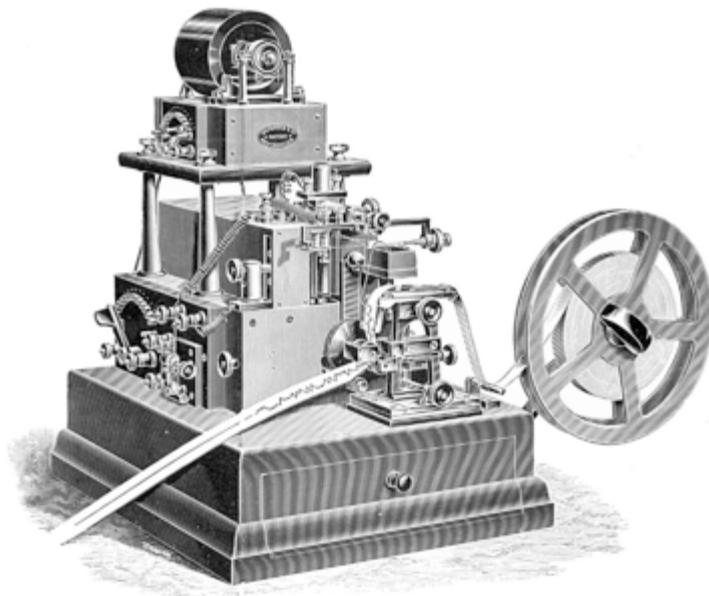
²¹ Si veda la bibliografia agli autori Jenkin e Ewing.

²² «The phonograph records were magnified for the purpose of analysis by a system of light levers terminating in a pen formed of an electrified capillary tube which worked like the siphon of Sir W. Thomson's recorder, and traced a magnified version of the wave forms on a moving strip of paper. [...] The magnified traces of sound waves are reproduced by photo-lithography». In Jenkin, *Papers Literary, Scientific, & co.*, p. 367, vol. II.

“Electric-Telegraph Apparatus”, depositato nel 1872, in Fig. 8 (a), e la riproduzione di un modello tratta da Kennedy, *Electrical Installations*, p. 49 in Fig. 8 (b).



(a)



(b)

Fig. 8. Due immagini del registratore di messaggi telegrafici a sifone di Lord Kelvin: (a) tratta dal brev. US 156, 879; (b) tratta da Kennedy.

Isidor Kitsee, in un brevetto sulla telegrafia sottomarina depositato nel 1899²³, ci dice che il «Morse sounder» dovrà essere sostituito nella ricezione dei telegrammi da

²³ Brevetto US 763,908, depositato il 28 ottobre 1899.

altri strumenti, fra i quali «il registratore a sifone di Lord Kelvin è un dei più ingegnosi in uso oggi», passando da un senso (l'udito) a un altro (la vista), e soprattutto avendo la possibilità di produrre un documento che si riferisca immediatamente al messaggio inviato.

1.7 John M'Kendrick

In ambito medico lo studio della produzione della voce è stato fin dall'inizio particolarmente attento al nuovo strumento di registrazione del suono e, grazie alle varie possibilità di visualizzarlo, di studiarlo nel dettaglio. Fra i primi a realizzare trascrizioni di un cilindro di Edison vi è John Gray M'Kendrick (1841-1926, professore emerito di fisiologia all'Università di Glasgow, autore di una trattato sulla fisiologia dei sensi e di una biografia di Helmholtz²⁴), che realizza un macchina, descritta in un articolo apparso nel 1895²⁵, per visualizzare i solchi di un cilindro di Edison.

Fra i vari metodi analizzati, M'Kendrick sceglie la microfotografia (si veda la Fig. 9), in cui

[...] ogni figura rappresenta 1/5 di pollice della superficie del cilindro di cera, ingrandita circa 14 diametri. I solchi verticali visti in ogni figura sono separati di 1/200 di pollice, e la lunghezza di ogni figura rappresenta 1/64 di secondo, vale a dire, quando ogni traccia è stata registrata, la puntina di zaffiro del marcatore collegato con la piastra vibrante del fonografo ha percorso la distanza rappresentata in proporzioni ingrandite in 1/64 di secondo. (La fig. 8 è leggermente più corta). Contando il numero di tacche o segni, che nella fotografia sembrano curiosamente in rilievo, si può allo stesso tempo determinare approssimativamente l'altezza del suono, le vibrazioni del quale determinano gli avvallamenti. La traccia 6 rappresenta la figura dei suoni prodotti dal violino, e si vedrà che essi variano molto la loro caratteristica²⁶.

Le altre tracce che si vedono nella figura, oltre al suono di violino (6) citato di circa 640 Hz, sono un suono di flauto (7) di circa 1000 Hz, la vocale O (8) e un suono di organo. M'Kendrick, dopo aver passato in rassegna gli altri metodi a lui conosciuti per visualizzare e misurare il tracciato del suono (quelli sviluppati da Jenkin e Ewing,

²⁴ M'Kendrick, *Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz*. Per ulteriori notizie biografiche su M'Kendrick si veda Bayliss, "John Gray M'Kendrick, physiologist (1841-1926)".

²⁵ M'Kendrick, "The Tone and Curves of the Phonograph".

²⁶ «Each figure represents 1/5th of an inch on the surface of the wax cylinder, magnified about 14 diameters. The vertical grooves seen in each figure are 1/200th inch apart, and the length of each figure represents in time 1/64th second, that is to say, when each tracing was recorded, the sapphire point of the marker connected with the vibrating plate of the phonograph travelled over the distance represented in magnified proportions in 1/64th part of a second. (Fig. 8 is slightly shorter.) By counting the number of indentations or marks, which in a photograph have a curious appearance of being in relief, one can at once determine approximately the pitch of the tone, the vibrations of which made the impressions. Tracing 6 represents the picture of tones produced by the violin, and it will be seen that they vary much in character», *ibidem*, p. 587.

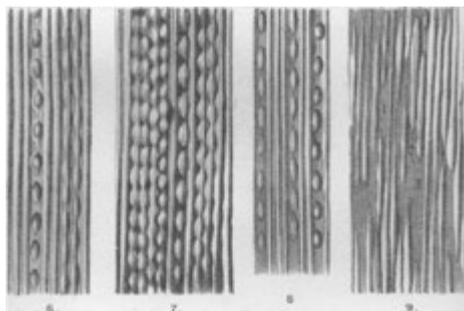


Fig. 9. Immagini microfotografiche di vari solchi di cilindro.

Hermann of Königsberg, Boeke of Alkmaar, König) realizza egli stesso un apparato per trascrivere le tracce impresse sui cilindri: una macchina che rallenta e amplifica il movimento dello stilo mentre riproduce il solco del cilindro (si veda la Fig. 10).

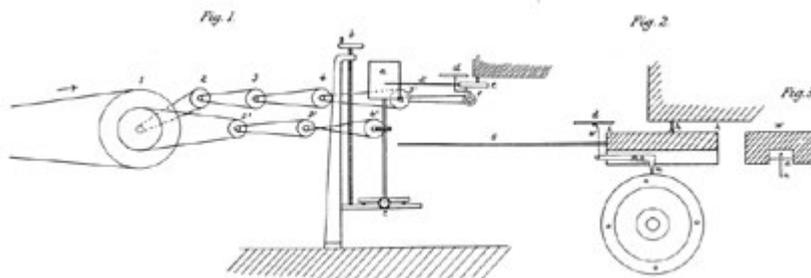


Fig. 10. Apparato ideato da M'Kendrick per trascrivere i solchi dei cilindri di Edison.

1.8 Psicologia sperimentale ed etnologia

In Europa, soprattutto in area germanofona, dove la musicologia si muoveva tra fiorenti studi di psicologia sperimentale (Wilhelm Wundt, Carl Stumpf, Salomon Otto Abraham, il vecchio Gustav Fechner) e interessi etnologici (Erich Moritz von Hornbostel e ancora Carl Stumpf), l'idea di poter 'tra-scrivere' il suono registrato, in particolare nel suo aspetto vocale, è molto presente. L'interesse per la creazione di archivi di documenti sonori (Berlino e Vienna) unito agli studi di psicologia faranno dell'area tedesca un centro nevralgico per questa nuova produzione di strumenti ('musicali' e scientifici) e documenti (sonori). Anche nei suoi aspetti più divulgativi, la nuova possibilità di fissare quanto di più aereo i nostri sensi conoscano è legata alla scrittura, al punto che l'immagine di copertina della «Phonographische Zeitschrift», nata nel 1899 e «organo ufficiale dell'associazione per la conoscenza fonografica e dell'associazione fonografica», dal 1907 è una donna intenta ad ascoltare e contemporaneamente a scrivere – presumibilmente ciò che sta ascoltando – non certamente caratteri alfabetici bensì una specie di forma d'onda, come si può vedere nella Fig. 11.



Fig. 11. Testata della «Phonographische Zeitschrift».

Nel numero del 18 luglio 1907 della stessa rivista vi è anche un articolo su *L'importanza dei glifi fonografici per la ricerca fonetica* dell'allora ventinovenne medico di origine romana Giulio Panconcelli-Calzia (che negli anni quaranta sarebbe diventato noto per i suoi trattati di fonetica), che riporta due significative immagini tratte da fotografie al microscopio eseguite su rulli di cera di Edison (si veda la Fig. 12), ponendosi anche un problema relativo alla tecnologia dei materiali mostrando come le tracce visibili sui vecchi modelli di rulli di cera (molle, Fig. 12, sinistra) fossero meno definite e più discontinue di quelle visibili sui nuovi modelli (più rigidi, Fig. 12, destra).

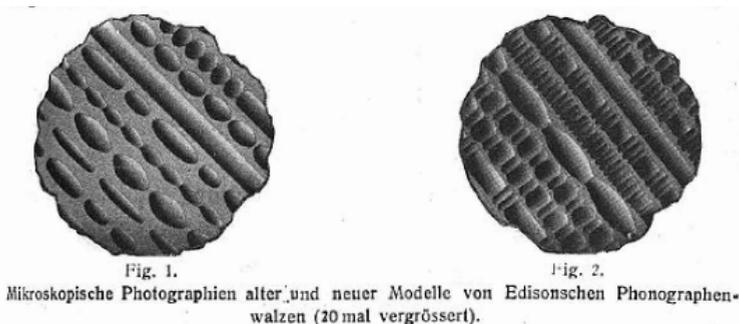


Fig. 12. «Glifi fonografici».

L'utilizzo del termine «glifo» inserisce inoltre il medico fonetista italo-tedesco in quel clima di simbologia linguistica che all'epoca permeava gli ambienti letterari e scientifici.

1.9 *Edward Scripture*

Edward Wheeler Scripture²⁷ (1864-1945) nasce a Mason, New Hampshire. Discute la tesi di dottorato nel 1891 a Leipzig con Wilhelm Wundt – fondatore della psicologia sperimentale – ed è tra i promotori di questa disciplina negli USA, dove ritorna dalla Germania subito dopo il conseguimento del dottorato. Nel 1903 è nuovamente in Germania e nel 1906 ritorna negli USA dove, nel 1915, assume una posizione accademica presso l'Università della Columbia. Nel 1919 lo ritroviamo a Londra che lascia nel 1929 per recarsi a Vienna, dove avvia un laboratorio di linguistica fonetica. Ritorna a Londra nel 1933. La sua evoluzione di studioso attraversa, come lui stesso ci dice, quattro fasi:

1. cartesiana;
2. della psicologia sperimentale ispirata alle teorie di Wundt e Fechner;
3. freudiana;
4. relativistica.

Per studiare scientificamente – cioè potendolo misurare – l'andamento melodico e fonetico del parlato, Scripture utilizza un apparato per trascrivere un disco grammofonico²⁸. Le possibilità strumentali offertegli per impostare il suo studio in maniera sperimentalmente corretta ci danno un quadro della dicotomia 'scrittura-lettura'; Scripture si trova di fronte a un'alternativa, avere a disposizione

1. una traccia del suono direttamente studiabile, senza la possibilità di riprodurre il suono;
2. una traccia del suono che possa anche essere riprodotta²⁹.

Scripture passa dunque in rassegna le tecnologie fino allora conosciute per ottenere tracce visibili del suono e menziona il fonautografo di Scott (de Martinville), il logografo di Barlow, l'orecchio fonautografico di Blake³⁰, un fonautografo migliorato realizzato da Schneeбели, un sistema che utilizza la fotografia di E. W. Blake, il sistema con inchiostro di anilina che scrive su una striscia di carta di Preece e Stroh, e poi Rigollot e Chavanon, Hensen e, basandosi sul dispositivo di Hensen, Pipping, e ancora Rapps, Marey, la fiamma manometrica di Koenig, il fonografo di Edison, e per studiare le registrazioni fonografiche il metodo di Boeke e il metodo microfotografico sviluppato da Hermann. Il grammofono di Berliner è però lo strumento analizzato più

²⁷ La gran parte delle informazioni biografiche sono tratte da <http://www.acsu.buffalo.edu/~duchan/history_subpages/scripture.html>, dove si possono trovare anche notizie bibliografiche.

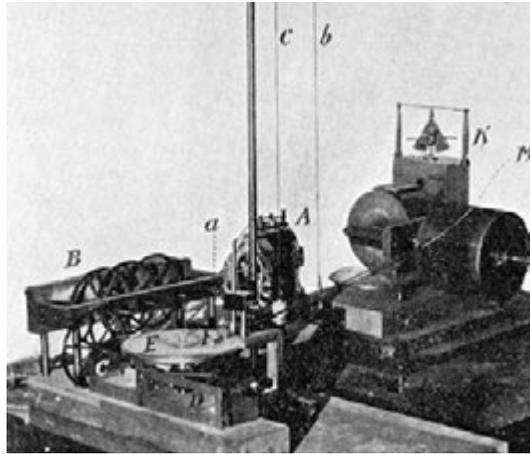
²⁸ Per una descrizione dettagliata si veda Scripture, "Researches in experimental phonetics", pp. 10-14.

²⁹ «Causing the sound to trace a record that might be directly studied, without the possibility of reproducing the sound. 2. Causing the sound to trace a record which could be used to reproduce the sound and which could also be studied». Ivi, p. 2.

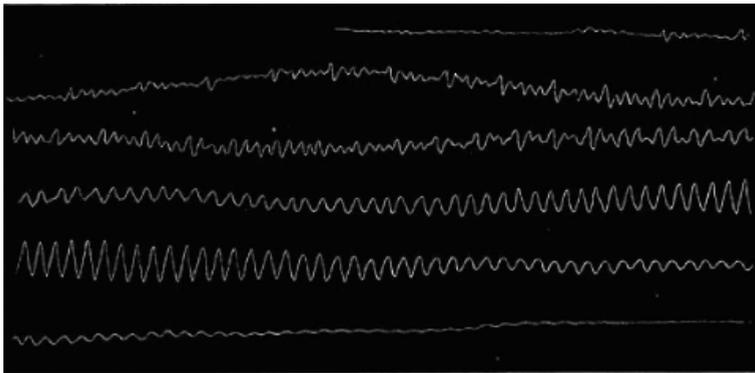
³⁰ Si veda § 1.4.

nel dettaglio; viene preso a modello per la produzione di documenti sonori e ad esso vengono dedicate quattro pagine di dettagliata descrizione³¹.

Come M'Kendrick, anche Scripture si rifaceva agli studi e ai metodi di Hermann, che utilizzava la fonofotografia per effettuare le sue misurazioni³². L'apparato utilizzato da Scripture e una trascrizione ottenuta dal suo utilizzo si possono vedere nella Fig. 13³³.



(a)



(b)

Fig. 13. L'apparato utilizzato da Scripture per trascrivere i dischi grammofonici (a) e la trascrizione di parte del disco n. 6015 della National Gramophone Company di New York, contenente William Hooly che legge la filastrocca per bambini "The Sad Story of the Death and the Burial of Poor Cock Robin" (b).

³¹ In Scripture, "Researches in experimental phonetics", pp. 7-10.

³² Si veda, citato anche da M'Kendrick, Hermann, "Phonophotographische Untersuchungen".

³³ Tratta da Scripture, "Researches in experimental phonetics", pp. 11, 16.

Con questo apparato Scripture produrrà svariate trascrizioni, alla base della sua ricerca nel campo della fonetica. Sebbene la relazione fra il dato visibile (e misurabile) – una forma d’onda –, e il fenomeno acustico non sia facilmente individuabile, merito di Scripture fu quello di aver dato uno statuto di credibilità e scientificità alle trascrizioni da lui prodotte. Bisognerà attendere Seashore e in seguito Seeger affinché una trascrizione di documento sonoro, che avverrà però nel codominio della frequenza, possa dare un utile aiuto all’analisi del fenomeno sia acustico sia musicale.

1.10 Carl Seashore

Carl Emil Seashore³⁴ (1866-1949) nasce a Mörlunda in Svezia. Studia a Yale, sotto la guida di Edward Scripture (di appena un anno e otto mesi più vecchio di lui) col quale lavora a uno spark-chronoscope e a un audiometro. Nel 1897 si trasferisce nell’Iowa dove rimane per quasi cinquant’anni. Preside del Graduate College of the State University of Iowa dal 1908 al 1936, anno del suo pensionamento (il primo). Viene richiamato per dirigere pro tempore la Graduate School dal 1942 al 1946, anno del suo definitivo pensionamento. Lo possiamo vedere al lavoro con il tonoscope nella Fig. 14³⁵.



The tonoscope for analyzing the pitch of the tones on a disk phonograph record

Fig. 14. Seashore al tonoscope.

³⁴ La gran parte delle informazioni sono tratte da Miles, “Carl Emil Seashore. 1866-1949”.

³⁵ Tratta da Cary, “Are You a Musician? Professor Seashore’s Specific Psychological Tests for Specific Musical Abilities”, p. 326

1.11 “La questione della notazione scientifica della musica”

Con la fondazione della psicologia sperimentale applicata alla musica (e ai suoni) si poneva il problema di notare in maniera scientifico-sistematica la musica per poter effettuare misurazioni – possibilmente ripetibili – su di essa.

Se teniamo a mente che tutti questi aspetti della musica che abbiamo menzionato sono misurabili e in grado di essere descritti e esposti in forma scientifica esatta, la questione della notazione scientifica della musica diventa urgente³⁶.

I tentativi fatti fino ad allora non erano sistematici e non permettevano di misurare i fenomeni correlati all’evento musicale in maniera sufficientemente precisa.

I Dipartimenti di Psicologia e di Fisica dell’Iowa per molti anni hanno condiviso l’uso di un eccellente fornitore di attrezzature e un periodo di strumenti con buone meccaniche. I prototipi degli strumenti di Seashore venivano realizzati da questo fornitore, sempre sotto la stretta sorveglianza del loro progettista. Dopo un periodo di uso sperimentale venivano ovviamente rimodellati ma in generale i progetti funzionavano bene fin dall’inizio. Numerosi di questi apparati venivano costruiti e venduti commercialmente dalla compagnia C. H. Stoelting di Chicago, Illinois. Ricordiamo con piacere che per la piccola parte del suo contributo nell’avanzamento della psicologia, il Dr. Seashore tipicamente *si rifiutava di accettare qualsiasi compenso ricavato dalla vendita dei suoi strumenti*³⁷.

La dotazione di “alcuni nuovi strumenti nel laboratorio per la psicologia della musica dell’Iowa” comprendeva, nel luglio 1930, fra gli altri, il modello VI del *Tonoscope*³⁸.

1.12 Il *Tonoscope*

Fra i vari strumenti che Seashore utilizza nei suoi esperimenti ve n’è uno maggiormente sfruttato: il *tonoscope*, funzionante in base al principio dello stroboscopio. Numerosi modelli vennero costruiti e descritti dall’autore nell’arco di venticinque

³⁶ «If we bear in mind that all of these aspects of music which have been mentioned are measurable and capable of description and statement in exact scientific form, the question of scientific musical notation becomes urgent», in Seashore, *Psychology of music*, p. 21

³⁷ «The Departments of Psychology and Physics at Iowa for many years had shared the use of an excellent machine shop and the time of good instrument mechanics. The pilot models of Seashore’s instruments were made in this shop, always under very careful guidance from their designer. After a period of experimental use they were of course sometimes remodeled but in general the designs were well worked out at the beginning. Several of these apparatus units were manufactured and sold commercially by the C. H. Stoelting Company, Chicago, Illinois. It is pleasant to record that as one little part of Dr. Seashore’s contribution to the advancement of psychology he characteristically *refused to accept any royalty on the sale of his instruments*», in Miles, “Carl Emil Seashore. 1866-1949”, pp. 272-273, corsivi miei.

³⁸ Si veda Seashore, “Some New Instruments in the Iowa Laboratory for the Psychology of Music”, p. 77.

anni³⁹. L'ultimo modello, il VI (si veda la Fig. 15 [a]), verrà impiegato per realizzare numerose trascrizioni, tra le quali gran parte di quelle presenti in Seashore, *Psychology of music*, di cui si può vedere un esempio nella Fig. 15 (b); in ognuno dei tre riquadri di quest'ultima immagine si notino le due linee: quella superiore, che indica l'altezza del suono, e quella inferiore, che ne indica l'involuppo d'ampiezza.

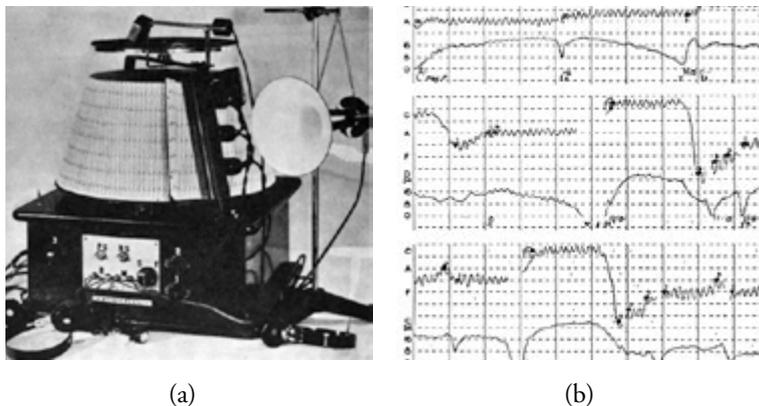


Fig. 15. Il Tonoscope di Seashore nella sua ultima versione, la VI (a) e una trascrizione effettuata con esso (b).

1.13 Lo Stroboscoppo o stroboscopia cromatica

Il 28 maggio 1938 il fisico Robert William Young⁴⁰ (1908-2002) deposita il brevetto US 2,286,030; pochi mesi dopo, in ottobre, nel volume 10 del *Journal of Acoustical Society of America*, pubblica un articolo sulla teoria dello stroboscoppo cromatico⁴¹. Il principio su cui si basa l'analizzatore in frequenza è lo stesso utilizzato da Seashore, citato infatti nell'articolo del JASA, con una maggiore precisione nella misurazione, al punto che lo strumento, messo in commercio dalla ditta Conn (è infatti meglio conosciuto come Stroboscoppo, come si può vedere nella Fig. 16 (c)⁴²), «per decenni, secondo la Società di Acustica Americana, [...] fu considerato il più preciso per misurare la frequenza dei suoni udibili»⁴³. Lo stesso Harvey Fletcher lo impiega per effettuare

³⁹ Il I, in Seashore, "A Voice Tonoscope", il II, in Seashore, "The Tonoscope", il III, in Seashore, *The Psychology of Musical Talent*, il IV e il V non sono stati descritti dall'autore in pubblicazioni tecniche (come lo stesso autore afferma in Seashore, *The Measurement of Pitch Intonation with the Tonoscope in Singing and Playing*, p. 18) e il VI, ivi, pp. 189-193.

⁴⁰ Le notizie biografiche sono tratte da Day, *Robert William Young Biography*.

⁴¹ Si veda Young, "Theory of the Chromatic Stroboscope", p. 112.

⁴² In Conn, *How to use the Stroboscoppo in piano tuning*, p. 4.

⁴³ «For decades, according to the Acoustical Society of America, this device was the most precise method to measure the frequency of audible sounds», in Day, *Robert William Young Biography*, pp. 1-2.

le misurazioni, utilizzate ai fini della risintesi, delle frequenze parziali di vari suoni strumentali (pianoforte, organo, strumenti ad arco).

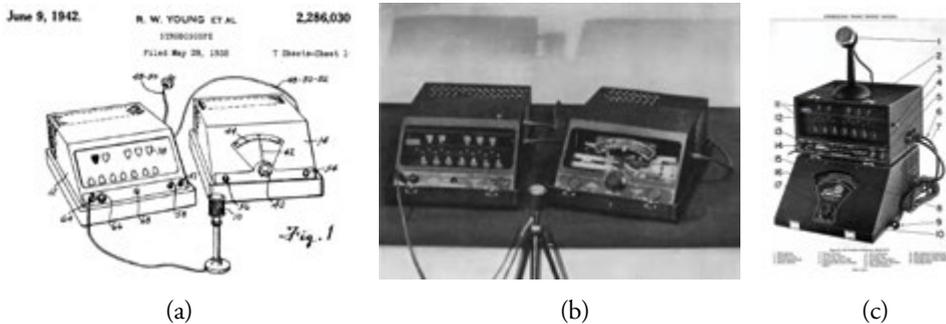


Fig. 16. Lo Strobocconn, o stroboscopio cromatico, di Young tratto dal brevetto US 2,286,030 depositato nel maggio 1938 (a), dall'articolo apparso sul JASA nell'ottobre dello stesso anno (b) e da un manuale d'uso del 1956 (c).

1.14 Charles Seeger

Tre rischi sono inerenti alle nostre pratiche di scrittura musicale. [...] Il terzo risiede nel nostro aver fallito nel distinguere tra usi prescrittivi e descrittivi della scrittura musicale, vale a dire, tra un piano dettagliato di come uno specifico brano di musica deve essere eseguito per suonare e una descrizione di come una specifica esecuzione di esso in realtà suonava⁴⁴.

Così scriveva Charles Louis Seeger Jr. (1886-1979) nell'aprile del 1958 sulla rivista «The Musical Quarterly». L'ambito del suo lavoro era quello etnomusicologico (ma non dimentichiamo che Seeger era un musicologo 'a tutto tondo' e che i suoi interessi erano rivolti anche alla musica contemporanea, alla didattica e alla promozione musicale). All'epoca il dibattito sul problema di scrivere/trascrivere esecuzioni di musica etnica era già consapevolmente avviato da qualche anno⁴⁵.

Nel 1949 le prime esigenze di un dispositivo che registrasse la frequenza automaticamente ad uso dei musicologi si potevano praticamente e a un costo accessibile concretizzare.

Presso il laboratorio della Cornell University dove lavorava uno dei tre figli di Seeger, Charles III, astronomo che partecipò al progetto SETI (Search for Extraterrestrial

⁴⁴ «Three hazards are inherent in our practices of writing music. [...] The third lies in our having failed to distinguish between prescriptive and descriptive uses of music-writing, which is to say, between a blueprint of how a specific piece of music shall be made to sound and a report of how a specific performance of it actually did sound», in Seeger, «Prescriptive and Descriptive Music-Writing», p. 184.

⁴⁵ Si veda il § 4.1

Intelligence) della NASA, Charles padre assemblò vari componenti e costruì, fra il 1949 e il 1951, un prototipo del «Melograph»⁴⁶, secondo lo schema riportato in Fig. 18⁴⁷.



(a) Seeger al Melograph

(b) Melograph modello C

Fig. 17. Due immagini del melografo.

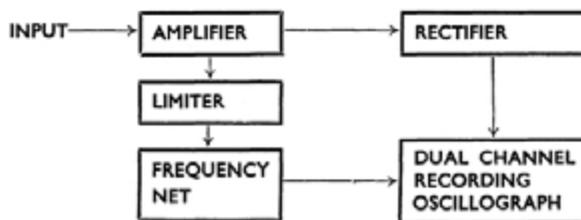


Fig. 18. Diagramma dei componenti il prototipo di Melograph di Charles Seeger.

Si trattava della combinazione di un analizzatore di frequenza e di un sistema di registrazione su rullo di carta (si veda Fig. 19), che produceva un grafico della frequenza con una precisione regolabile.

1.15 Il melografo

Seeger nel 1951 ci riporta le parole di Potter in merito allo sviluppo degli spettrografi e della loro possibilità di realizzare trascrizioni leggibili dai sordi.

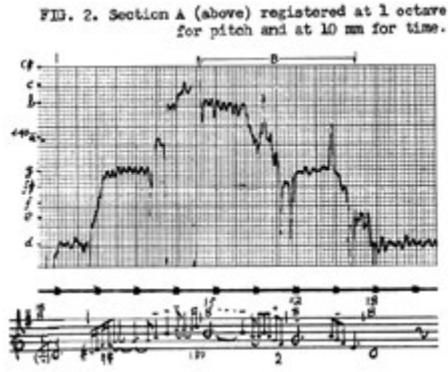
«Tecniche per registrare automaticamente le forme d'onda dei suoni sono state ampiamente sviluppate; ma è rimasto irrisolto, fino ad oggi, il problema di registrare i suoni in maniera da permettere la loro pronta interpretazione visiva e la correlazione con il senso dell'udito. Una particolare difficoltà che emerge nell'interpretazione delle regi-

⁴⁶ Una prima descrizione, quando ancora non aveva questo nome, la si può trovare in Seeger, "Toward a Universal Music Sound-Writing for Musicology". Si veda inoltre Seeger, "An Instantaneous Music Notator".

⁴⁷ Tratto da *ivi*, p. 104.



(a) Sanborn 151-100A



(b) Grafico della frequenza

Fig. 19. Il registratore su carta del prototipo di Melograph di Charles Seeger.

strazioni delle forme d'onda è l'effetto dei rapporti di fase fra fondamentali e armoniche [...] Il fatto è che le tracce dell'onda contengono troppe informazioni». L'apparecchio progettato dai Bell Laboratories specialmente perché i sordi possano leggere le conversazioni telefoniche venne chiamato 'spetrografo sonoro'. Esso ha una risposta lineare⁴⁸.

La parte di analizzatore in frequenza era stata dunque affrontata presso i Bell Labs già tra la fine degli anni trenta e gli inizi degli anni quaranta del secolo scorso e parte dei risultati vennero riassunti nel 1947 nel testo di Potter, Kopp e Green, *Visible speech*. Lo strumento allora abbozzato, che ancor oggi gode di una vitalità tutt'altro che sopita, è la *Phase Vocoder*⁴⁹.

Una descrizione del melografo possiamo trovarla in Moore, «The Seeger Melograph Model C», dove si illustra

[...] un analizzatore elettronico del suono che produce una registrazione grafica filmata di altezza, ampiezza e spettro. Sia dal vivo sia da materiale registrato su nastro realizza tre analisi separate e quindi ricombina il risultato in informazioni video. Convertita in raggi luminosi da un tubo a raggi catodici (CRT), quest'informazione produce un'immagine su un film a 16 mm [...] Il circuito per l'analisi dell'altezza ha un intervallo di sette ottave, dal "do" a 32,703 Hz fino a 4186 Hz. L'intervallo dinamico del circuito è di 70 dB. L'altezza è analizzata e visualizzata 250 volte al secondo⁵⁰.

⁴⁸ «Techniques for automatically recording the wave forms of sounds have been very highly developed; but there has remained unsolved, until recently, the problem of recording sounds in a manner permitting their ready visual interpretation and correlation with the auditory sense. An outstanding difficulty with the interpretation of the records of wave forms is the effect of phase relationship between fundamentals and harmonics [...] The facts are that wave traces contain too much information», in Potter, «Visible Patterns of Sound». Continua Seeger: «The apparatus designed by the Bell Laboratories especially so that deaf persons could read telephone conversations was called the 'sound spectrograph.' It is linear in response», in Seeger, «An Instantaneous Music Notator», p. 104.

⁴⁹ Sul Phase vocoder e sui sistemi di raffigurazione del suono da esso derivati si veda il prossimo numero di «Musica/Tecnologia»

⁵⁰ «[...] an electronic sound analyzer that produces a filmed graphic record of pitch, amplitude, and

Precisione e ricchezza – e separabilità – delle informazioni lo renderanno uno strumento versatile anche se ancora poco pratico a causa delle sue dimensioni, come possiamo vedere nella Fig. 17 (b)⁵¹. A questo strumento e alle sue applicazioni in etnomusicologia venne dedicato nel 1974 un numero monografico dei «Selected Reports in Ethnomusicology» dell'Università della California⁵².

2. Robert Cogan

2.1 Nuove immagini

Alla fine degli anni settanta del secolo scorso, due studiosi del New England Conservatory, Pozzi Escot e Robert Cogan⁵³, sviluppano un modello analitico musicale basato sullo studio del timbro. Le loro ricerche si concretizzano in particolare in due testi: Cogan e Escot, *Sonic design: the nature of sound and music* e Cogan e Escot, *Sonic design: practice and problems*. Con l'evoluzione della tecnologia di rappresentazione dei segnali audio, pochi anni dopo, Robert Cogan avrà la possibilità di fotografare i sonogrammi dei brani da analizzare, i quali spazieranno nel tempo – dal canto gregoriano alla musica elettronica – e nello spazio – da Bali a Parigi –, senza preclusioni di genere – da Mozart a Billie Holiday –. Una *storia* della musica (delle musiche?) dal punto di vista timbrico, che equivarrebbe a una storia della musica da un punto di vista fenomenologico, ancora non è stata scritta. Cogan muove i primi passi in questa direzione partendo, per poter dare un senso che non sia la pura percezione personale dell'evento sonoro, da quella che oggi viene ritenuta la miglior raffigurazione dell'evento sonoro, quella che può descrivere 'oggettivamente' la realtà del fenomeno sonoro come memorizzato su un supporto (o come prodotto dal vivo), fornendo informazioni relative alla frequenza che la forma d'onda non è in grado di restituire. Tramite di questa raffigurazione sono i sonogrammi, «nuove immagini» della musica, a un tempo chiare (nella loro forma di coordinate tempo-frequenza) ai musicisti che leggono la musica in una partitura tradizionale e oscure, a causa della oggettività matematica con cui ci restituiscono il suono e nella cui raffigurazione non ritroviamo immediatamente i 'suoni' (ad esempio quelli degli strumenti acustici) a noi famigliari. Ma è proprio questa familiarità che si sta ampliando e che viene arricchita da «nuove immagini», oggi alla portata di tutti i musicisti che leggono la 'musica' (si vedano le Figg. 26 e 27).

spectrum. From live or tape-recorded material it performs three separate analyses, and then recombines the results as video information. Converted to light on a cathode-ray tube (CRT), the information produces an image on 16mm film [...] The pitch analysis circuit has a range of seven octaves, from 32,703 Hz "C" to 4186 Hz. The dynamic range of the pitch circuitry is 70 dB. Pitch is analyzed and displayed 250 times per second», in Moore, "The Seeger Melograph Model C", pp. 3, 6.

⁵¹ Tratta da *ivi*, p. 3

⁵² Crossley-Holland, *Selected Reports in Ethnomusicology*.

⁵³ Per ulteriori informazioni si veda il sito Cogan e Escot, *Sonic Design*.

2.2 Robert Cogan

Nel 1984 esce il testo di Cogan, *New Images of Musical Sound*, che illustra ampiamente la possibilità di studiare il timbro tramite la visualizzazione di sonogrammi. Proprio partendo dalle analisi degli strumenti musicali acustici effettuate da Harvey Fletcher⁵⁴, Cogan intende mettere in rilievo le possibilità di studio del timbro che, in quanto parametro imprescindibile della musica e oggetto specifico di alcuni repertori, segnatamente quello elettroacustico, sarebbe diventato l'elemento primario di interesse per musicisti e musicologi. Per ottenere le «nuove immagini», Cogan utilizza un metodo simile a quello adottato da Seeger.

La sorgente del suono musicale può essere sia una registrazione sia strumenti o voci dal vivo. L'analizzatore di spettro è uno strumento che calcola una trasformata di Fourier veloce ogni trentatré millisecondi, in grado di analizzare suoni in registri di cinque ottave contigue simultaneamente. Colui che effettua l'analisi può adattare il sistema all'interno degli specifici registri coperti dal medium sonoro⁵⁵.

Se il melografo nasceva alla fine degli anni quaranta del Novecento per analizzare soprattutto suoni strumentali, canti (spesso monodici), materiali musicali comunque prodotti da strumenti acustici, le esigenze compositive e analitiche che incominciano a farsi strada negli anni cinquanta vedono nascere un altro fenomeno, quello della musica elettroacustica, il quale ha radici anche nelle ricerche di acustica e nello studio analitico dei suoni.

«Lei ha potuto constatare che nel mio progetto io tendo a un duplice fine: in primo luogo la ricerca acustica nell'interesse della musica pura, in secondo luogo l'elaborazione e l'applicazione di alcuni risultati per un miglioramento del film sonoro [...]», scrive Edgar Varèse in una lettera inviata il 1 dicembre 1932 a Harvey Fletcher, allora ai Bell Labs. Trent'anni dopo, alcuni lavori di Fletcher avranno come soggetto l'analisi e la risintesi di suoni strumentali, lavori a cui si riferisce anche Cogan per illustrare il suo percorso.

Esigenze compositive, analitiche, scientifiche si sovrappongono, e sono portate a maturazione nel lavoro di Cogan, che tuttavia ancora risente della limitatezza delle tecnologie utilizzate. Montare le fotografie delle singole schermate dell'analizzatore di spettro, aggiustare il registro delle ottave a seconda del materiale da analizzare, scegliere i parametri per l'analisi, sono ancora operazioni artigianali, che oggi, in presenza dell'unico flusso di bit fornitoci dai sistemi digitali, richiedono meno passaggi e forniscono maggior precisione. Sebbene la precisione in determinati casi sia fornita da singoli spettrogrammi (si veda la Fig. 20), le scelte di raffigurazione, soprattutto nel dominio del tempo, sono orientate

⁵⁴ Si veda § 1.13.

⁵⁵ «The source of musical sound could be either a recording or live voices or instruments. The spectrum analyzer was a thirty-three-millisecond fast Fourier transform instrument, capable of analyzing sounds in five contiguous octave registers simultaneously. The analyst could tune into the specific registers activated by the sonic media», in Cogan, *New Images of Musical Sound*, p. 155.

particolarmente alla macroforma. Un esempio ci viene fornito dalle due immagini di Fig. 21 che mostrano tutto un brano della durata di 2'50"⁵⁶.

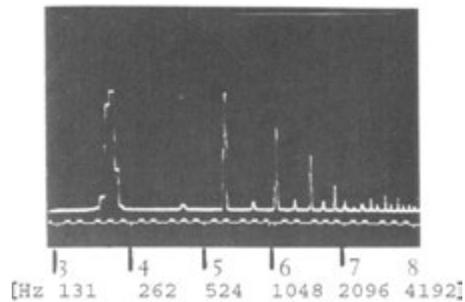


Fig. 20. Spettrogramma di suono di gamelan.

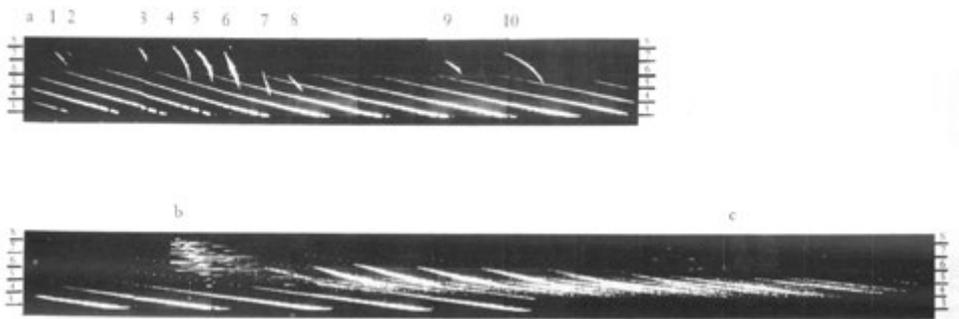


Fig. 21. Sonogramma del brano di Jean-Claude Risset, *Fall*, per suoni di sintesi.

3. Forme di visualizzazione

3.1 Forma d'onda

Le trascrizioni che finora abbiamo potuto vedere, in particolare alle origini delle tecnologie di registrazione del suono, raffigurano quasi sempre la sua forma d'onda. L'isomorfismo che intercorre fra il fenomeno fisico di propagazione del suono e la forma d'onda è tale da poter svolgere su di essa un'operazione di *reverse engineering*. Da un'immagine della forma d'onda adeguatamente ingrandita (ricordo che ingrandire i solchi dei rulli e dei dischi è stato il primo problema da risolvere da un punto di vista

⁵⁶ Si tratta del brano *Fall* di Jean-Claude Risset, tratto dalla *Computer Suite from Little Boy* e ispirato agli studi di psicoacustica svolti dal compositore francese sui «glissandi infiniti». La Fig. 20 è invece un singolo suono di gamelan. I numeri ai lati dei sonogrammi e sotto lo spettrogramma indicano i 'do' delle ottave: 3 = C3 = 131 Hz. Le due immagini sono tratte da *ivi*, pp. 47, 109.

tecnologico nelle prime apparecchiature dedicate alla trascrizione) e dettagliata (oggi diremmo ad alta risoluzione) possiamo ottenere un suono. Tuttavia la forma d'onda, sebbene ancora la forma di visualizzazione privilegiata da quasi tutti i programmi audio, non ci fornisce molte informazioni facilmente interpretabili visivamente sul fenomeno acustico, giusto un'approssimazione della sua ampiezza che, come ben si sa, non corrisponde propriamente alla percezione dell'intensità del suono da parte del cervello umano. La sua 'utilità' a fini di studio è limitata (se ne sono accorti la gran parte degli studiosi che abbiamo passato in rassegna nelle sezioni precedenti di questo capitolo) e non consente di trarre conclusioni significative sul contenuto del suono come noi lo percepiamo. Se ha dunque una forte valenza di scrittura naturale, dato l'isomorfismo visto sopra, non è però molto utile praticamente, se non come guida, ai fini dello studio del fenomeno acustico e musicale. Nella Fig. 22 possiamo vedere, in finestre temporali uguali, due esempi estremi di forma d'onda: un'onda sinusoidale di frequenza 440 Hz (massima periodicità, regolarità) e un rumore bianco (massima aperiodicità, irregolarità) generati digitalmente:

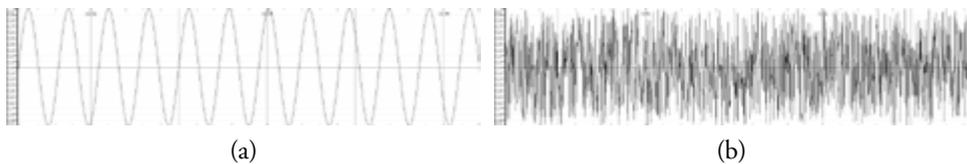


Fig. 22. Forme d'onda. Ai due estremi fra 'suono' e 'rumore' si collocano l'onda sinusoidale (a) e il rumore bianco (b), entrambi prodotti e producibili solo in laboratorio.

3.2 Involuppo d'ampiezza

Da un punto di vista percettivo abbiamo visto come la forma d'onda non dia troppe informazioni. L'andamento dell'ampiezza dell'onda corrisponde solo in parte a ciò che il cervello percepisce. Molto più vicino alla nostra percezione dell'intensità dei suoni è l'involuppo d'ampiezza. Ne abbiamo potuto apprezzare un esempio già nel melografo di Seashore e viene utilizzato anche in partiture di musica contemporanea⁵⁷. Ne possiamo vedere due soluzioni diverse, in finestre di dimensioni temporali uguali a quelle di Fig. 22, nella Fig. 23.



Fig. 23. Involuppi d'ampiezza.

⁵⁷ Si veda la Fig. 27 (b).

3.3 Spettrogramma

Lo spettrogramma, inteso come rilevazione ‘istantanea’ del contenuto in frequenza di un suono, da un punto di vista musicale ha ancora meno valore della forma d’onda, anche se può essere utilizzato per analizzare nel dettaglio – sia temporale sia frequenziale – una particolare caratteristica timbrica⁵⁸.

Nella Fig. 24 possiamo vedere gli stessi due esempi estremi di suoni, ma nella loro raffigurazione spettrale ‘istantanea’:

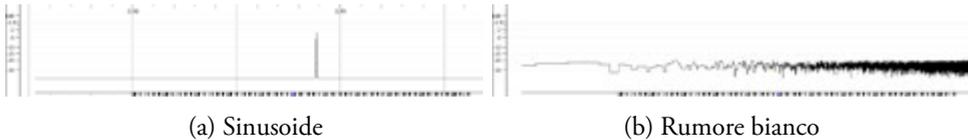


Fig. 24. L'onda sinusoidale (a), che nello spettrogramma compare come una ‘riga’ verticale, e il rumore bianco (b), che nello spettrogramma compare come una ‘riga’ orizzontale.

3.4 Sonogramma

Chiameremo genericamente sonogramma una rappresentazione dello spettro sonoro nel dominio del tempo. Questo tipo di rappresentazione implica, rispetto al piano cartesiano, la necessità di esprimere una terza dimensione: oltre a quella temporale e a quella frequenziale anche quella relativa all’ampiezza. Eseguire un sonogramma, con le tecniche digitali oggi a nostra disposizione, non è computazionalmente oneroso, tuttavia nella resa grafica molti sono i parametri a nostra disposizione per fornire informazioni visive che enfatizzino alcuni aspetti del segnale piuttosto che altri. Un esempio lo possiamo vedere in tre figure che si trovano in Klapuri e Davy, *Signal processing methods for music transcription*, p. 93, in cui tre forme diverse di sonogramma sono elencate evidenziando la prima uno «spettrogramma» (il segnale originale), la seconda e la terza due *layers* differenti dello stesso (ottenuti a seguito di operazioni sul segnale), uno «tonale» e l’altro relativo ai «transienti»: ognuna di queste immagini ci fornisce informazioni specifiche che possono essere utili ognuna in contesti diversi con segnali diversi. Le operazioni effettuate sul segnale sono tuttavia frutto di una scelta ben precisa che, sebbene utile a fini analitici e raffigurativi, riduce l’informazione contenuta nel segnale originale.

Gli stessi due segnali già raffigurati come forma d’onda e come spettrogramma li possiamo vedere, in un segmento di circa due secondi, in forma di sonogrammi nella Fig. 25.

⁵⁸ Ne abbiamo visto un esempio nel § 2.2.

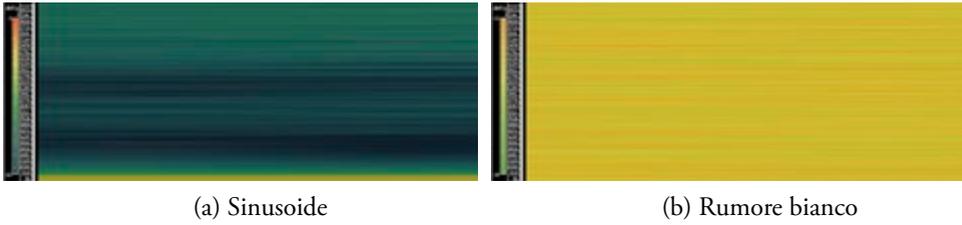


Fig. 25. Sonogrammi dell'onda sinusoidale (a), in cui è visibile la sottile riga rossa in basso, e del rumore bianco (b). A sinistra la scala di colore che indica l'ampiezza relativa.

PARTE II
Finalità e metodo

4. *Lo studio dei repertori musicali senza notazione*

4.1 *Gli strumenti delle musicologie*

Le tecnologie della registrazione sonora hanno permesso la nascita di una nuova disciplina: l'etnomusicologia. Sebbene la 'musicologia comparata' esistesse già da prima parallelamente agli altri studi teorici musicali, solo gli strumenti di registrazione messi a disposizione degli etnografi/musicologi avrebbero liberato questa disciplina dall'arbitrio della trascrizione 'a orecchio' e 'a memoria'. I repertori di musica etnica tramandati fino al 1877 sono infatti inficiati dalla capacità dello studioso di trascrivere – secondo i canoni e i simboli della musica occidentale – ciò che egli aveva ascoltato e ciò che ricordava. Non a caso il primo trattato che si fregia del titolo di Etno-musicologia riporta un nutrito apparato di fonti costituito da dischi fonografici⁵⁹.

In origine il documento sonoro aveva la sola funzione di essere riproducibile e quindi, dei tre elementi che determinano la trascrizione delle esecuzioni musicali – orecchio, memoria, sistema simbolico –, esso sostituiva i primi due. Béla Bartók sancì definitivamente la trascrizione sul pentagramma come inadeguata, anche se imprescindibile per il repertorio di musiche da lui trascritto, e sottolineò l'importanza del documento sonoro come testimonianza di tutte quelle caratteristiche dei canti registrati impossibili da riportare su pentagramma utilizzando la notazione della tradizione colta occidentale.

[... U]na notazione assolutamente vera della musica (come delle parole) è impossibile a causa dell'insufficienza di segni adeguati nel nostro corrente sistema di notazione. [...] Le sole notazioni assolutamente vere sono le tracce sonore sul disco stesso. Queste, certamente, potrebbero essere ingrandite, fotografate e stampate al posto di, o insieme a, l'usuale notazione. Ma questa complicata procedura non sarebbe molto utile, a causa della troppo complicata natura delle curve nelle tracce. La mente umana non sarebbe in grado di tradurre i segni visuali in toni⁶⁰.

Un'osservazione molto simile l'aveva già fatta Carl Stumpf nel 1908, quando affermava che «solo il fonografo è in grado di riprodurre e mantenere inalterate le caratteristiche ritmiche e tonali esattamente e accuratamente»⁶¹.

⁵⁹ Kunst, *Ethno-musicology*, pp. 30-36, 118-119.

⁶⁰ «[...]An absolutely true notation of music (as well as of spoken words) is impossible because of the lack of adequate signs in our current systems of notation. [...] The only really true notations are the sound-tracks on the record itself. These, of course, could be magnified, photographed, and printed instead of, or with, the usual notation. But this complicated procedure would not be of much use, in view of the all-too-complicated nature of the curves in the tracks. The human mind would not be able to translate the visual signs into tones». In Bartók e Lord, *Serbo-Croatian folk songs; texts and transcriptions of seventy-five folk songs from the Milman Parry collection and a morphology of Serbo-Croatian folk melodies*, p. 3. Parte dello stesso brano viene citata anche da Seeger, "Prescriptive and Descriptive Music-Writing", p. 187.

⁶¹ «Nur der Phonograph ist imstande, die tonalen und rhythmischen Eigenschaften genau zu reproduzieren und unverändert aufzubewahren», in Stumpf, "Das Berliner Phonogrammarchiv", p. 227, citato in Rehding, "Wac Cylinder Revolutions", p. 150.

Bartók coglieva però nel segno riferendosi alla «troppo complicata natura delle curve nelle tracce» e all'impossibilità di «tradurre i segni in suoni». La forma d'onda, ottenibile grazie all'«ingrandimento», alla «fotografia» e alla «stampa», non sarebbe «molto utile» anche se «stampata al posto di, o insieme a, l'usuale notazione». Tuttavia possiamo immaginare che fosse più per la complicatezza della «procedura» e per la probabile bassa fedeltà dell'immagine rispetto al fenomeno che per Bartók questa via non era percorribile. Un'utile indagine potrebbe essere svolta intorno alle conoscenze di Bartók in merito ai sistemi di trascrizione dei documenti sonori allora in uso. Tutto fa pensare che se Bartók avesse conosciuto il Tonoscope forse si sarebbe ricreduto in merito alle proprie convinzioni (o quanto meno avrebbe posto il problema in termini diversi). Forse un andamento della frequenza stampato insieme all'usuale notazione sarebbe stato rivelatore delle numerose sfumature impossibili da notare dettagliatamente che il compositore ungherese tanto lamentava. In questa direzione sono stati fatti vari tentativi, più o meno riusciti, ma sicuramente di immediata leggibilità. A titolo di esempio, oltre al lavoro di Seeger (si veda la Fig. 19 [b]), riporto nella Fig. 26 un'immagine tratta da un'articolo di Rouget⁶² dove vengono raffigurati quattro sistemi contemporaneamente: l'involuppo d'ampiezza con sotto una trascrizione del testo cantato, in alto, e in basso, sovrapposti, la notazione tradizionale su pentagramma e il sonogramma, riproposto su un secondo pentagramma molto ingrandito.

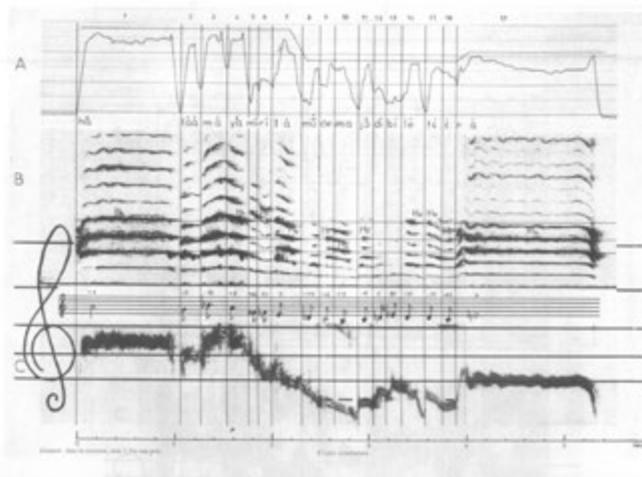


Fig. 26. Rouget, trascrizione in forma di raffigurazione mista: involuppo d'ampiezza + testo cantato e sonogramma + notazione tradizionale.

⁶² Rouget, «Transcrire ou Décrire? Chant Soudanais et Chant Fuégien», p. 677.

4.2 *L'analisi musicale*

Strumento principe dell'analisi musicale è la partitura. Adeguatamente completata da fonti secondarie o ancillari, nel percorso analitico di un'opera musicale non si può prescindere da essa. Sul problema di cosa sia un testo per il musicologo si è a lungo dibattuto (e si dibatte) in questi ultimi anni⁶³. Sempre più diffuso è comunque l'utilizzo di nuove forme di resa grafica della musica, non ultima la restituzione dell'involuppo d'ampiezza, della forma d'onda, dello spettrogramma, del sonogramma. L'abitudine a queste forme di visualizzazione è tale, che esse vengono utilizzate non solo come ausilio all'analisi in forma grafica ma anche come descrizione del contenuto sonoro di parti elettroniche in partiture di musica contemporanea. Riporto tre esempi significativi di come sia ormai 'normale' leggere una forma d'onda, un involuppo d'ampiezza o un sonogramma in una partitura. Il primo, Fig. 26 (a), tratto da un brano di Ivan Fedele, ci mostra la forma d'onda, il secondo, Fig. 27 (b), sempre da una partitura di Fedele⁶⁴, ci mostra un involuppo d'ampiezza e il terzo, Fig. 28, tratto da un brano di Giovanni Verrando⁶⁵, ci mostra il sonogramma – chiaramente visibile a colori – dei campioni sonori che vengono eseguiti da una tastiera (si noti la risoluzione in frequenza, limitata a 12000 Hz, per concentrare la visione sulla banda maggiormente – anche se non esclusivamente – interessata dal nostro sistema percettivo). Quest'ultimo esempio incarna in maniera esemplare quel rischio che già aveva prospettato Seeger⁶⁶ di non essere in grado di «distinguere» fra uso prescrittivo e uso descrittivo della scrittura musicale: infatti mentre la parte strumentale è chiaramente prescrittiva, la parte relativa ai campioni sonori è altrettanto chiaramente descrittiva, mettendo a nudo uno dei principali problemi di tutta la notazione della musica elettroacustica.

Con l'ausilio di strumenti di visualizzazione sono state effettuate svariate analisi musicali, soprattutto nell'ambito dell'etnomusicologia. Se escludiamo il lavoro pionieristico di Charles Seeger con il Melografo⁶⁷, vorrei ricordare un lavoro di Giorgio Adamo⁶⁸, che utilizza in particolar modo la visualizzazione tramite sonogramma, e un numero monografico della rivista «Culture Musicali», intitolato *Nuove tecnologie e documentazione etnomusicologica*, in cui tre contributi utilizzano svariate forme di

⁶³ Si vedano ad esempio, per quanto riguarda il dibattito nel panorama italiano, Borio, *La scrittura come rappresentazione del pensiero musicale* e Caraci Vela, *La filologia musicale*; su tutt'altro fronte, ma sempre orientati ai problemi della scrittura, nello specifico dei documenti sonori, si vedano gran parte degli interventi contenuti in Canazza e Casadei Turrone Monti, *Ri-mediazione dei documenti sonori* e i numeri 2 e 3 della rivista *Musica/Tecnologia*.

⁶⁴ Si vedano Fedele, *Elettra*, p. 8 e Fedele, *Donacis Ambra*, p. 15. © Edizioni Suvini-Zerboni. Sugarmusic Spa.

⁶⁵ Verrando, *Dulle Griet*, p. 11. © Edizioni Suvini-Zerboni. Sugarmusic Spa.

⁶⁶ Si veda § 1.14.

⁶⁷ Si vedano i §1.14 e 1.15 e il volume monografico dedicato a questo strumento di analisi a cura di Crossley-Holland, *Selected Reports in Ethnomusicology*.

⁶⁸ Si veda Adamo, "Musica come evento sonoro: analisi acustica di canti a zampogna della Basilicata".



(a) Forma d'onda

(b) Inviluppo d'ampiezza

Fig. 27. Ivan Fedele, frammenti tratti dall'*Elettra* (a) e da *Doncis Ambra* (b).

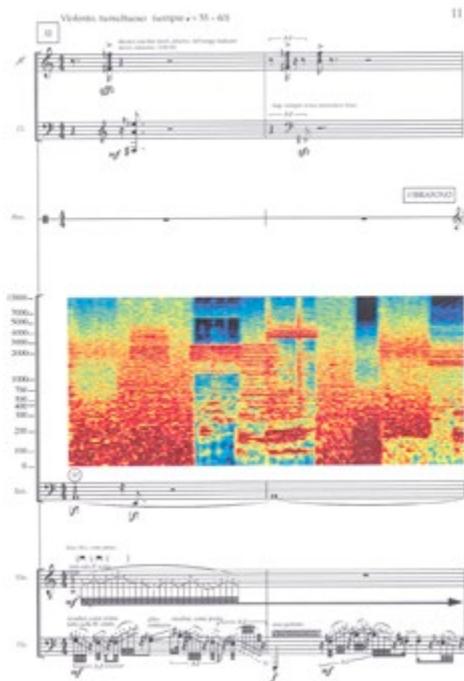


Fig. 28. Frammento tratto dalla partitura di Giovanni Verrando, *Dulle Griet*.

trascrizione ‘oggettiva’⁶⁹. Inoltre, più ‘universale’ in merito ai repertori, vi è il metodo di Cogan e Escot⁷⁰. Tuttavia, nell’ambito più strettamente legato alla musicologia accademica che si occupa di repertorio ‘scritto’ occidentale, l’analisi musicale non ha fatto uso di trascrizioni di documenti sonori come sono qui intese⁷¹ in maniera diffusa. Sarà infatti grazie alla necessità di avvalersi di audiografie come fonti principali di studio che nascerà l’esigenza di utilizzare anche trascrizioni di documenti sonori a fini analitici.

Motivo principale per cui questa forma di visualizzazione, tassello di un processo di restituzione dei documenti sonori criticamente consapevole dei problemi filologici ad essi correlati, può agevolare lo studioso non è tanto un aiuto ‘semantico’ – peraltro in alcuni casi presente –, ma un’‘alternativa’ al processo temporale (lo scorrere dell’evento sonoro in fase di riproduzione e quindi di ascolto) in una dimensione spaziale (la sua raffigurazione e quindi osservabilità).

4.3 Oltre i generi

La musicologia oggi si occupa di generi che sconfinano nell’arte fonografica⁷² e si incomincia a trovare testi che utilizzano forme di rappresentazione come quella che si può vedere in Fig. 29⁷³, nella quale testimoniare delle operazioni avvenute in post produzione discografica è parte integrante del lavoro di ricerca.

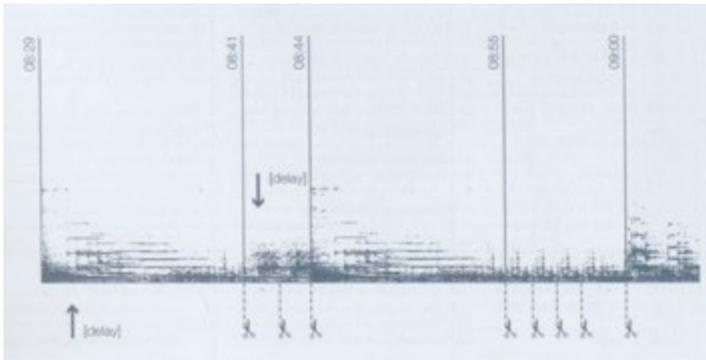


Fig. 29. Esempio di studio analitico di un frammento di un brano jazz che utilizza un sonogramma.

⁶⁹ Etnomusicologia, *Culture Musicali*. I tre contributi sono: Fugazzotto, “Analisi della Visilla di Barcellona e di Pozzo di Gotto”, Tisato, “Il canto degli armonici” e Zemp, “Come visualizzare le strutture musicali mediante l’animazione”.

⁷⁰ Si vedano i §§ 2.1 e 2.2.

⁷¹ Il testo di Bent e Drabkin, *Analisi Musicale*, pp. 88-90, cita soltanto l’esperienza di Cogan e Pozzi.

⁷² Uso qui il termine fonografia nell’accezione e con tutte le implicazioni descritte in Eisenberg, *The Recording Angel*. Si veda in particolare il capitolo 6, “La fonografia”, pp. 151-218 dell’edizione italiana, dove viene sottolineata l’importanza della ‘registrazione’ anche in repertori tradizionali.

⁷³ Tratta da Merlin e Rizzardi, *Bitches Brew*, p. 219.

5. Musica elettroacustica

5.1 Analisi della musica elettroacustica

In particolare nel repertorio musicale elettroacustico, fatti salvi alcuni sporadici casi in cui troviamo partiture redatte dagli autori stessi o partiture descrittive, il problema di come studiare le opere in una dimensione che non sia esclusivamente quella temporale dell'ascolto si pone nuovamente. Descrivere il documento sonoro 'oggettivamente', per poterlo studiare nella sua dimensione sincronica, che equivale a dire grafica, è sentita come una necessità. Tutti quei parametri quasi impossibili da studiare soltanto nella loro dimensione temporale, ascoltando e riascoltando l'oggetto di studio, finiscono inevitabilmente, soprattutto oggi nel mondo digitale ipermediale, per essere raffigurati e assumere un aspetto grafico. Confrontare sezioni di un'opera fra loro distanti nel tempo, o opere diverse, o testimoni diversi di una stessa opera, e quindi difficilmente paragonabili con il solo ausilio della memoria, cogliere dimensioni frequenziali a orecchio solo approssimabili, sono solo alcuni aspetti che una raffigurazione dell'evento acustico, cioè una sua rappresentazione nella dimensione spaziale, ci permettono di cogliere.

Fin da quando ebbi l'occasione di visionare e lavorare su nastri 'originali' di montaggio di un brano di musica elettronica (si trattava di *Thema (Omaggio a Joyce)* di Luciano Berio⁷⁴) mi accorsi delle potenzialità che uno studio attento del supporto implicava. Un nastro di montaggio è una «pseudo partitura», necessariamente descrittiva, fase (intermedia o finale) di un processo, priva del valore simbolico della notazione tradizionale ma densa di informazioni in merito alla prassi compositiva e alle procedure di lavoro negli studi di musica elettronica. Una precisa analisi, descrizione e raffigurazione del supporto può aiutare il musicologo o il musicista a 'penetrare' nell'opera oggetto di studio. Proprio il brano di Berio appena citato è inoltre esemplare dell'irrisolto problema di notazione⁷⁵ della musica elettroacustica, essendovi stato un tentativo dell'autore di scriverne – a posteriori quindi in maniera descrittiva – una partitura (un breve frammento), che tenesse conto sia del valore simbolico del segno grafico sia delle azioni propriamente compositive svolte con le tecnologie⁷⁶.

Oltre al caso già citato del lavoro di Robert Cogan sul brano di Jean-Claude Risset *Fall* tratto dalla *Computer Suite from Little Boy*, gli esempi in cui nell'analisi di brani di musica elettroacustica ci si avvale di trascrizioni contenenti sonogrammi, forme d'onda, involuppi d'ampiezza o forme di rappresentazione del segnale 'oggettive' non si contano. Ne ricordo due, a mio avviso particolarmente significativi: il primo utilizza il sonogramma in maniera

⁷⁴ Si veda Zavagna, "Thema (Omaggio a Joyce) di Luciano Berio: un'analisi".

⁷⁵ Si veda § 1.14.

⁷⁶ Si veda Berio, "Poesia e musica – un'esperienza", p. 110; si può trovare una trascrizione dell'articolo, corredato delle immagini, al seguente indirizzo <http://www.tecnosuono.org/private/files/Dispensa_Doati_ME/BROJ1____.HTM#ES> (ultimo accesso 17 ottobre 2011); si veda inoltre la Fig. D in questo numero.

sistematica per l'analisi di *Diamorphoses* di Iannis Xenakis, il secondo accoppia ma non sovrappone involuppo d'ampiezza e sonogramma in proporzioni differenti per analizzare *Omaggio a Emilio Vedova* di Luigi Nono⁷⁷.

5.2 Esecuzione della musica elettroacustica

Valido ausilio alla regia del suono di musiche elettroacustiche o miste (strumentali ed elettroacustiche) o con *live-electronics*, la resa grafica dell'opera da eseguire permette di anticipare visivamente l'esecuzione (come una normale partitura) e di annotare gesti e/o azioni sulle tecnologie. I già citati casi delle partiture di Giovanni Verrando (Fig. 28) e Ivan Fedele (Fig. 27) ne sono due esempi significativi. Nelle opere per strumento e «nastro» (strumento ed «elettronica») – oggi, con un termine inglese, «fixed media» – può essere d'aiuto sostituire uno o più pentagrammi vuoti o semivuoti (come spesso viene indicata la parte del “nastro”) con la trascrizione del documento sonoro. A tal proposito si veda come appare nella Fig. 30 (a) un frammento originale della partitura di Fausto Romitelli *Natura morta con fiamme*⁷⁸ «per quartetto d'archi ed elettronica» e come potrebbe essere ‘integrato’, Fig. 30 (b), aggiungendo la trascrizione della parte elettronica, guida sia per gli esecutori strumentali sia per l'esecutore alla regia del suono. Si noti inoltre che, scegliendo di mantenere nella trascrizione la frequenza di campionamento originale dei file audio forniti con la partitura, l'informazione relativa alla generazione dei suoni tramite computer (in partitura «comp.» sta per computer) è notevole poiché ne mostra la concentrazione sotto i 3000 Hz (si veda Fig. 31).

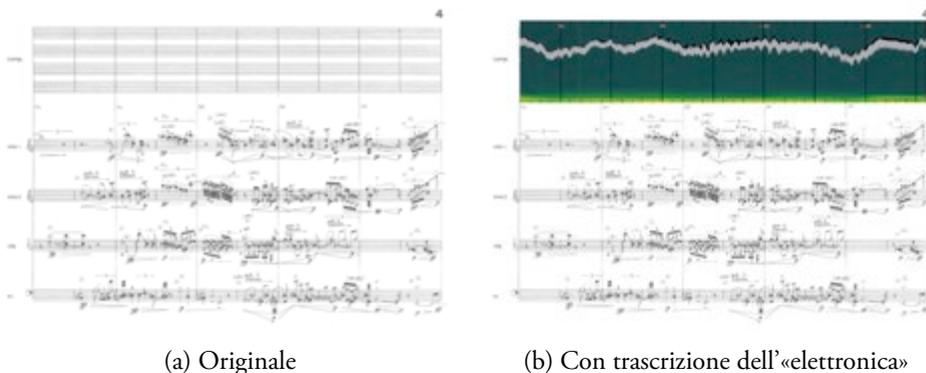


Fig. 30. Frammento di partitura tratta da Fausto Romitelli, *Natura morta con fiamme*.

⁷⁷ Si vedano DeLio, “*Diamorphoses* by Iannis Xenakis” e Licata, “Luigi Nono’s *Omaggio a Emilio Vedova*”.

⁷⁸ Romitelli, *Natura morta con fiamme*, p. 4. © Universal Music Publishing Ricordi Srl.



Fig. 31. Frammento di sonogramma della parte elettronica tratta da Fausto Romitelli, *Natura morta con fiamme*.

Non è infrequente trovare, negli appunti che i registi del suono e gli esecutori al *live-electronics* utilizzano per le loro esecuzioni, 'partiture' con varie forme di trascrizione dei documenti sonori o dei risultati acustici del *live-electronics* annotate con fini gestuali relativi all'interpretazione. Come si può vedere dalla Fig. 32, le annotazioni sotto, ma anche 'intorno', alla forma d'onda del nastro del brano di Luigi Nono ...*sofferte onde serene*...⁷⁹ sono indicative di azioni interpretative per il regista del suono Alvis Vidolin⁸⁰.

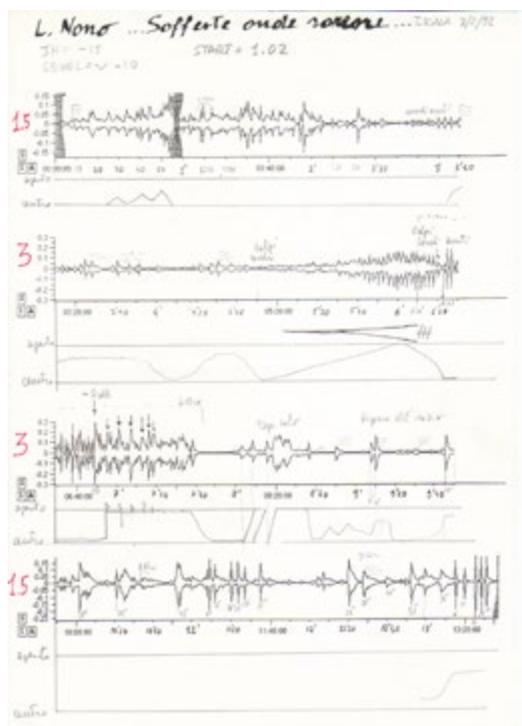


Fig. 32. Appunti di Alvis Vidolin per la regia del suono di ... *sofferte onde serene*... di Luigi

⁷⁹ Nono, ...*sofferte onde serene*... © Universal Music Publishing Ricordi S.r.l.

⁸⁰ Ringrazio Alvis Vidolin per avermi fornito la pagina riportata in Fig. 32. Si veda inoltre, in questo numero, quanto scritto alle pp. 10-12.

Nono.

6. Metodo

6.1 Ri-mediazione dei documenti sonori

Nel percorso di salvaguardia e riversamento dei documenti sonori è implicita una serie di cambiamenti:

- 1 di supporto;
- 2 di formato;
- 3 di *codec*⁸¹.

Questi cambiamenti – che prevedono un processo le cui tecnologie possono variare anche di molto – vengono oggi raggruppati nel termine *rimediazione*⁸².

Proprio a causa della diversità delle tecnologie implicate nel processo di rimediazione, dalle tecnologie dei materiali proprie del supporto originale alle tecnologie dei sistemi di lettura e di scrittura dei documenti sonori, fino alle tecnologie dei materiali del supporto di destinazione, non è elementare affrontare questa procedura nel suo complesso. In questo lavoro si sono privilegiati gli aspetti legati alle tecnologie di lettura del documento sonoro, concentrandosi sul sistema e sul supporto analogici.

Approntato presso la RAI di Milano, sede storica della produzione della musica elettronica italiana, dove è conservata la bobina dello studio di caso affrontato nel capitolo III, il sistema analogico è basato su macchine allo stato dell'arte⁸³, una scelta critica, basata sul presupposto di non introdurre ulteriori errori dovuti ai 'limiti' delle macchine 'storiche'.

Trasferita l'informazione nel mondo digitale il rischio è quello della proliferazione delle copie, sulla cui originalità non è sempre facile esprimere un giudizio; anche per questo motivo le copie dei file sono state memorizzate su DVD e accompagnate da un *message digest*⁸⁴.

Una volta memorizzate in un flusso di bit, si tratta di scegliere quali informazioni dell'evento acustico si debbano privilegiare, e soprattutto di trovare la maniera più 'oggettiva' per effettuare la trasduzione fra evento temporale ed evento spaziale in modo da

⁸¹ Per una spiegazione di questi termini mi sia concesso rimandare a Zavagna, "Il documento sonoro come fonte".

⁸² Si vedano, per una descrizione generale del concetto di rimediazione, Bolter e Grusin, *Remediation: understanding new media*, trad. it. *Remediazione. Competizione e integrazione tra media vecchi e nuovi* e, in particolare per i documenti sonori, Canazza e Casadei Turrioni Monti, *Ri-mediazione dei documenti sonori*.

⁸³ Si veda lo schema in appendice B, p. 84. Per una introduzione alla storia della teoria del restauro audio si veda Orcalli, "Orientamenti ai documenti sonori", pp. 15-37. Per una discussione sui criteri di restituzione del suono di una registrazione si vedano *ibidem* e i contributi di George Brock-Nannstedt riportati in bibliografia.

⁸⁴ Per un esempio di procedura si veda Canazza, "Dal multimedia all'unimedia: la copia conservativa digitale", pp. 167-168.

ottenere informazioni utili per riferire l'uno all'altro in termini percettivi (uditivi e visivi).

La natura spaziale dell'evento acustico che si è privilegiata presenta due analogie con esso:

- 1 il suo contenuto in ampiezza e,
- 2 il suo contenuto in frequenza.

Fra le varie forme di rappresentazione dei segnali audio si sono scelti quindi l'*inviluppo d'ampiezza* e il *sonogramma*.

6.2 Informazioni relative al supporto

Poiché lo scopo della trascrizione è qui anche quello di riportare informazioni sul supporto – sul suo stato fisico –, verranno aggiunti anche simboli e colori per indicare particolari condizioni del documento. Per poter studiare nel suo complesso un documento vi è la necessità di conoscere come esso è stato trattato, manipolato, realizzato, di conoscere qual è il sistema (il *codec*) che lo ha prodotto (e quello che potrebbe riprodurlo). Maggiori informazioni avremo sulle sue condizioni fisiche e su come esso è stato confezionato maggiori saranno le possibilità di ripercorrere il processo creativo (o anche solo documentativo) che ha portato all'«opera», o a parte di essa, che è contenuta nel documento.

6.3 Da analogico a digitale

Particolarmente critico, e che apre a una serie di riflessioni che esulano dalla tematica principale del presente lavoro, è il momento di 'trasduzione' dal dominio analogico a quello digitale. Nella catena elettroacustica, ogni passaggio in cui una forma di energia si trasforma in un'altra è sempre stato il passaggio chiave per la qualità e la potenzialità del sistema nel suo complesso. Dalla 'semplice' catena diaframma-stilo – e viceversa – alla lunga sequenza di trasduzioni presenti fra l'evento acustico e il documento sonoro che esso testimonia in una registrazione magnetica, ogni qualvolta l'energia si trasforma siamo di fronte a tutti i problemi che presentano i sistemi complessi. Sapere *quanto* l'energia meccanica prodotta dall'onda sonora sia analoga alle variazioni di tensione prodotte dal microfono o agli spostamenti dello stilo solidale al diaframma dei primi fonografi è determinante per il sistema di trasduzione e per il documento che esso produce.

Con l'avvento dei sistemi digitali il paradigma cambia, in quanto nella fase di trasduzione – che viene opportunamente chiamata conversione o codifica – si aggiunge un apparato definitorio relativo a un codice, che è astratto dal sistema stesso. Questo aspetto rende da un lato molto più complesso stabilire come avvenga ogni singola conversione dal dominio analogico a quello digitale (suoni, immagini), dall'altro molto più semplice gestire i dati nel dominio digitale, anche relativamente a forme di energia diverse, verso la realizzazione di

prodotti unimediali o ipermediali. Non si tratta più di passare da una forma di energia a un'altra, ma da una forma di rappresentazione 'naturale' (analogica) a una completamente astratta (numerica). È proprio questo processo che in parte giustifica e semplifica, una volta all'interno del dominio digitale, il passaggio da fenomeno sonoro a fenomeno visivo.

Poiché per garantire «l'integrità e la unicità del suono, a ogni file BWF è stato associato un doppio calcolo del *checksum* con due algoritmi standard diversi, CRC32 ed MD5»⁸⁵, si è proceduto, una volta acquisiti i file dal DVD e *prima di effettuare qualsiasi operazione nel dominio digitale*, a verificarne l'integrità tramite i due *checksum* ad essi associati.

6.4 *Metadati: il video*

Nel processo di riversamento di un documento sonoro – di un nastro magnetico in particolare – vi sono svariate informazioni 'visive' che, adeguatamente documentate, possono essere utilizzate nel processo di trascrizione. Una ripresa video del documento mentre viene riversato può essere utilizzata a questo scopo⁸⁶. Per una buona definizione del video è inoltre necessario che il tempo di apertura dell'otturatore sia sufficientemente elevato in rapporto alla velocità di scorrimento del nastro. Poiché un nastro che scorre alla velocità di 38,1 cm/s percorre in 1/50 di secondo (il normale tempo di apertura dell'otturatore di una videocamera a 25 fps) 0,76 cm, il risultato visivo non è sufficientemente definito per poter individuare, ad esempio, le caratteristiche del taglio di una giuntura o il nome della marca del nastro magnetico; una velocità di apertura dell'otturatore di 1/100 di secondo – sebbene ancora non sufficiente per una visione 'nitida' dell'immagine – permette una lettura di numerosi dettagli (percorrendo il nastro ad ogni fotogramma uno spazio di 0,38 cm). Empiricamente si è scelto di impostare la videocamera a 30 fps e un tempo di apertura dell'otturatore di 1/120 di secondo, tempo sufficiente per visualizzare la gran parte delle informazioni ancillari presenti sul supporto.

La ripresa, effettuata con una videocamera Sony Handycam HDR-FX1E e con un riferimento posto 78 mm a sinistra della testina di lettura (si veda Fig. 33), permette di stabilire con un'approssimazione di 1 decimo di secondo il punto in cui sul nastro vi è un elemento visivamente interessante (giunture, cambi di colore del nastro, segni grafici, degrado fisico).

6.5 *Programmi per visualizzare e trascrivere documenti sonori*

Nel panorama dei programmi, siano commerciali siano gratuiti siano *open-source*, che

⁸⁵ Gianni Belletti, e-mail del 1 marzo 2011.

⁸⁶ Questo procedimento viene utilizzato ad esempio dal laboratorio MIRAGE dell'Università di Udine; si veda a proposito Canazza, "Dal multimedia all'unimedia: la copia conservativa digitale".



Fig. 33. Distanza fra il punto di ripresa video, sulla sinistra, e la testina di lettura. Sul nastro bianco si possono notare i due puntini utilizzati per stabilire la distanza fra il punto di visualizzazione nel video e la testina di lettura.

permettono forme di visualizzazione dei file audio troviamo tutti gli editor di suoni e i programmi dedicati all'analisi sonografica. In particolare, proprio per la trascrizione di opere di musica elettroacustica, primo programma pensato per la realizzazione di partiture d'ascolto dei repertori privi di notazione simbolica della musica tradizionale, c'è l'*Acousmographie* sviluppato al GRM di Parigi da Olivier Koechlin tra il 1988 e il 1990⁸⁷. Attualmente libero e gratuito – tuttavia non *open-source* –, l'*Acousmographie* offre numerose funzioni relative alla 'notazione'. Come si può leggere nella presentazione che si trova nel sito web citato in nota,

[...] il suo sviluppo è un progetto a lungo termine nato dal bisogno di compositori e musicologi di avere a disposizione uno strumento di trascrizione delle musiche non scritte, per mezzo di rappresentazioni grafiche e annotazioni testuali sincronizzate alle usuali rappresentazioni tecniche del segnale (ampiezza-analisi spettrale)⁸⁸.

Un altro programma, orientato alla trascrizione dei file audio e all'analisi musicologica, è *Sonic Visualizer*.

6.6 *Sonic Visualizer*

Per trascrivere il file sonoro ottenuto dal riversamento del nastro E20 dello Studio di Fonologia della RAI di Milano è stato scelto proprio quest'ultimo programma⁸⁹. Fra i

⁸⁷ Si veda <<http://www.inagrm.com/accueil/outils/acousmographie>> e, per una breve descrizione storica, Gayou, *Le GRM, Groupe de Recherches Musicales*, pp. 257-258.

⁸⁸ «[s]on développement est un projet au long terme né du besoin pour les compositeurs et musicologues de disposer d'outils de transcription des musiques non écrites, par des représentations graphiques et annotations textuelles synchronisées à l'écoute et aux représentations techniques usuelles du signal (amplitude -analyse spectrale)».

⁸⁹ Si veda Cannam, Landone e Sandler, "Sonic Visualiser: An Open Source Application for Viewing,

motivi della scelta ne vorrei sottolineare quattro: il programma è

- 1 *open source*;
- 2 con numero di *plug-in* orientati all'analisi sonografica in aumento;
- 3 versatile;
- 4 consigliato da numerosi utilizzatori.

Grazie alla possibilità di accedere al codice, e quindi di risalire agli algoritmi che generano le immagini, si può verificare ogni passaggio che conduce alla trascrizione. Il programma sta diventando uno standard *de facto* per tutti quegli utenti, fra cui la British Library, che necessitano di analisi musicologiche e di annotazioni – anche della simbologia musicale tradizionale ma non solo – da effettuare su varie forme di visualizzazione del suono. Anche se non nato esplicitamente per il repertorio di musica elettroacustica, si presta ad essere integrato, con l'aggiunta di simboli e indicazioni *ad hoc*.

7. La trascrizione

7.1 Quali informazioni?

Nel tentativo di fornire solo dati oggettivi, si è deciso di escludere tutte quelle informazioni che potevano avere attinenza semantica con il contenuto del documento e dare priorità allo stato del supporto e al contenuto nella sua forma di trasduzione in tempo/ampiezza e in tempo/frequenza. Si è scelto quindi di raffigurare:

- l'involuppo d'ampiezza (nero, nella forma di visualizzazione di *Sonic Visualizer* denominata «dB», in dB, la cui scala si può osservare sulla sinistra della Fig. 34);
- il sonogramma (scala in dBV, finestra di Hanning a 1024 campioni, sovrapposizione finestre 50%, interpolazione lineare di entrambi gli assi, colori default di *Sonic Visualizer*, che si possono osservare nella Fig. 35, in cui sulla sinistra è riportata la gradazione di colore relativa all'ampiezza del segnale analizzato affiancata alla scala in Hz del sonogramma);

Questa doppia raffigurazione nella medesima immagine (si veda la Fig. 36) fornisce una serie di informazioni utili che altrimenti scorporate risulterebbero di non facile lettura.

Fra i dati fisici si sono evidenziati, inserendo una o più icone all'interno della visualizzazione esemplificata in Fig. 36:

- giunture originali dovute a scelte di montaggio: , forbicina bianca;
- giunture originali dovute a scelte di montaggio applicate in fasi successive alla prima realizzazione del nastro da parte dell'autore o persona autorizzata (sfumature di



Fig. 34. Frammento di involuppo d'ampiezza della traccia 1, da 14'15" a 14'45", del file E20.



Fig. 35. Frammento di sonogramma della traccia 1, da 14'15" a 14'45", del file E20.



Fig. 36. Visualizzazione della traccia 1, da 14'15" a 14'45", del file E20.

rosa a seconda della successione degli interventi: dal rosa più chiaro per gli interventi più antichi al rosso per gli interventi più recenti; nel caso del nastro oggetto di studio non è stato affrontato questo problema, anche se non è escluso che vi siano giunture di questo tipo), da forbicina rosa (RGB 255 192 255) a forbicina rossa (RGB 255 192 192);

- giunture originali dovute a rottura del nastro: ;
- giunture applicate in fase di restauro del nastro dovute a scelte restaurative: , forbicina nera;
- giunture applicate in fase di restauro del nastro dovute a sostituzioni di originali: , forbicina azzurra (RGB 128 192 255);
- giunture applicate in fase di restauro del nastro dovute a rotture durante il restauro: ;
- colore del nastro neutro (sostituzione dello sfondo del *layer* di visualizzazione, rilevando il colore da foto o video del nastro);
- annotazioni di vario tipo (testuali, simboliche, grafiche) presenti sul retro del nastro (trascrizione diplomatica o fotografia/fotogramma video dell'annotazione da inserire come *layer* aggiuntivo).

7.2 Dimensioni temporali del frammento da visualizzare

Una partitura tradizionale normalmente è proporzionale da un punto di vista temporale (se vi sono molti eventi sonori nell'unità di tempo, molte 'note', la parte raffigurata avrà una durata breve, viceversa avrà una durata lunga); anche in una raffigurazione cronometrica possiamo scegliere di allargare a piacimento, a seconda del contenuto sonoro, la nostra finestra di visualizzazione. Tuttavia avere finestre tutte uguali permette di confrontare più immediatamente segmenti diversi. Si è scelto quindi di fornire due raffigurazioni di durata diversa:

- 1 una immagine riassuntiva di tutto il documento presentata all'inizio (si vedano la Fig. C.1 e la Fig. C.2), in cui ogni riga non superi i 15' più o meno 7';
- 2 le immagini delle tracce (una sopra l'altra se trattasi di documenti a più tracce, fino a quattro tracce per pagina) in frammenti di 30" preceduti e seguiti da 1" di 'margine' fra una riga e la successiva.

La risoluzione dell'immagine per ogni singola traccia è quella fornita da Sonic Visualizer⁹⁰ e viene inserita in una finestra orizzontale di (larghezza pagina orizzontale⁹¹) x 3,5 cm⁹².

⁹⁰ A seconda della macchina e del sistema operativo utilizzati essa può variare; nel presente lavoro le immagini sono state registrate con una risoluzione pari a 1017x194 pixel.

⁹¹ *Landscape*, nella convenzione anglosassone.

⁹² Pur non essendo ovviamente necessario utilizzare il programma qui suggerito, poiché molti programmi possono fornire raffigurazioni 'simili' a quella proposta, l'omogeneità e la possibilità di accedere ai sorgenti, come già accennato, sono due elementi che garantiscono uniformità e verifica.

PARTE III

*La bobina E20 dello Studio di Fonologia
della RAI di Milano*

8. *La fonte*

8.1 *Motivi della scelta*

Cercando un caso significativo di documento sonoro che presentasse sufficienti caratteristiche fisico-meccaniche da risultare esemplare rivolsi la mia attenzione ai «milletagli», così chiamati i nastri magnetici utilizzati per preparare una trasmissione radiofonica ovvero un brano di musica elettroacustica nella sua genesi o fase di montaggio. Fra i nastri presenti nell'archivio dello Studio di Fonologia della RAI di Milano la scelta cadde sul nastro la cui segnatura riporta la sigla E20⁹³. Il nastro presenta numerose «pecette», giunture utili a separare nastri magnetici con diversi contenuti e/o nastri neutri di diversi colori.

8.2 *Il riversamento*

Le operazioni di riversamento sono state effettuate l'11 gennaio 2011 presso lo Studio R6 della RAI di Milano in Corso Sempione. A svolgere il lavoro sono stati Giovanni Belletti e Alberto Zanon, che hanno predisposto tutte le attrezzature, secondo lo schema riportato in Appendice B; presenti Maria Maddalena Novati, che integrava i dati della scheda catalografica da lei realizzata, e Paolo Zavagna.

8.3 *La custodia e altri metadati*

Il nastro si trova nella custodia che possiamo vedere nella Fig. 37. All'interno della custodia è conservato il foglio che si può vedere nella Fig. 38, la cui grafia è quella di Marino Zuccheri.

Il foglio ci fornisce numerose informazioni utili alla ricostruzione della prassi esecutiva e all'identificazione della bobina E20, nella cui scatola è contenuto. Sul retro della custodia esterna (si veda Fig. 37 [b]) si legge la scritta a mano «BOB A», che quasi sicuramente si riferisce alla lettera A (sia cerchiata sia nello schema a blocchi) che troviamo nel foglio di Fig. 37.

8.4 *Il supporto della bobina E20*

Il nastro E20 è costituito da una serie di frammenti di nastri di diverse caratteristiche e formati: i frammenti 1, 4, 5 e 6⁹⁴ sono di nastro marrone lucido anonimo, mentre i fram-

⁹³ Ringrazio Maddalena Novati per avermi segnalato il nastro in oggetto, contenente *Hyperion - Colonna per opera - solo base elettronica* di Bruno Maderna del 1968. Si veda, per la scheda catalografica, Novati, *Lo Studio di Fonologia. Un diario Musicale 1954-1983*, pp. 172-173.

⁹⁴ Si veda la Tabella 1.

menti 2 e 3 sono di nastro BASF LR 56 a 1/4 di pollice, tipico nastro professionale in uso alla RAI a quell'epoca e in produzione fra il 1960 e il 1969⁹⁵. Esso è avvolto in una flangia metallica grigia marcata RADIO ITALIANA (si veda la Fig. 39), presenta numerose giunture e numerosi nastri neutri di colore bianco e rosa. Una giuntura, a 22'44", è realizzata con un nastro adesivo azzurro; il nastro bianco che segue questa giuntura presenta una linea rossa scritta a mano lungo quasi tutto il frammento di raccordo bianco (da 22'44" a 22'46").



Fig. 37. La scatola che contiene la bobina E20: (a) fronte, (b) retro, (c) dorso.



Fig. 38. Il foglio conservato all'interno della custodia della bobina E20.

⁹⁵ Per una tabella sui nastri magnetici professionali BASF, compilata da Friedrich Engel nel 2006, si veda <www.aes.org/aeshc/docs/basftape/basftapes.xls>.



Fig. 39. La bobina E20 nella sua flangia.

Le giunture sono caratterizzate da avanzato stato di degrado del collante, come si può vedere dalla Fig. 40 (a), giuntura presente a 15'49", all'interno del IV frammento; se la si confronta con la Fig. 40 (b), che mostra una giuntura, a 21'37", con l'adesivo di raccordo sostituito da Giovanni Belletti in tempi più recenti per riparare quello originale staccatosi o a rischio distacco, si nota subito la differenza.



(a) Originale

(b) Restaurata

Fig. 40 Due giunture della bobina E20.

8.5 Il formato della bobina E20

La velocità di scorrimento della bobina E20 è di 38,1 cm/s e il riversamento è stato effettuato applicando una curva di equalizzazione CCIR⁹⁶. I vari frammenti, oltre ad essere diversi come supporto, presentano anche formati diversi per quanto riguarda la modalità di registrazione. All'epoca della realizzazione della bobina E20 non era infrequente utilizzare registratori sia a due tracce sia a traccia intera. Il caso di questa

⁹⁶ Per quanto riguarda le curve di equalizzazione dei nastri RAI si veda *L'equalizzazione 'mista' allo Studio di Fonologia della RAI di Milano*, in Cossetini, "Le registrazioni audio dell'Archivio Luigi Nono di Venezia: linee per la conservazione e la critica dei documenti sonori", p. 107.

bobina non era un'eccezione (presso lo Studio di Fonologia della RAI di Milano ne sono stati individuati finora almeno altre due, senza contare il caso di una bobina contenente un nastro con l'ossido rivolto verso l'esterno⁹⁷).

9. *Bruno Maderna*, *Hyperion* – colonna base elettronica

9.1 *Introduzione*

Svariate produzioni musicali di Bruno Maderna contengono nel titolo *Hyperion*. Come spesso si riscontra nelle sue opere, dove frammenti o interi brani migrano da una all'altra, anche in questo caso la genesi del lavoro è articolata.

Il nastro siglato E20 si riferisce alla bobina che quasi sicuramente doveva essere 'eseguita' durante la rappresentazione di *Hyperion*, lirica in forma di spettacolo di Bruno Maderna e Virginio Puecher, con un testo di Friedrich Hölderlin e fonemi di Hans G. Helms⁹⁸, andata in scena nel suo primo allestimento al Teatro La Fenice di Venezia in occasione del XXVII Festival Internazionale di Musica Contemporanea de La Biennale il 6 settembre 1964⁹⁹. Nelle sue ultime opere, Maderna utilizza spesso i nastri magnetici come intermezzi o accompagnamenti a parti strumentali e come materiali drammaturgici per la scansione delle scene: in *Ausstrahlung*¹⁰⁰, nel *Venetian Journal*¹⁰¹, nel *Satyricon* e in *Tempo Libero*.

Le scritte e il disegno presenti nel foglio contenuto nella custodia della bobina¹⁰² indicano che per l'esecuzione dei nastri erano previsti due magnetofoni a due tracce per una diffusione su quattro canali. Inoltre, quasi certamente la bobina E20 è una di due bobine utilizzate per l'esecuzione avvenuta al Teatro Comunale di Bologna il 18 e 19 luglio 1968, quella siglata «A»; infatti, stando alle indicazioni fornite dal foglio, sia nel I sia nel II tempo dell'opera avrebbero dovuto essere eseguiti alternativamente i due nastri A e B, i cui contenuti – per il nastro A – corrisponderebbero parzialmente alla breve descrizione ivi riportata. In una serie di appunti manoscritti per la regia, Virginio Puecher sembra organizzare temporalmente tutta l'azione drammatica in base ai tempi dei «Nastri A» e «B»¹⁰³.

⁹⁷ Giovanni Belletti, comunicazione del 19 novembre 2011. La bobina con l'ossido all'esterno ha la segnatura E19. Per il dettaglio del formato della bobina E20 si veda la tabella 1, seconda colonna, i cui dati mi sono stati gentilmente forniti da Giovanni Belletti.

⁹⁸ Per una scheda sull'opera si veda Baroni e Dalmonte, *Bruno Maderna, documenti*, pp. 252-256.

⁹⁹ La bobina E20 tuttavia non si riferisce a questa esecuzione.

¹⁰⁰ Si veda De Benedictis, "Scrittura e supporti nel Novecento: alcune riflessioni e un esempio (*Ausstrahlung* di Bruno Maderna)".

¹⁰¹ Si veda De Benedictis, "«Ici peut-etre une cadence brillante». Voyage dans le *Venetian Journal*".

¹⁰² Si veda la Fig. 38.

¹⁰³ Copie di questi appunti sono conservate presso l'Archivio Maderna di Bologna, Testi G-III. Gli originali sono conservati presso la Paul Sacher Stiftung di Basilea.

Il contenuto della bobina B possiamo ipotizzare essere:

- 1 NASTRO BRUNO [Secondo il foglio allegato: inizio del I e del II tempo]
- 2 LE RIRE Composizione per solo nastro di Maderna del 1964

I contenuti di E20 e – presumibilmente – anche della bobina B sono in parte (*in toto?*) materiale tratto da o per altre composizioni.

Tabella 1. Durate dei macro frammenti della bobina E20.

Numero frammento e nome	Formato nastro	Tipo nastro	Durata
1) [SUONI ELETTRONICI+] TIMPANI	2 tracce stereo	marrone lucido	4'55"
1a) [PAUSA]	Nastro di raccordo	rosa	7"
2) ORGANO+CANTANTE	2 tracce mono	BASF LR 56	1'10"
2a) [PAUSA]	Nastro di raccordo	bianco	8"
3) ORGANO SOLO	2 tracce mono	BASF LR 56	20"
3a) [PAUSA]	Nastro di raccordo	rosa	15"
4) RISATE INVENZ.	<i>Traccia intera</i>	marrone lucido	15'49"
4a) [PAUSA]	Nastro di raccordo	bianco-rosa-bianco	1'24"
5) [FONEMI]	2 tracce stereo	marrone lucido	1'22"
4a) [PAUSA]	Nastro di raccordo	bianco	3"
6) [FONEMI+SUONI ELETTRONICI+TIMPANI]	2 tracce stereo	marrone lucido	4'46"

La bobina è divisa in sei 'frammenti' separati da nastro bianco e/o rosa. Il primo frammento, stereo, contiene suoni elettronici sommati a suoni di timpani; il secondo, il terzo e il quarto, mono, contengono: «Organo+cantante» (il II), «Organo solo» (il III), «Risate Invenz.» (il IV); il quinto e il sesto, stereo, contengono fonemi (il V) e fonemi sommati a suoni elettronici sommati a suoni di timpani (il VI).

La durata complessiva, dallo zero calcolato a partire dalla fine del nastro bianco di testa e comprendente i nastri neutri bianchi e rosa di raccordo, è di 30'20"; le durate dei singoli frammenti si possono vedere nella Tabella 1¹⁰⁴.

¹⁰⁴ Per le macro sezioni si è arrotondato al secondo. La somma delle durate dei singoli frammenti, uguale a 30'19", è dovuta agli arrotondamenti.

9.2 Primo frammento

Una prima osservazione è che il primo frammento corrisponde al finale di *Le Rire*, come si può vedere confrontandolo con la trascrizione tratta dal CD BVHAAST 9109 (figure F.1-F.11), se si escludono 2,5 secondi alla fine del CD non presenti nella bobina E20.

9.3 Secondo e terzo frammento

I frammenti contenenti suoni d'organo sono tratti dall'*Orfeo dolente* di Domenico Belli; la parte con la voce è l'aria di Plutone *Ei fu soverchio ardire* mentre la parte per organo solo è l'intermezzo strumentale che intercala le singole arie. Questo fatto conferma l'utilizzo del nastro per l'esecuzione bolognese, denominata *Hyperion-Orfeo dolente*¹⁰⁵, in cui vennero eseguiti l'opera di Maderna e quella di Belli.

9.4 Quarto frammento

Il IV frammento coincide con una versione di *Dimensione II. Invenzione su una voce* di Maderna, che conferma quanto scritto nel foglio allegato alla bobina. Il fatto che quel frammento di nastro sia l'unico a traccia intera, un formato utilizzato per avere una maggior qualità, significa che l'attenzione ad esso dedicata era stata particolare, sia che fosse stato un rimontaggio *ad hoc* sia che fosse stato predisposto in occasione di una sua precedente diffusione. Da un confronto con gli altri testimoni finora conosciuti dello stesso brano¹⁰⁶ sembrerebbe trattarsi di un'ulteriore variante rispetto a quelle evidenziate da Rodà nel suo articolo. Se infatti i testimoni finora collazionati vengono suddivisi in base alla loro durata per famiglie, non esiste una famiglia con durata pari a 15'49", anche se la famiglia B, della durata di 16'05", vi si avvicina. Rispetto a questa famiglia, che potrebbe adottare E20, vi sono alcune differenze: tre interpolazioni e la diversa velocità di scorrimento. Come si può vedere nella Fig. 41, le due versioni incominciano quasi contemporaneamente (c'è uno scarto inferiore a 1 decimo di secondo).

Dopo 7'34" vi è uno sfasamento di 1" e 7 decimi e poco dopo nel CD della BVHAAST vi è una breve interpolazione di 5" e 3 decimi (si veda la Fig. 42). Dalla fine dell'interpolazione le due versioni procedono ritardate, e accumulando ulteriore ritardo, di 7".

¹⁰⁵ Per una scheda dell'opera si veda Baroni e Dalmonte, *Bruno Maderna, documenti*, pp. 276-278; inoltre, anche se non prendono in considerazione la parte 'elettronica', possono essere d'aiuto Ferrari, "*Hyperion, les chemins du poète*" e Borio e Rizzardi, "L'unité musicale de *Hyperion*". L'unico contributo di mia conoscenza che menzioni la bobina E20 è De Benedictis, "Bruno Maderna et le Studio de phonologie de la RAI de Milan. Musique savante et musique de circonstance, entre création, recherche et invention", p. 421.

¹⁰⁶ Si veda Rodà, "Varianti d'autore: *Invenzioni su una voce* di Bruno Maderna".

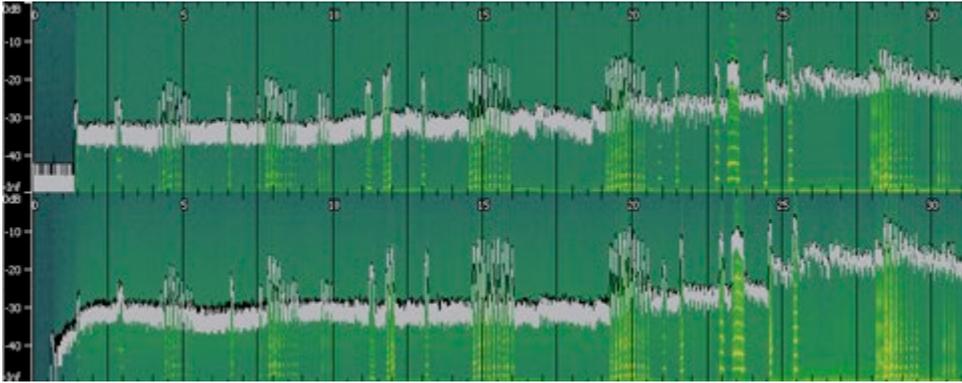


Fig. 41 Bruno Maderna, *Invenzione su una voce*, primi 30 secondi: CD BVHAAST (sotto), IV frammento della bobina E20 (sopra).

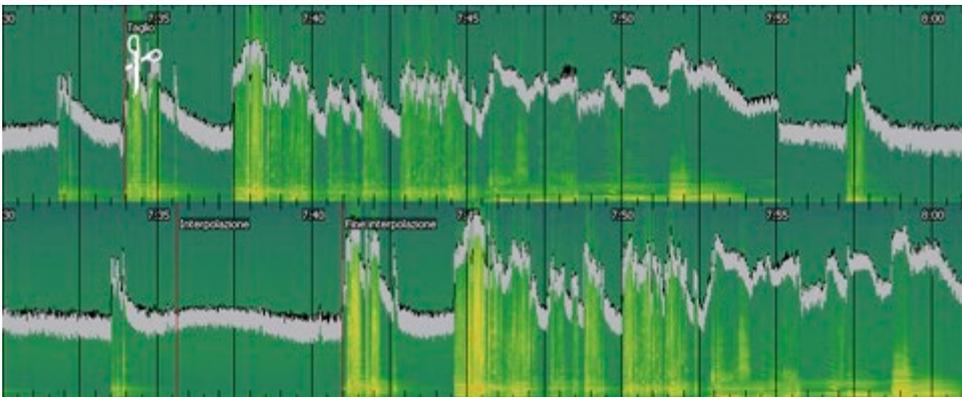


Fig. 42 Bruno Maderna, *Invenzione su una voce*, da 7'30'' a 8'00'': CD BVHAAST (sotto), IV frammento della bobina E20 (sopra).

A 9'56'' vengono accumulati ulteriori 4 decimi di ritardo e vi è un'altra interpolazione di 4'' e 4 decimi, portando così il ritardo a 11'' e 8 decimi (si veda la Fig. 43). Vi è un'ulteriore interpolazione nel CD BVHAAST poco dopo, a 10'02'', che termina 2'' dopo, come si può vedere sempre nella Fig. 43.

Nel finale possiamo notare come si sia accumulato un ulteriore ritardo di 2'' e 8 decimi arrivando così a 14'' e 6 decimi. Infine, in E20 vi è un frammento finale di 3'' e 5 decimi assente nella traccia del CD della BVHAAST (si veda la Fig. 44). Nella visione complessiva dei due documenti possiamo immediatamente individuare le interpolazioni e le diverse velocità di scorrimento (si vedano le figure E.1 e E.2).

All'inizio di tutte e tre le interpolazioni del CD BVHAAST, visibili nella Fig. 42 e nella Fig. 43, corrispondono giunture in E20, visibili nella Fig. C.31 e nella Fig. C.36.

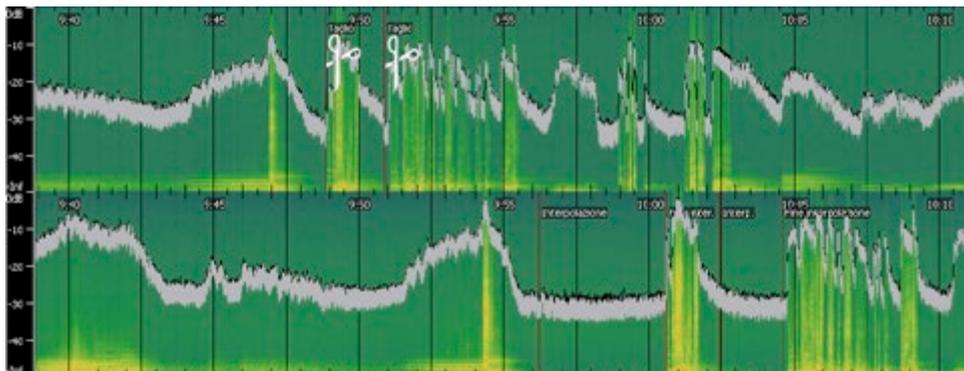


Fig. 43 Bruno Maderna, *Invenzione su una voce*, da 9'40" a 10'10": CD BVHAAST (sotto), IV frammento della bobina E20 (sopra).

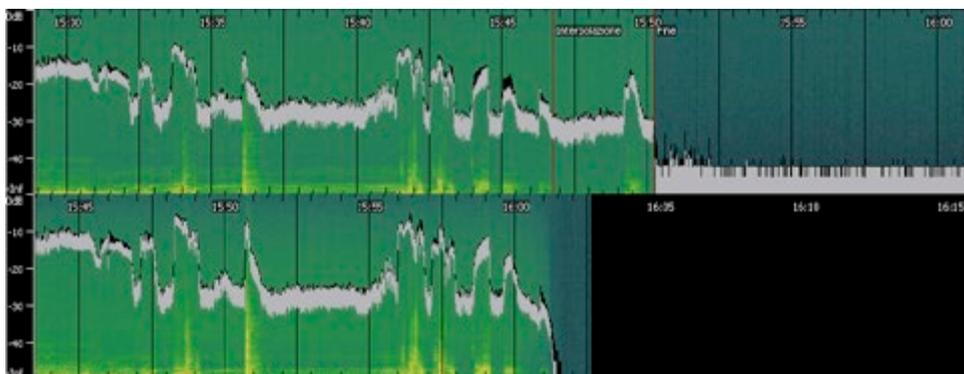


Fig. 44 Bruno Maderna, *Invenzione su una voce*, finale riallineato per il confronto: CD BVHAAST (sotto), IV frammento della bobina E20 (sopra).

9.5 Frammenti quinto e sesto

Da un primo ascolto i materiali degli ultimi due frammenti di nastro della bobina E20 sembrano provenire dai due brani di Maderna già citati: *Invenzione su una voce* e *Le rire*, variamente mixati e rimontati.

9.6 Il file audio e la bobina E20

La procedura di riversamento delle bobine della Fonologia ha seguito un protocollo che prevede la registrazione in testa al file audio di segnali test per eventuali tarature e confronti. Nell'operare la trascrizione, per non apportare modifiche al file che non fossero strettamente funzionali alla trascrizione stessa, si è deciso di non intervenire sul file, mantenendo così, nei tempi, le durate relative al file che comprendono anche

i segnali test¹⁰⁷. Per agevolare nella lettura della trascrizione riporto nelle prime due colonne della Tabella 2 il confronto fra i tempi del file e quelli della bobina, con lo zero relativo alla fine del nastro bianco in testa alla bobina (inizio nastro registrato).

Tabella 2. Segmentazione fisica e durate relative al file, alla bobina e al IV frammento (FR 4) di E20.

File E20	Bobina E20	Durata	FR 4	Segmentazione fisica	Segmento
09.30,30	00.00.00	04.54,80		I frammento (“Timpani”)	f1
14.25,10	04.54,80	00.07,16		Raccordo (rosa)	f2
14.32,26	05.01,96	01.10,20		II frammento (“Organo-cantante”)	f3
15.42,46	06.12,16	00.08,04		Raccordo (bianco)	f4
15.50,50	06.20,20	00.20,00		III frammento (“Organo solo”)	f5
16.10,50	06.40,20	00.15,40		Raccordo (rosa)	f6
16.25,90	06.55,60	03.58,88	00.00.00	IV frammento (“Risate invenz.”)	f7
20.24,78	10.54,48	00.07,12	03.58,88	Giuntura	f8
20.31,90	11.01,60	00.20,52	04.06,00	Giuntura	f9
20.52,42	11.22,12	02.09,20	04.26,52	Giuntura	f10
23.01,62	13.31,32	00.15,08	06.35,72	Giuntura	f11
23.16,70	13.46,40	00.41,48	06.50,80	Giuntura	f12
23.58,18	14.27,88	00.03,24	07.32,28	Giuntura	f13
24.01,42	14.31,12	00.45,12	07.35,52	Giuntura	f14
24.46,54	15.16,24	00.02,84	08.20,64	Giuntura	f15
24.49,38	15.19,08	00.07,20	08.23,48	Giuntura	f16
24.56,58	15.26,28	00.02,00	08.30,68	Giuntura	f17
24.58,58	15.28,28	00.20,36	08.32,68	Giuntura	f18
25.18,94	15.48,64	00.09,48	08.53,04	Giuntura	f19
25.28,42	15.58,12	00.44,80	09.02,52	Giuntura	f20
26.13,22	16.42,92	00.02,00	09.47,32	Giuntura	f21
26.15,22	16.44,92	00.11,20	09.49,32	Giuntura	f22
26.26,42	16.56,12	00.00,72	10.00,52	Giuntura	f23

(continua)

¹⁰⁷ In una comunicazione personale del 26 novembre 2011, Giovanni Belletti mi fa giustamente notare «che i segnali test dovrebbero essere contenuti solo nei ‘file di registrazione’ e che è necessario [...] estrarre il suono eliminando i segnali test: dall’inizio del nastro magnetico (dopo il nastro neutro di testa) fino alla fine del nastro magnetico (prima del nastro neutro di coda), generando nuovi file BWF a 96kHz/24bit che saranno gli ‘originali del suono’». Poiché nel presente studio si può ovviare a questo problema ‘azzerando’ il tempo di inizio del file per allinearlo con quello della bobina originale, non si è ritenuto necessario utilizzare un nuovo documento sonoro.

Tabella 2. (continua).

File E20	Bobina E20	Durata	FR 4	Segmentazione fisica	Segmento
26.27,14	16.56,84	01.14,52	10.01,24	Giuntura	f24
27.41,66	18.11,36	00.31,76	11.15,76	Giuntura	f25
28.13,42	18.43,12	02.00,88	11.47,52	Giuntura	f26
30.14,30	20.44,00	00.52,52	13.48,40	Giuntura	f27
31.06,82	21.36,52	01.07,68	14.40,92	Giuntura restaurata da Gianni Belletti	f28
32.14,50	22.44,20	00.02,08	15.48,60	Raccordo (bianco)	f29
32.16,58	22.46,28	00.37,92		Giuntura (inizia rosa)	f30
32.54,50	23.24,20	00.01,08		Giuntura (inizia bianco)	f31
32.55,58	23.25,28	00.42,56		Segno	f32
33.38,14	24.07,84	01.16,84		V frammento (Fonemi)	f33
34.54,98	25.24,68	00.05,56		Giuntura	f34
35.00,54	25.30,24	00.03,48		Raccordo (bianco)	f35
35.04,02	25.33,72	04.45,88		VI frammento (Fonemi+eletttr.+timpani)	f36
39.49,90	30.19,60	16.55,40		Inizio coda	

Tabella 3. Punti notevoli nel IV frammento di E20 e nel CD BVHAAST.

FR 4 E20	Nota	CD BVHAAST	Durate	Nota
07.33,91	taglio	07.35,63		inizio segmento interp.
07.39,27		07.40,99	00.05,36	fine segmento interp.
09.48,83	taglio	09.56,20		inizio segmento interp.
09.53,16		10.00,59	00.04,39	fine segmento interp.
09.50,86	taglio	10.02,43		inizio segmento interp.
		10.04,59	00.02,16	fine segmento interp.
15.46,74	inizio segmento interp.			
15.50,24	fine segmento interp.		00.03,50	

Poiché la segmentazione fisica potrebbe presentare frammenti di nastro di lunghezza inferiore a 3,8 cm, che equivarrebbero ad una durata minore al decimo di secondo, si è deciso di riportare detti valori con un'approssimazione al centesimo di secondo. Si precisa tuttavia che, dato il riferimento anche al video di documentazione, approssimato invece al decimo di secondo, questo valore è stato attribuito sulla base di elementi presenti nella trascrizione, non sempre univocamente attribuibili ad elementi fisici del supporto¹⁰⁸ e comunque dell'ordine di più o meno 3 centesimi di secondo

¹⁰⁸ Sarebbe interessante approfondire la ricerca sulla corrispondenza fra una determinata rappresentazione del segnale e la relativa corrottela o il relativo intervento sul supporto.

rispetto al video. Si è notato, del tutto empiricamente, che laddove è presente una giuntura originale, a causa della tendenza a separarsi dei due nastri giuntati (che si può intravedere nella Fig. 40 (a) e si vede chiaramente nella Fig. 45, molto probabilmente vi è una perdita di segnale quasi sempre visibile come una striscia più scura nel sonogramma (si veda la Fig. 46).



Fig. 45 In una giuntura storica i nastri tendono a separarsi.

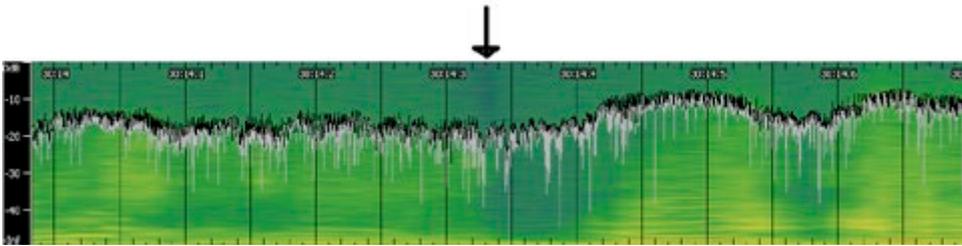


Fig. 46 Una giuntura storica del nastro è quasi sempre visibile come una striscia leggermente più scura del sonogramma.

10. Altri tipi di fonte

10.1 Non solo nastri

Il caso analizzato, su nastro magnetico, il quale è ovviamente solo uno dei tanti possibili supporti sui quali possiamo trovare un documento sonoro, non esaurisce la varietà delle informazioni che i documenti sonori, nel loro essere anche materiali, possono fornire. La stessa varietà dei formati dei nastri magnetici amplia la casistica aggiungendo nuove problematiche al caso preso in considerazione. Documenti sonori sono infatti anche i cilindri, i dischi, il filo magnetico, le cassette compact e tantissimi altri, come abbiamo potuto vedere nella prima parte. Vi sono tuttavia almeno due elementi in comune fra tutti questi tipi di documenti, che nella fase di trascrizione vengono evidenziati: il loro essere materia-

lizzazione di un fenomeno temporale che necessita di uno spazio per potersi manifestare, e la natura oscillatoria del fenomeno acustico che essi registrano, che ha trovato una o più forme di rappresentazione grafica oggettiva, ormai consolidatesi, analoghe alla sua natura.

10.2 Dischi

Il disco fin dalle origini si è prestato ad essere trascritto¹⁰⁹. Negli ultimi anni, tuttavia, per affrontare il problema dell'usura del supporto in seguito all'attrito esercitato dal contatto con lo stilo in fase di riproduzione, sono stati messi a punto sistemi che, invece di rilevare il suono grazie al trasduttore stilo/testina, fotografano il supporto per poterne estrarre, debitamente ingrandita, un'immagine dei solchi che, essendo analoghi alle variazioni di pressione dell'aria che hanno messo in movimento la semplificata catena diaframma-stilo, corrispondono alla forma del suono nella sua natura ondulatoria¹¹⁰. Possiamo notare come con queste tecnologie sia possibile saltare completamente la fase dell'ascolto del suono per passare direttamente, dal supporto, alla sua visualizzazione, ritornando alle origini del fenomeno della scrittura dei suoni, quando essi venivano scritti prima di essere riprodotti.

Riguardo alla possibilità di rappresentare aspetti del supporto fisico nella trascrizione grafica possiamo solo accennare alle numerose possibilità concernenti eventuali corruzioni come graffi, abrasioni o presenza di corpi estranei.

10.3 Pellicola cinematografica

Tra le fine degli anni venti e l'inizio degli anni trenta, nasce e si sviluppa un fenomeno legato alla concezione del cinema come arte assoluta, che unisce pittura, suoni, fotografia, immagini in movimento. Questo fenomeno produce una serie di 'esperimenti', in particolare in Germania, dove autori come Pfenninger, Fischinger, Eggeling, Ruttmann, utilizzano la pellicola come supporto su cui 'disegnare' direttamente le immagini da proiettare e affiancano ad esse anche i suoni (anch'essi a volte disegnati direttamente sulla pellicola); esperimenti che verranno poi ripresi radicalmente da McLaren¹¹¹.

¹⁰⁹ Si veda, ad esempio, il § 1.9.

¹¹⁰ Si vedano ad esempio Canazza, Ferrin e Snidero, "Photos of GHOSTS (Photos of Grooves and HOles, Supporting Tracks Separation): conservazione attiva di dischi fonografici per mezzo di immagini digitali" e il sistema di archiviazione dei dischi macrolsolco approntato presso la Fonoteca Nazionale Svizzera; per informazioni al riguardo, Cavaglieri, Johnsen e Bapst, "Optical Retrieval and Storage of Analog Sound Recordings".

¹¹¹ Si veda Levin, "«Tones from out of Nowhere»: Rudolph Pfenninger and the Archaeology of Synthetic Sound".

Sia nella sua forma di supporto di sole informazioni sonore¹¹² sia di supporto audiovisivo, la pellicola presenta caratteristiche analoghe a quelle del nastro magnetico, in particolare quelle relative ai tagli di montaggio, prestandosi così anch'essa ad essere «trascritta».

10.4 Il CD Audio e la DAE

Una tipica operazione di Digital Audio Extraction è quella di estrarre una traccia da un CD-DA, il cui formato è descritto nel cosiddetto *Red-book* e perfezionato nello standard IEC60908 del 1999.

In questa ricerca, per estrarre un file audio da un CD-DA, è stato utilizzato il programma libero *Exact Audio Copy*¹¹³ di Andre Wiethoff.

Come esempi di estrazione di file audio da CD-DA, a fini di confronto con i frammenti di E20, sono state acquisite le tracce 4 e 5 del CD della BVHAAST numero 9109 (numero 7 della serie *Acousmatrix*) contenente opere elettroniche di Luciano Berio e Bruno Maderna. Le tracce contengono le composizioni *Le Rire* e *Invenzione su una voce*; quest'ultima corrisponde al IV frammento del nastro E20 ed è stato trascritto – essendo monofonica – il solo canale destro.

11. Conclusioni

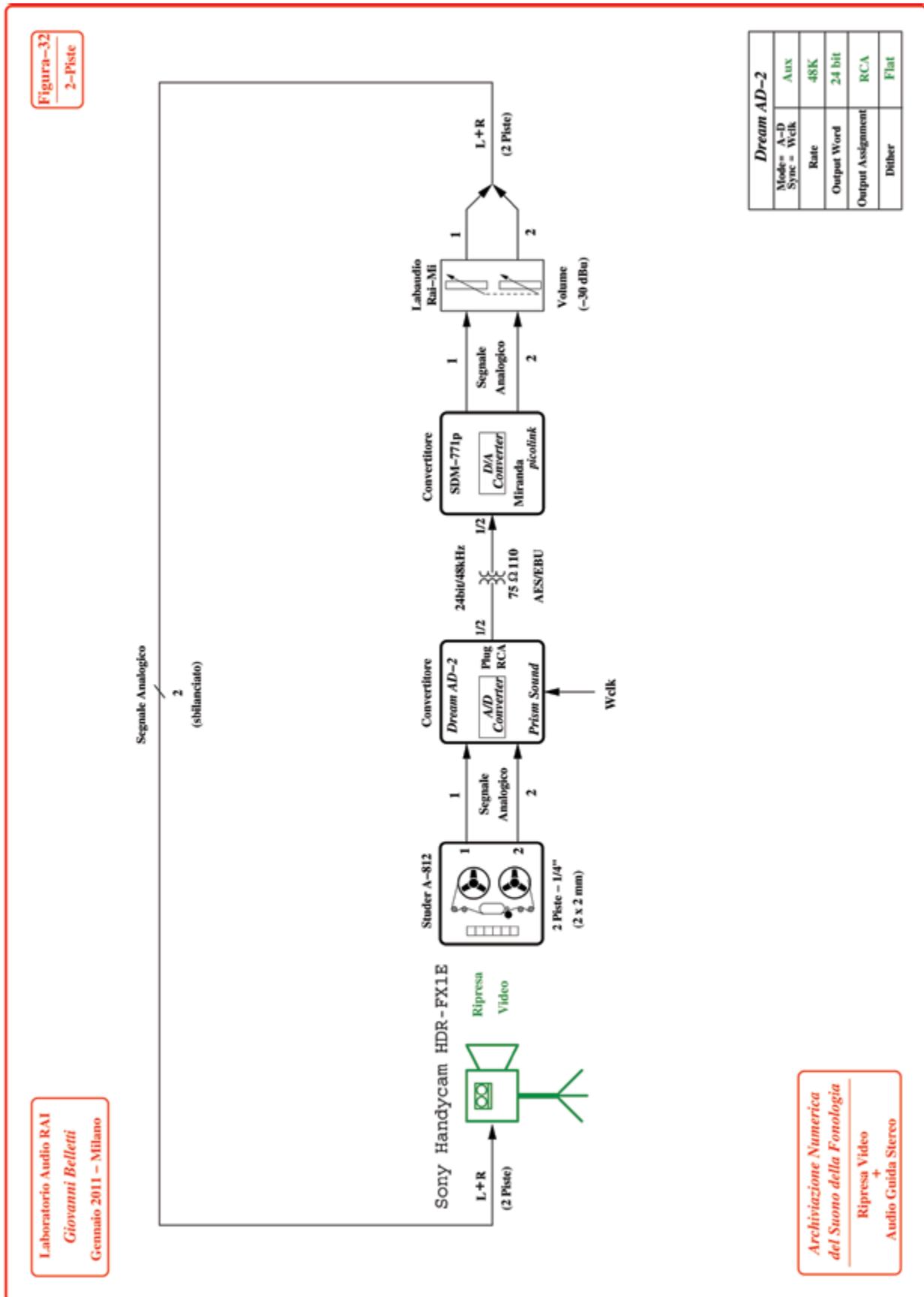
Sebbene il sistema di trascrizione di documenti sonori proposto in questo lavoro abbia caratteristiche di semplicità, tuttavia garantisce leggibilità e uniformità alla lettura del risultato grafico. Se un sistema di notazione deve rispondere alla richiesta di una simbologia il più largamente possibile condivisa allora è certo che sonogrammi e involucri d'ampiezza – come abbiamo potuto constatare – sono ormai entrati a far parte del patrimonio 'simbolico' di musicologi e musicisti. Resta evidentemente aperto ogni possibile sviluppo ed integrazione a questo strato base di partenza. Una prima integrazione può essere quella qui proposta relativa allo stato materiale del supporto; ma tutte quelle indicazioni che fonti ancillari come ad esempio appunti di regia di autori o di esecutori possono fornirci forniscono altrettanti stimoli per aumentare con ulteriori 'segni' quelli oggettivi di sonogramma ed involucro d'ampiezza. Un'invito dunque ad espandere, anche con proposte analitiche, il patrimonio di trascrizioni di quei repertori 'confinati' nell'ambito dell'ascolto.

¹¹² Si veda il caso esemplare del brano *Weekend* di Ruttman del 1930 descritto in Goergen, Jeanpaul. "Il montaggio sonoro come «ars acustica»".

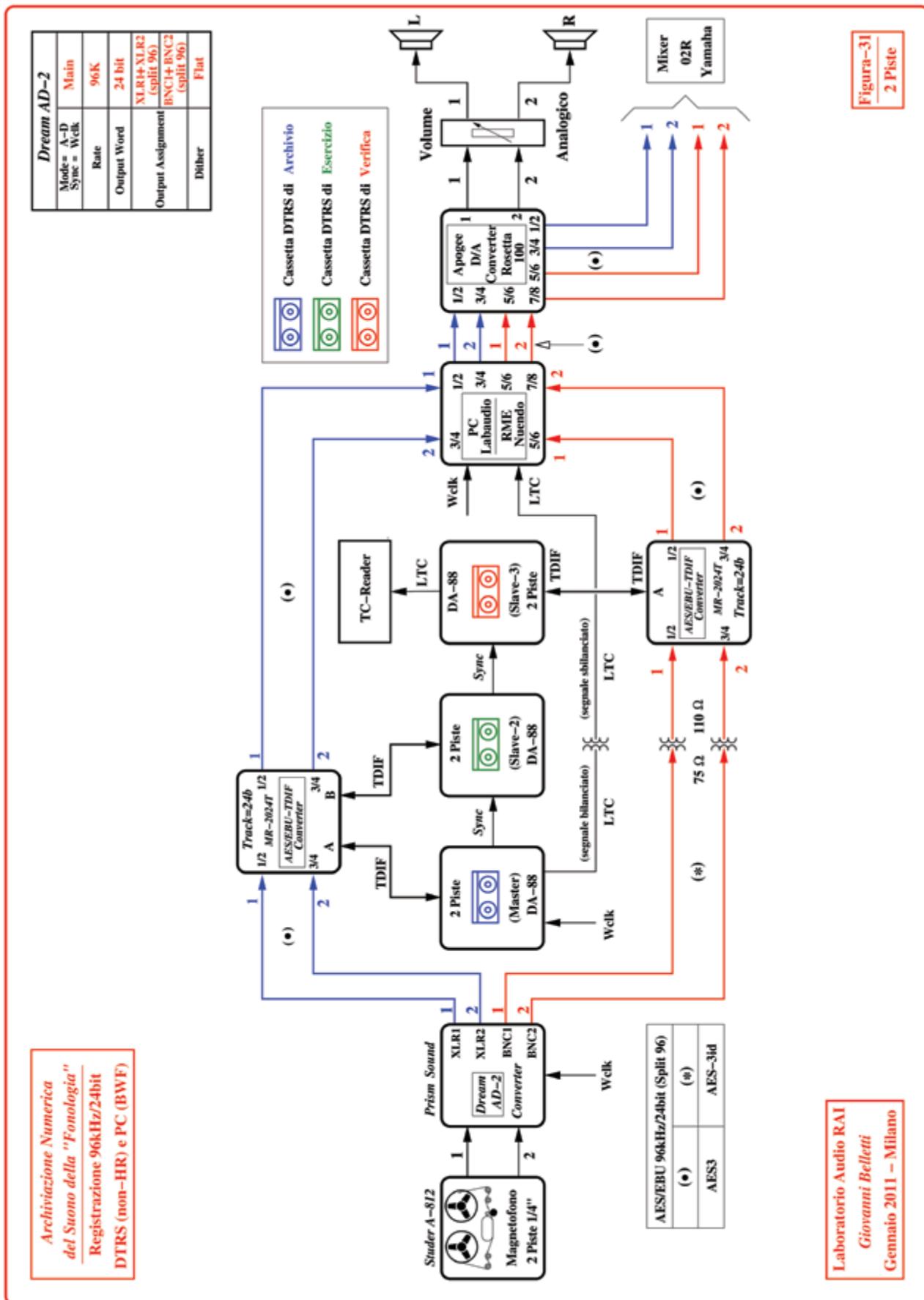
¹¹³ Si veda <http://www.exactaudiocopy.de/>

APPENDICI

Schede tecniche



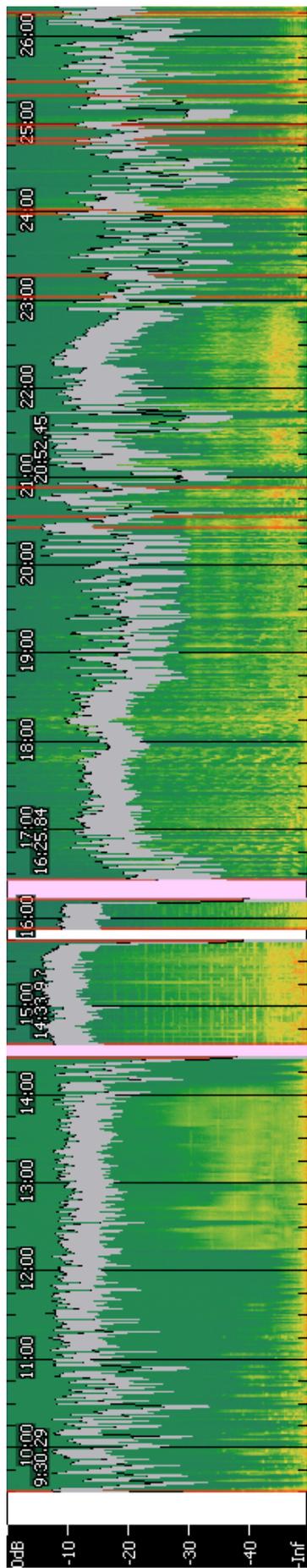
Appendice A. Scheda tecnica del flusso del segnale audio guida registrato sul video di documentazione del processo di riversamento della bobina E20 redatta da Gianni Belletti.



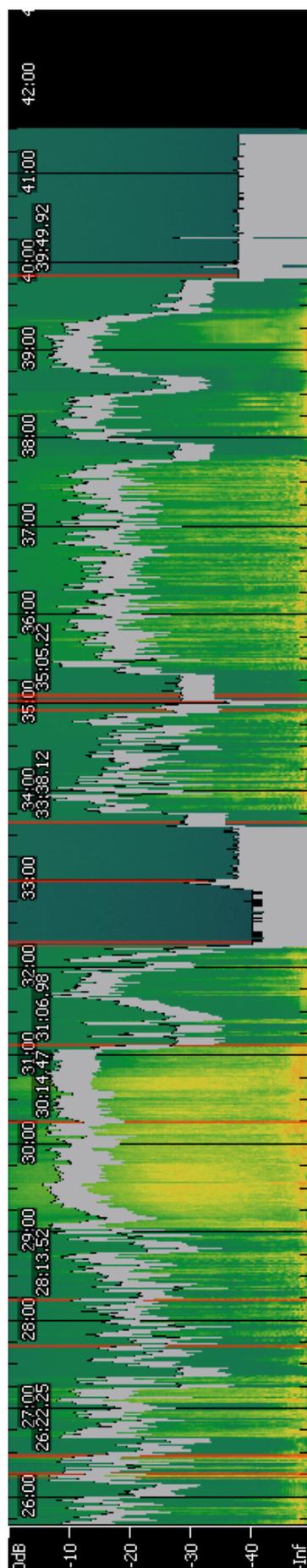
Appendice B. Scheda tecnica del flusso dei segnali nel processo di digitalizzazione della bobina E20 redatta da Giovanni Belletti.

TRASCRIZIONI DI DOCUMENTI SONORI

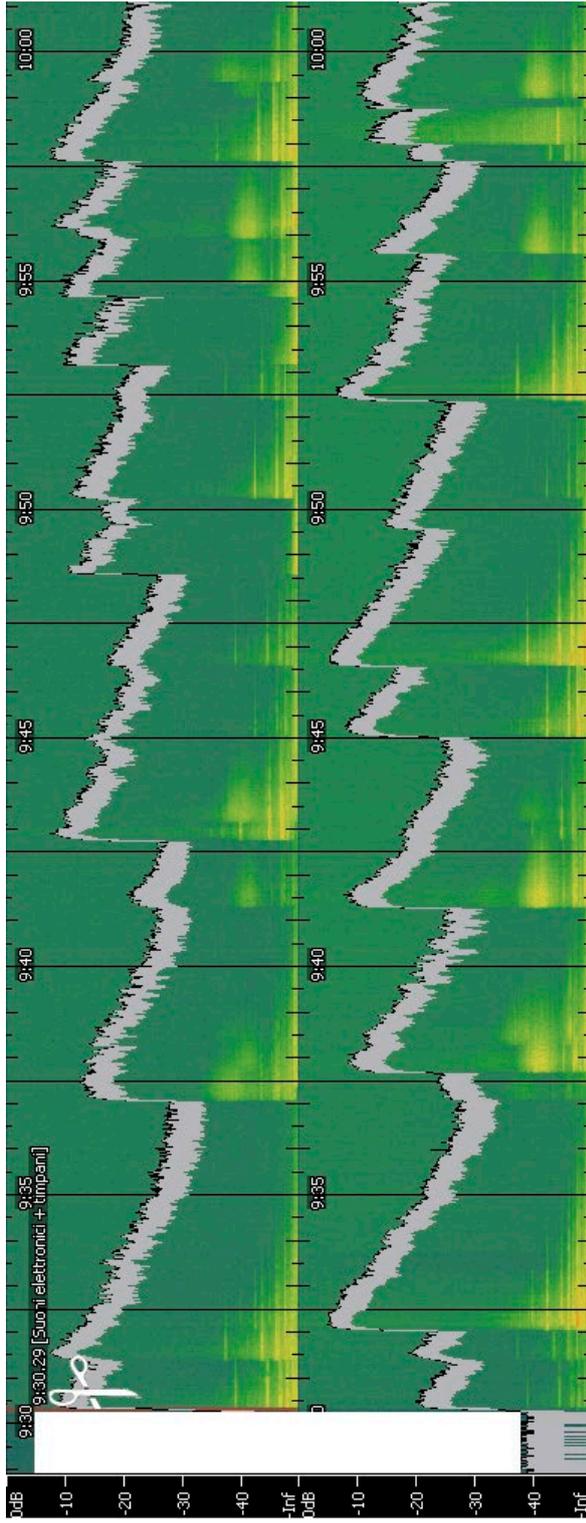
Appendice C. Bobina E20, Studio di Fonologia della RAI, Milano.



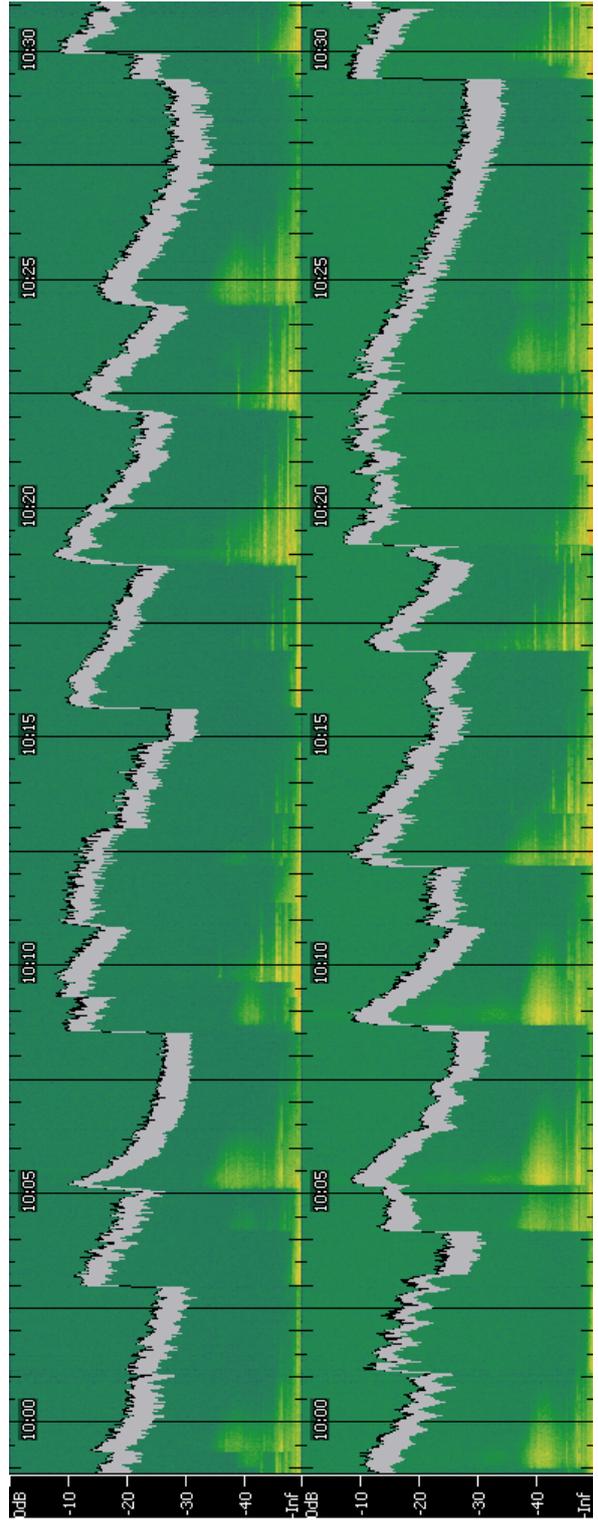
C.1 Trascrizione di E20. Traccia 1 sopra, traccia 2 sotto. 0' -15'



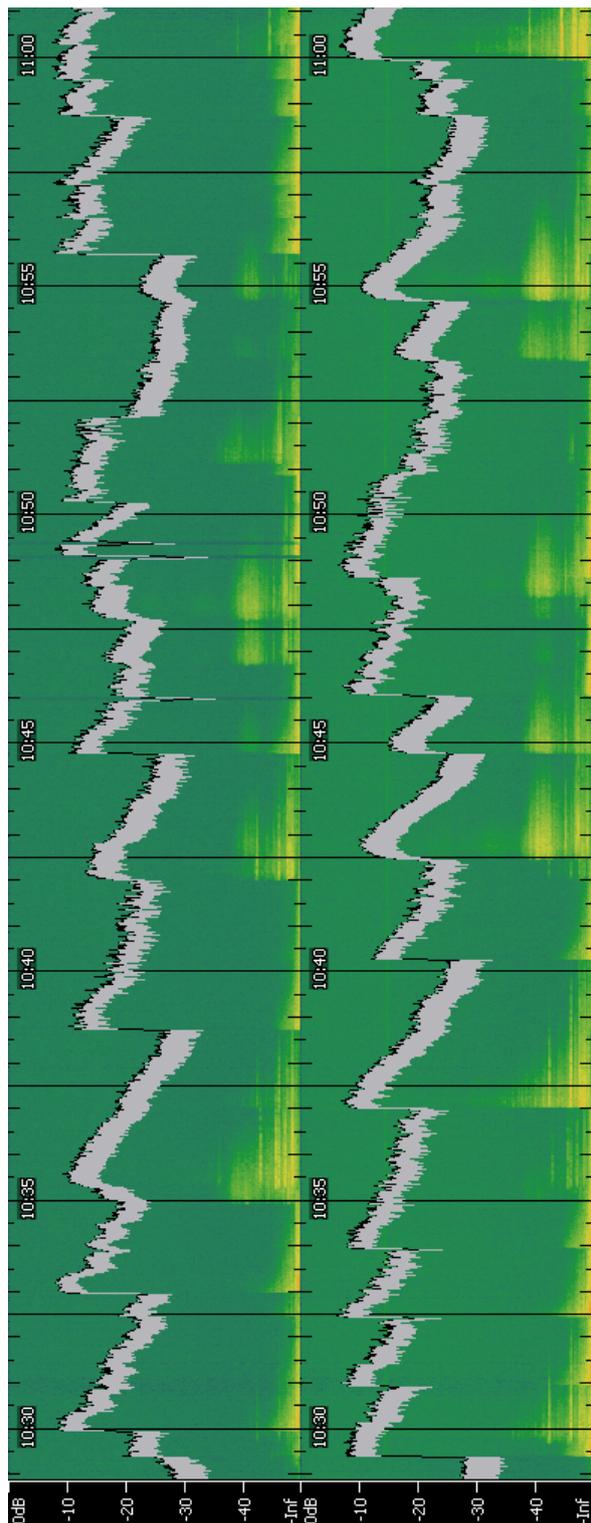
C.2 Trascrizione di E20. Traccia 1 sopra, traccia 2 sotto. 15' -40'



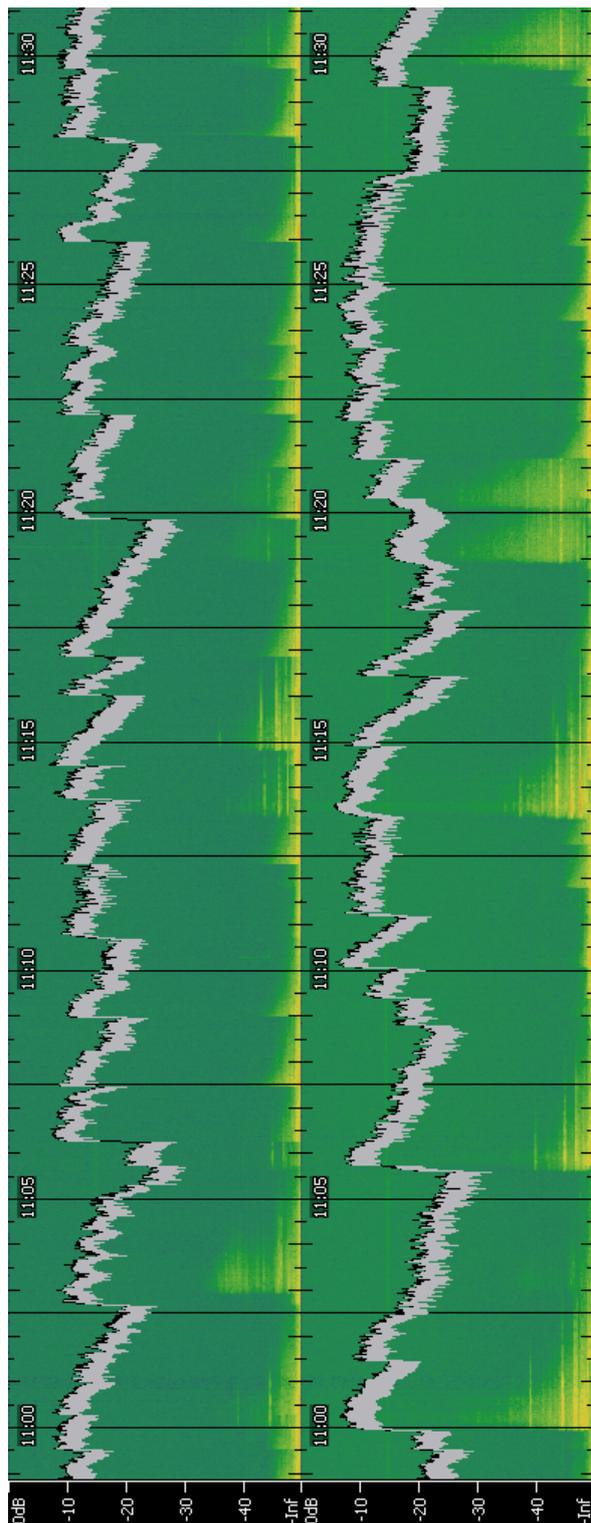
C.3 E20: 00'00''-00'30''
Primo frammento



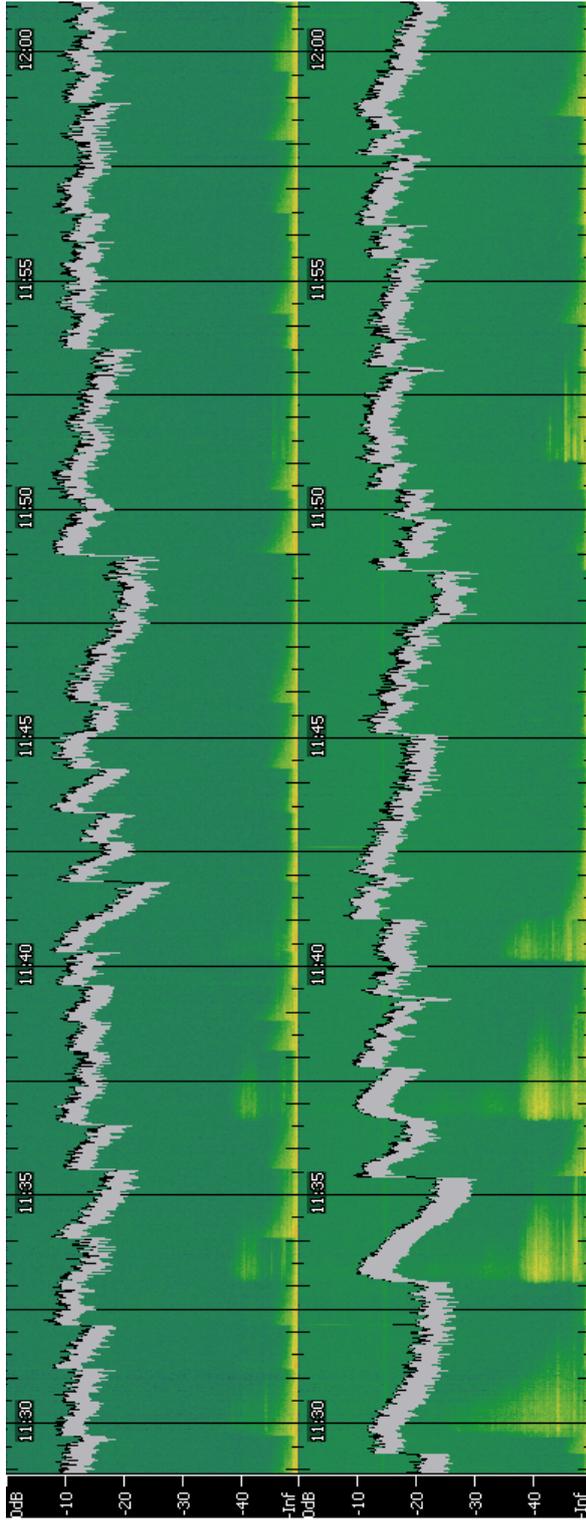
C.4 E20: 00'30''-01'00''
Primo frammento



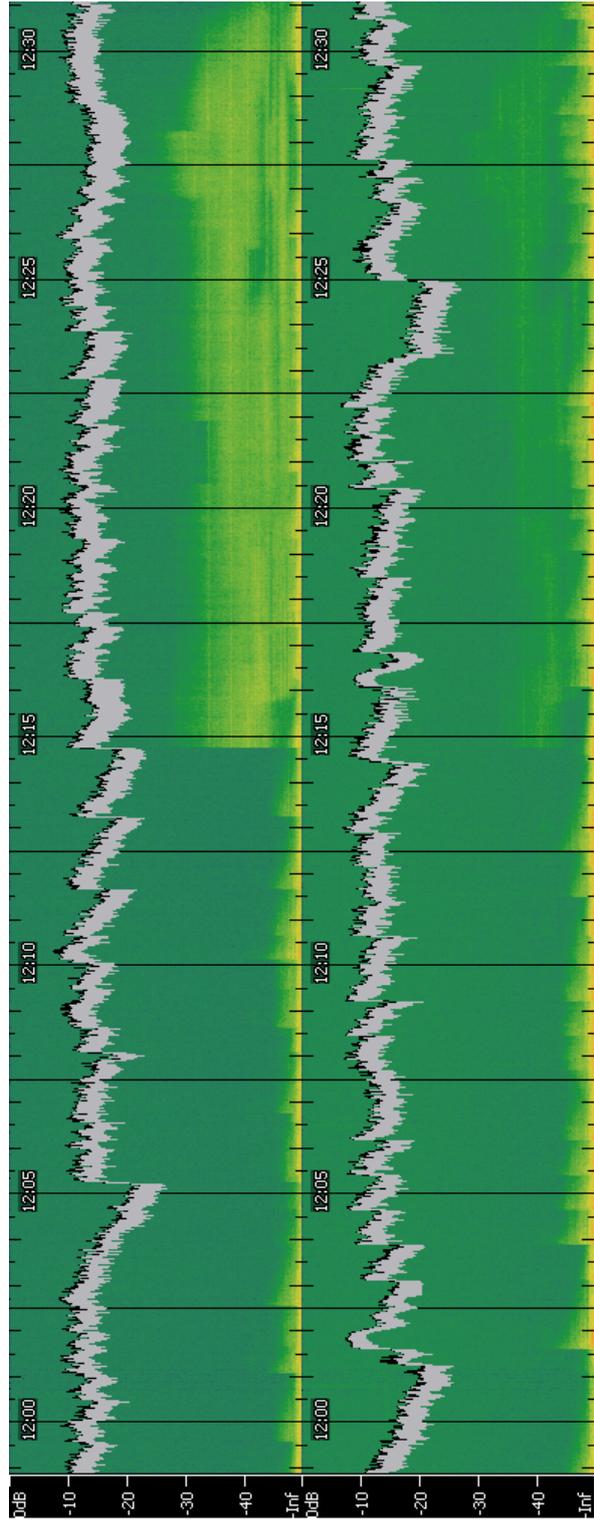
C.5 E20: 01'00''-01'30''.
Primo frammento



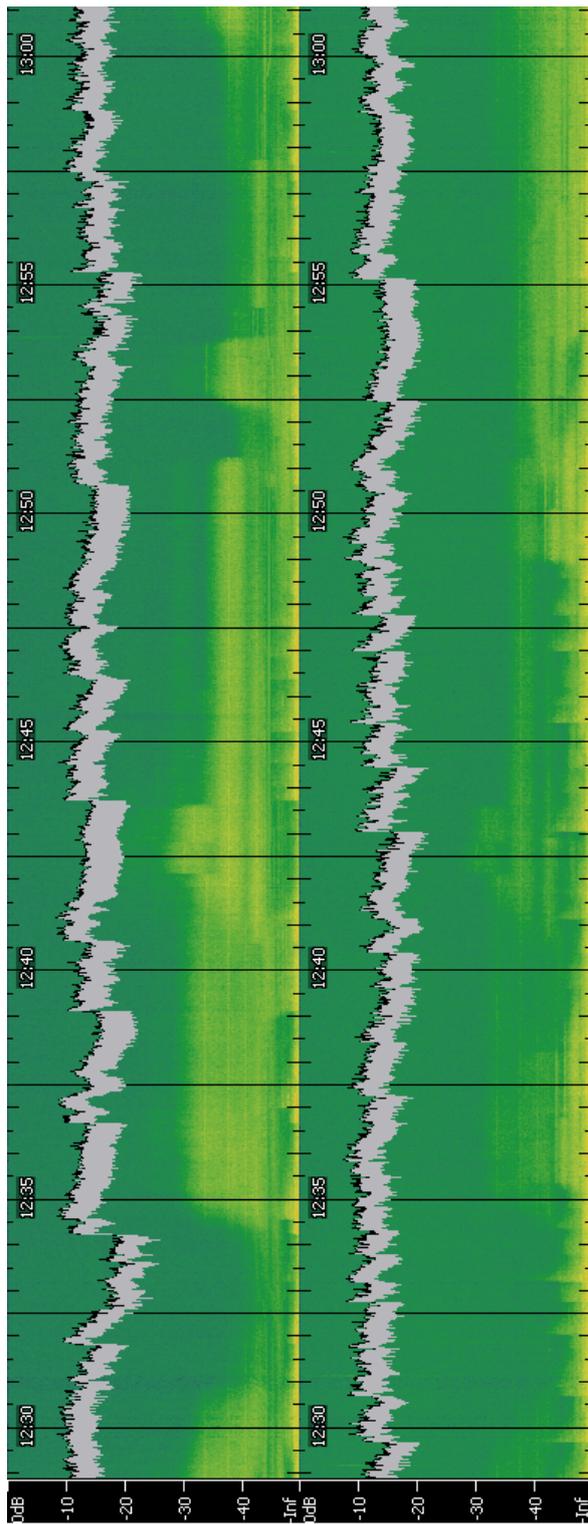
C.6 E20: 01'30''-02'00''.
Primo frammento



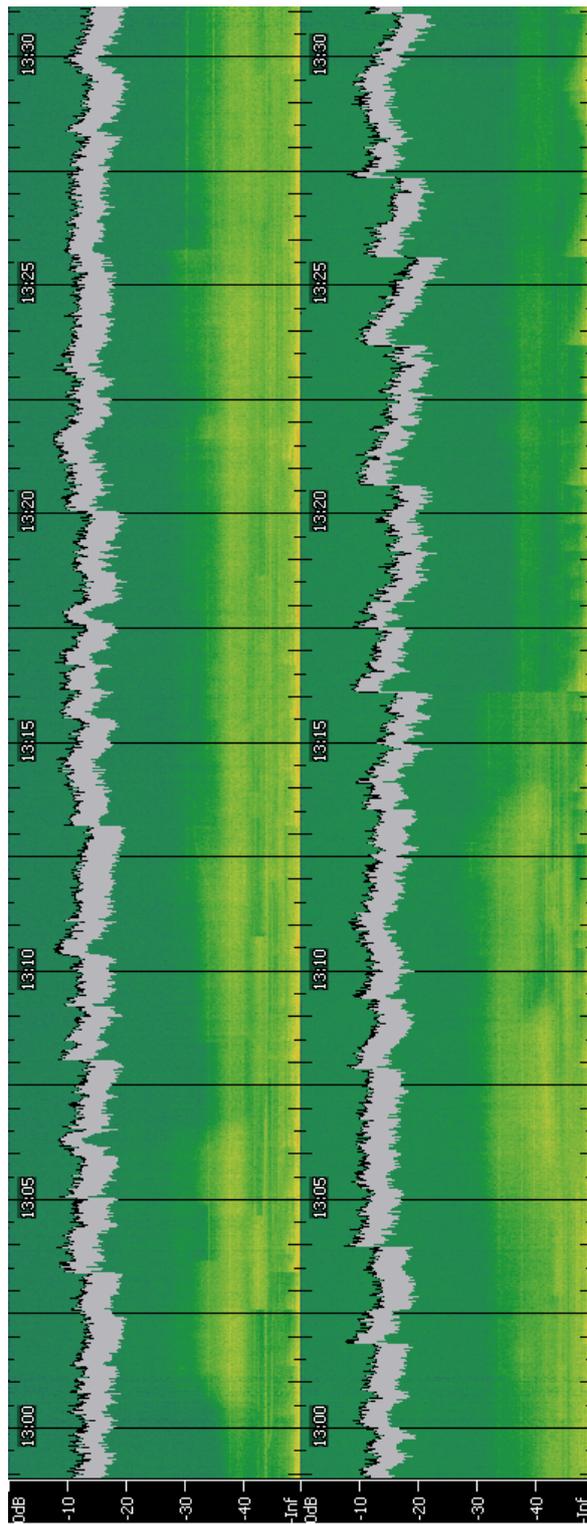
C.7 E20: 02'00''-02'30''.
Primo frammento



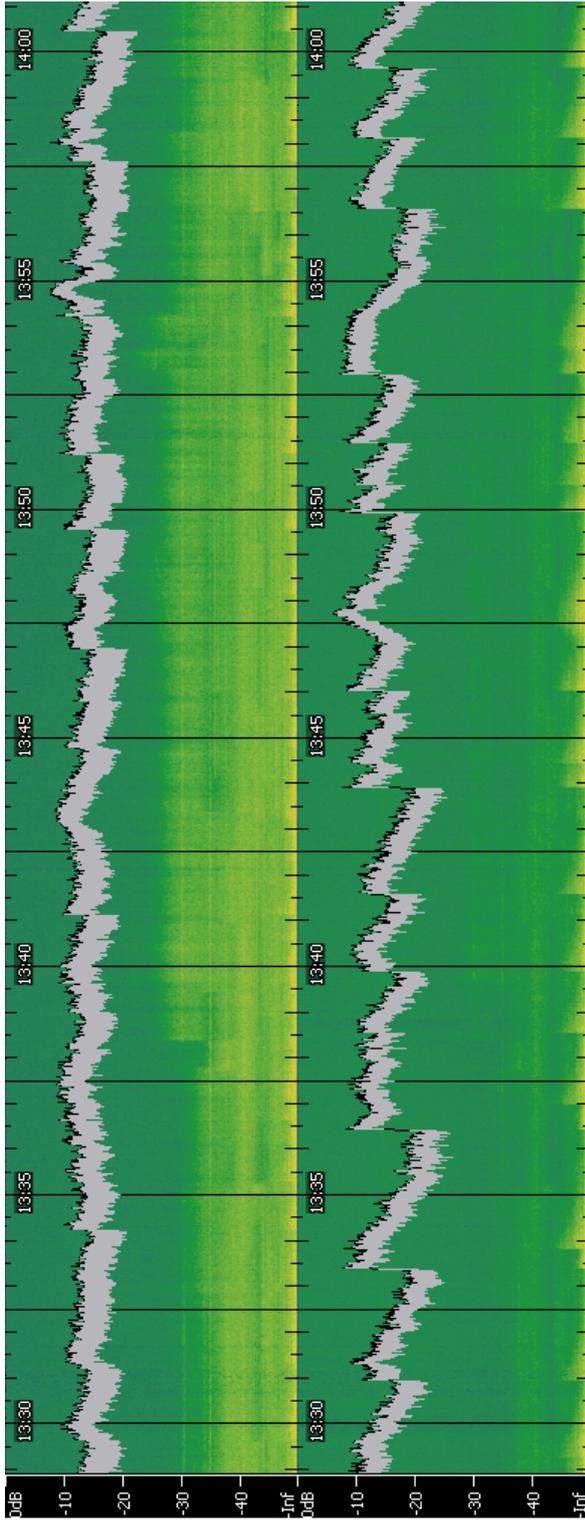
C.8 E20: 02'30''-03'00''.
Primo frammento



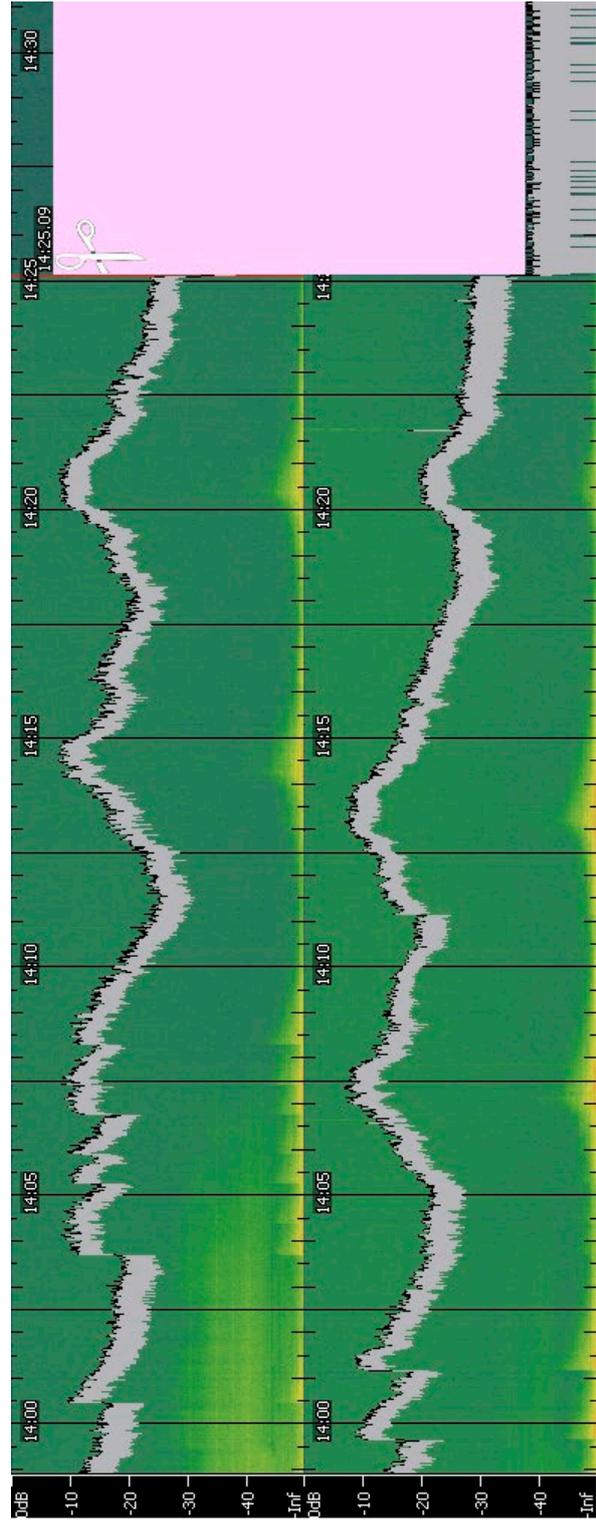
C.9 E20: 03'00''-03'30''
Primo frammento



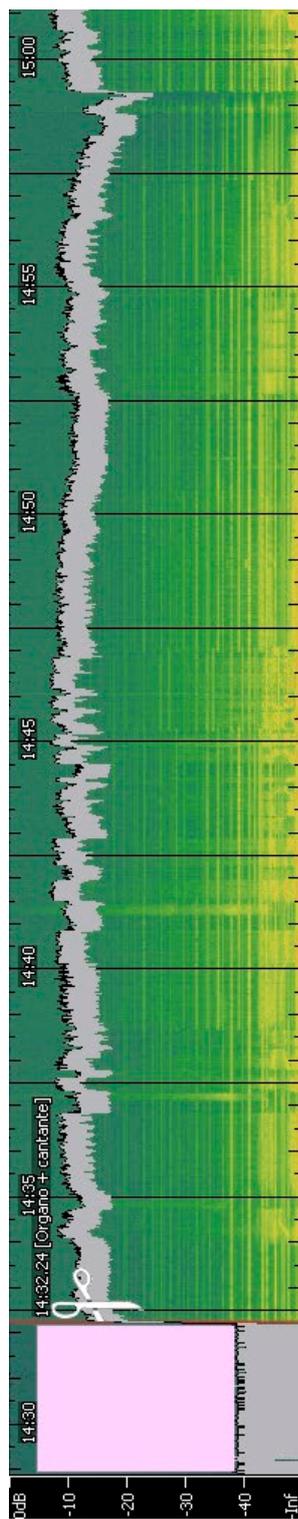
C.10 E20: 03'30''-04'00''
Primo frammento



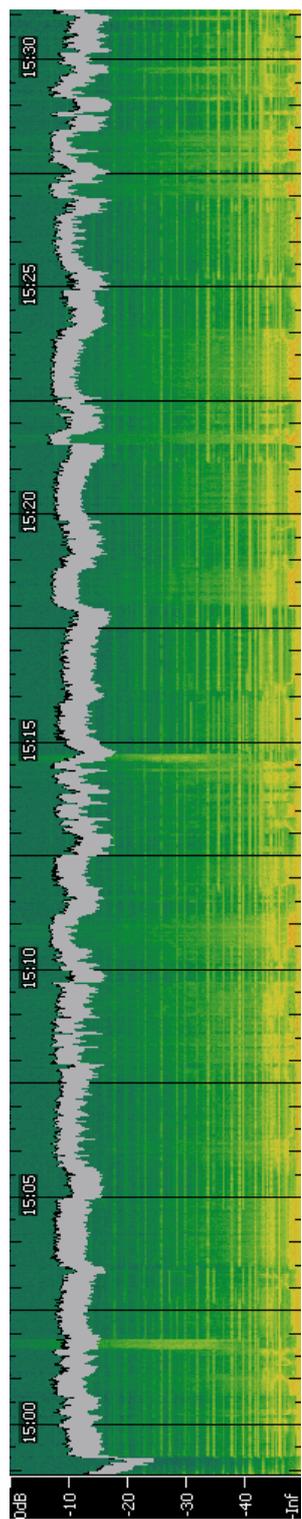
C.11 E20: 04'00''-04'30''.
Primo frammento



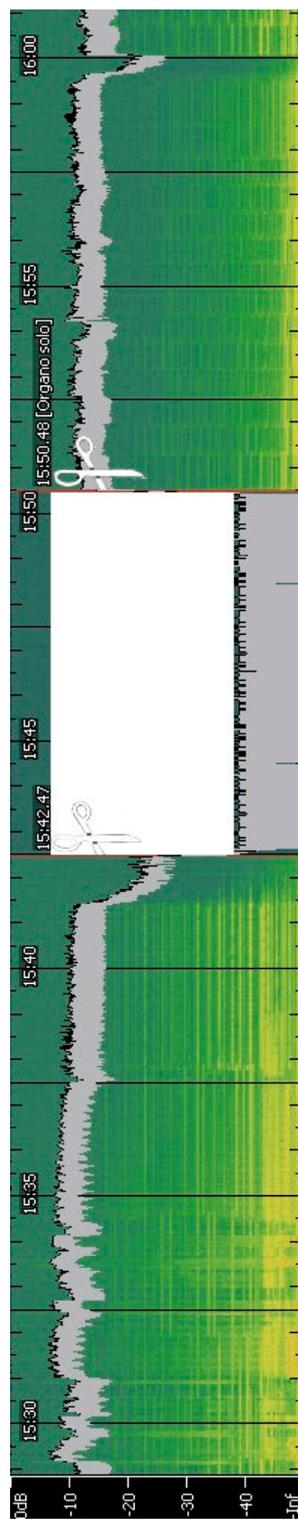
C.12 E20: 04'30''-05'00''.
Fine primo frammento



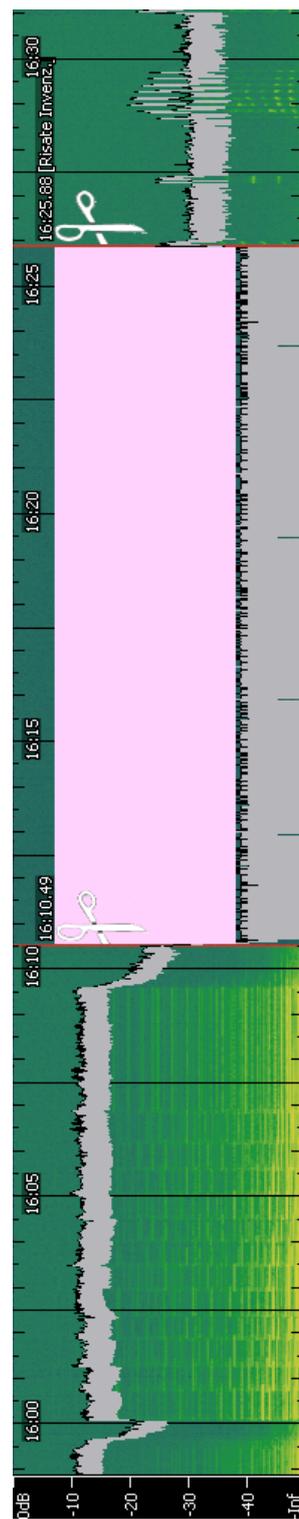
C.13 E20: 05'00" -05'30".
Secondo frammento



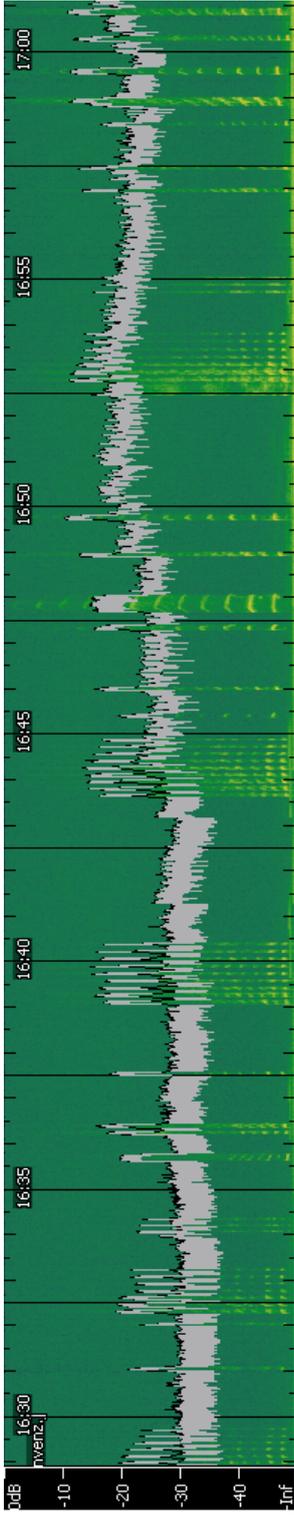
C.14 E20: 05'30" -06'00".
Secondo frammento



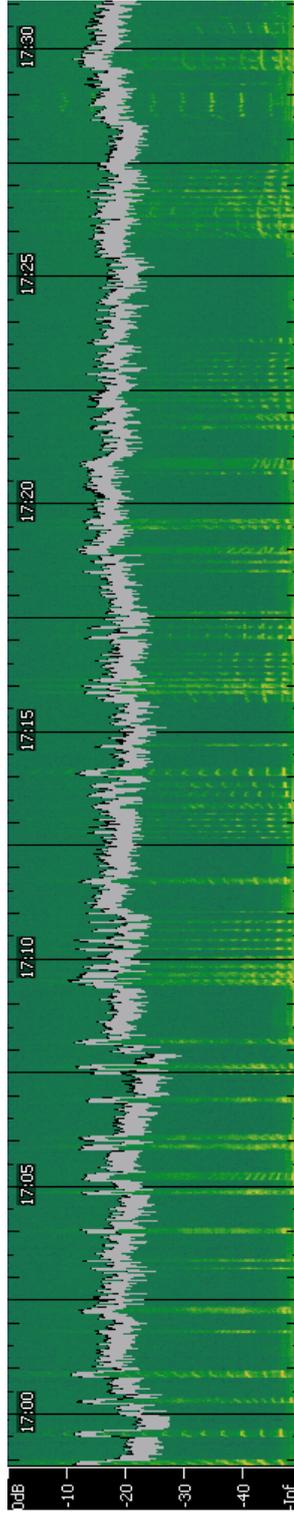
C.15 E20: 06'00" -06'30".
Fine secondo frammento
inizio terzo frammento



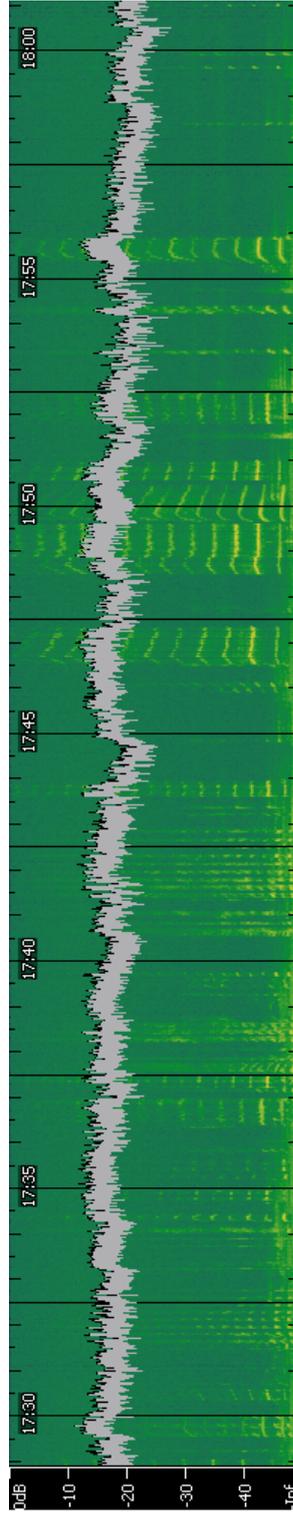
C.16 E20: 06'30" -07'00".
Fine terzo frammento
inizio quarto frammento:
Invenzione su una voce



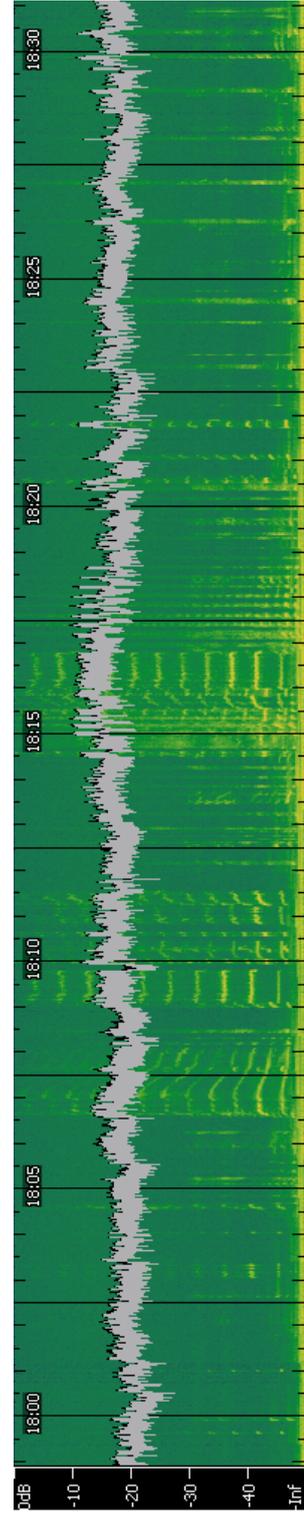
C.17 E20: 07'00" -07'30".
 Quarto frammento:
Invenzione su una voce



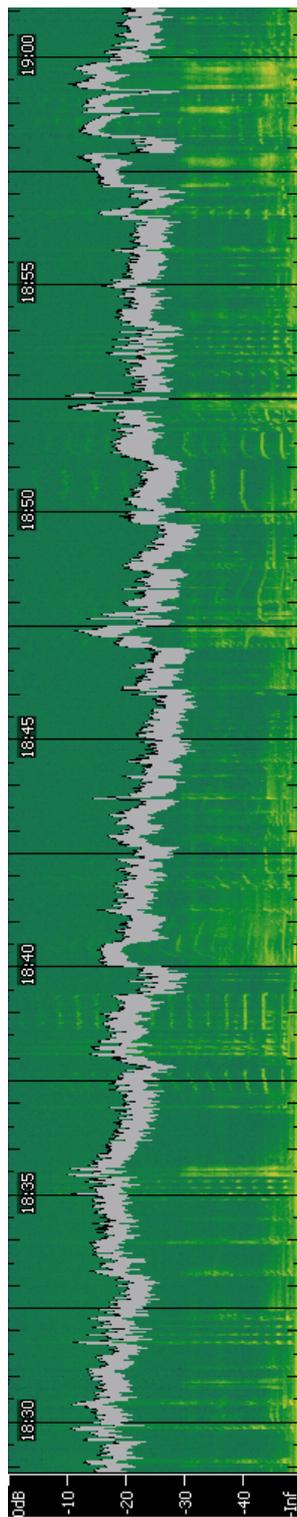
C.18 E20: 07'30" -08'00".
 Quarto frammento:
Invenzione su una voce



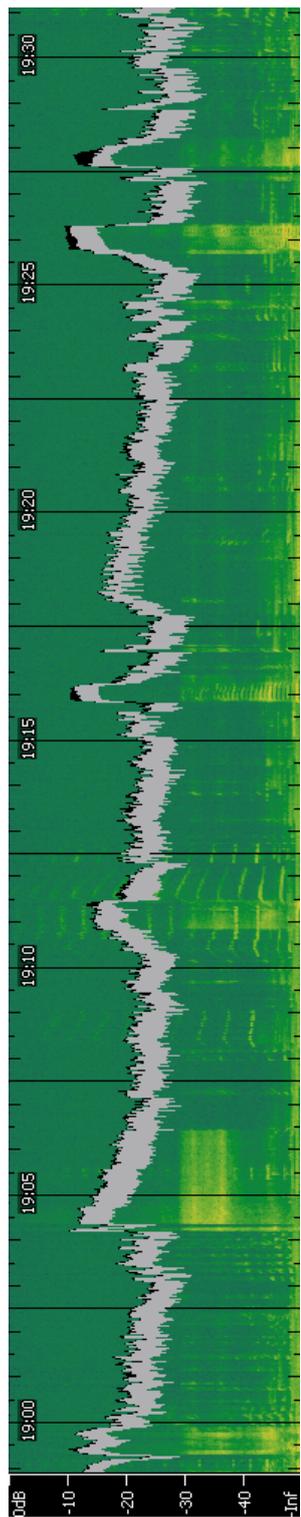
C.19 E20: 08'00" -08'30".
 Quarto frammento:
Invenzione su una voce



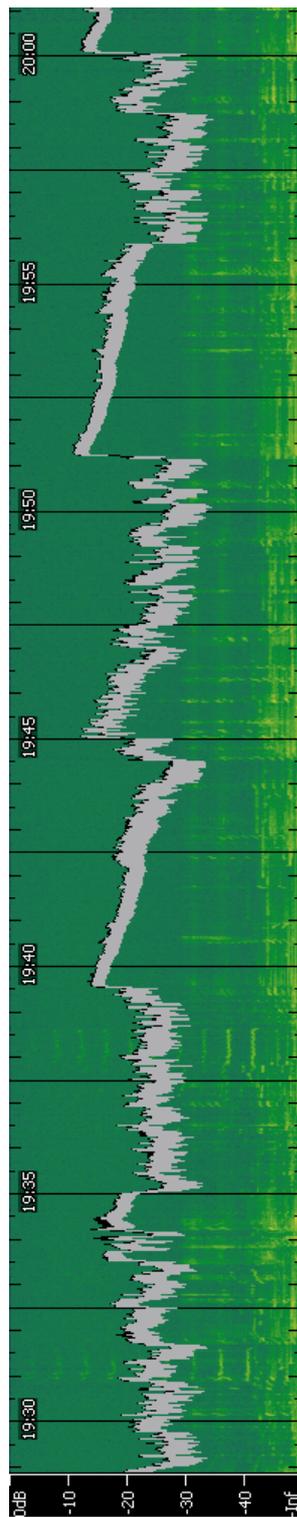
C.20 E20: 08'30" -09'00".
 Quarto frammento:
Invenzione su una voce



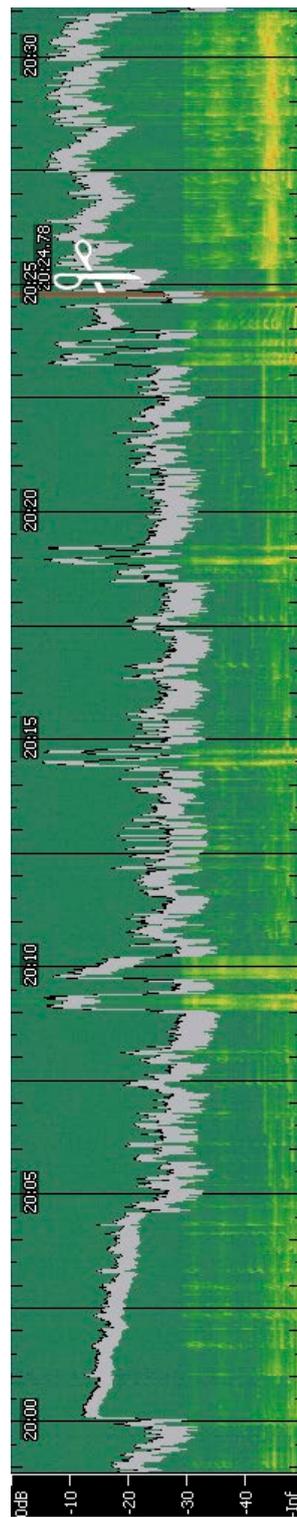
C.21 E20: 09'00''-09'30''.
Quarto frammento:
Invenzione su una voce



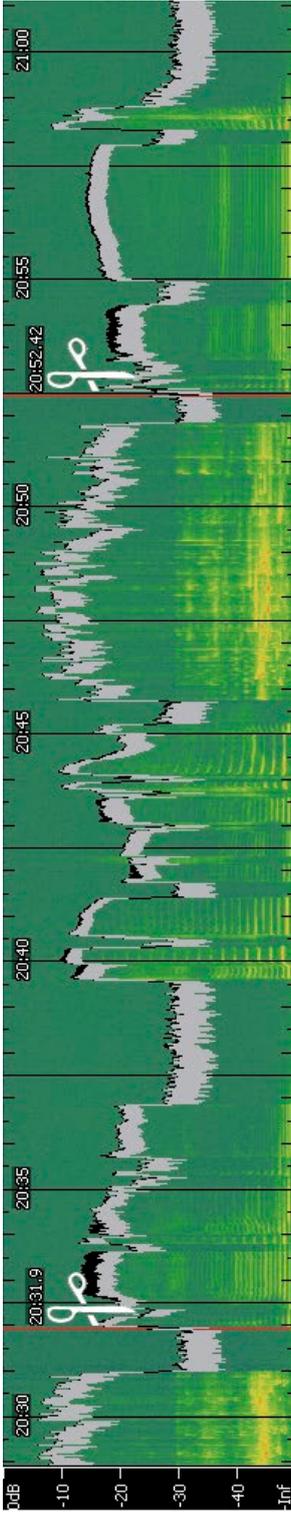
C.22 E20: 09'30''-10'00''.
Quarto frammento:
Invenzione su una voce



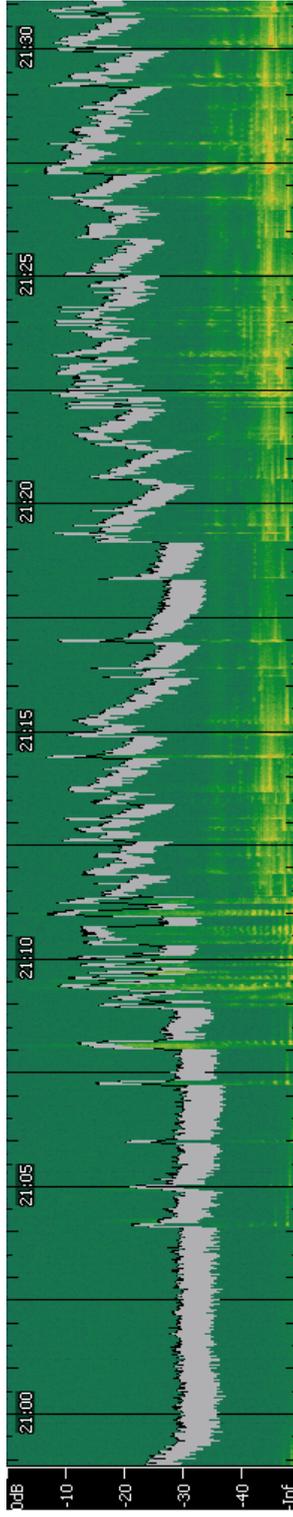
C.23 E20: 10'00''-10'30''.
Quarto frammento:
Invenzione su una voce



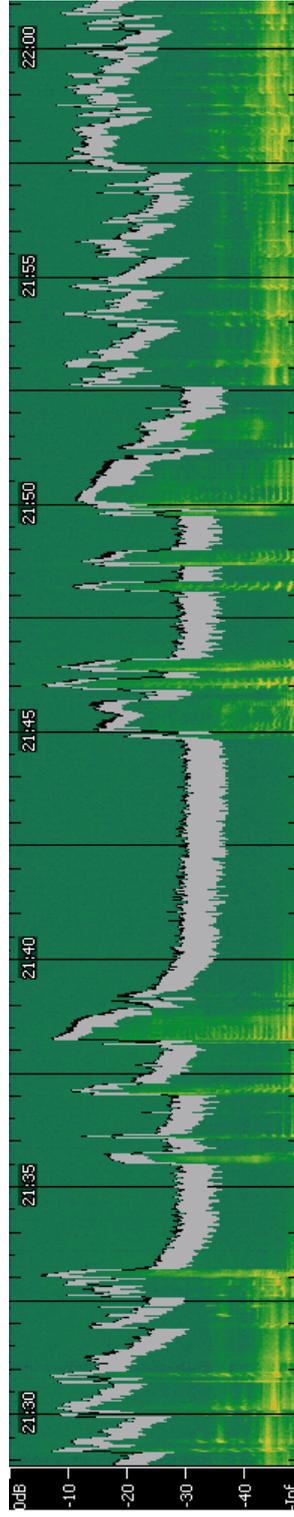
C.24 E20: 10'30''-11'00''.
Quarto frammento:
Invenzione su una voce



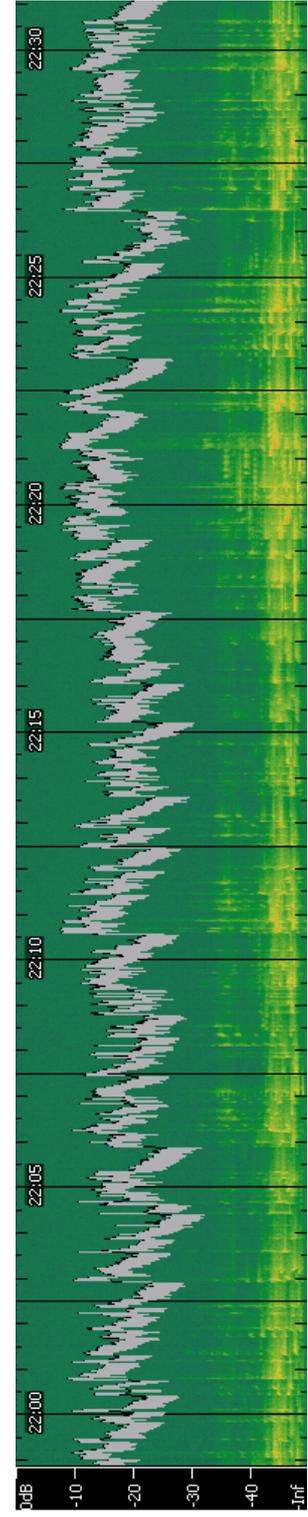
C.25 E20: 11'00''-11'30''.
 Quarto frammento:
Invenzione su una voce



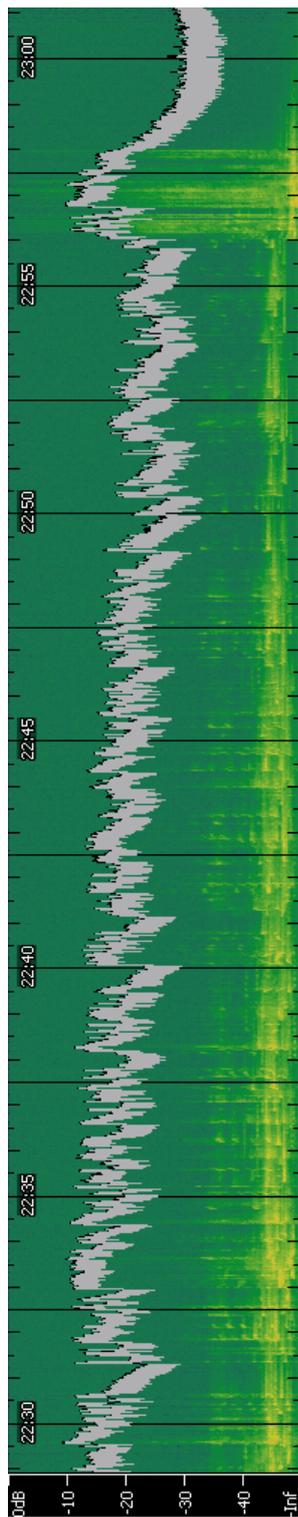
C.26 E20: 11'30''-12'00''.
 Quarto frammento:
Invenzione su una voce



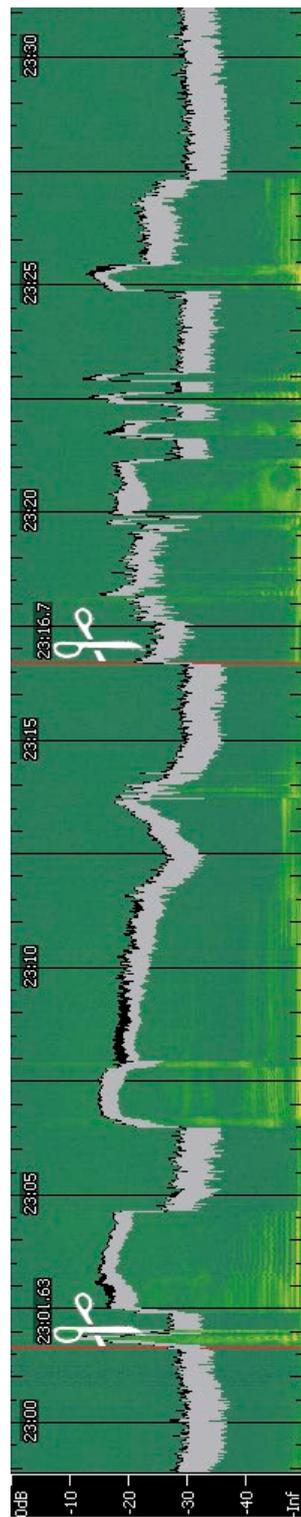
C.27 E20: 12'00''-12'30''.
 Quarto frammento:
Invenzione su una voce



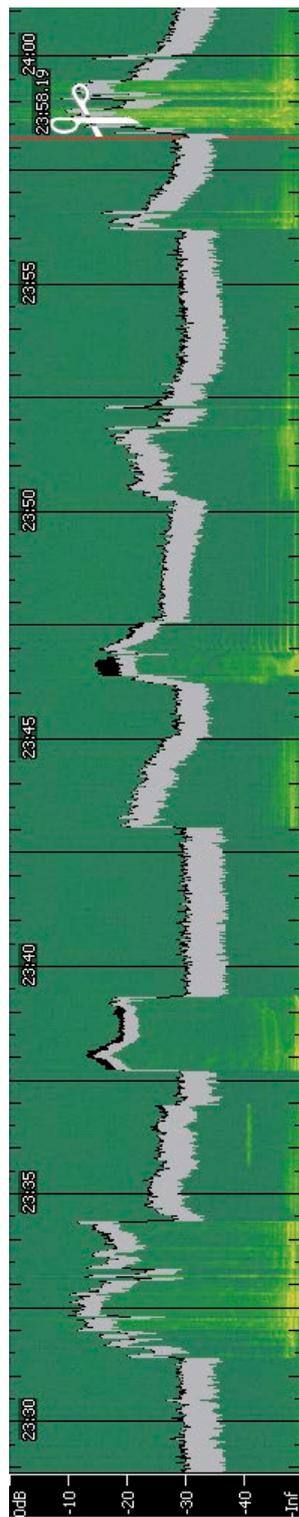
C.28 E20: 12'30''-13'00''.
 Quarto frammento:
Invenzione su una voce



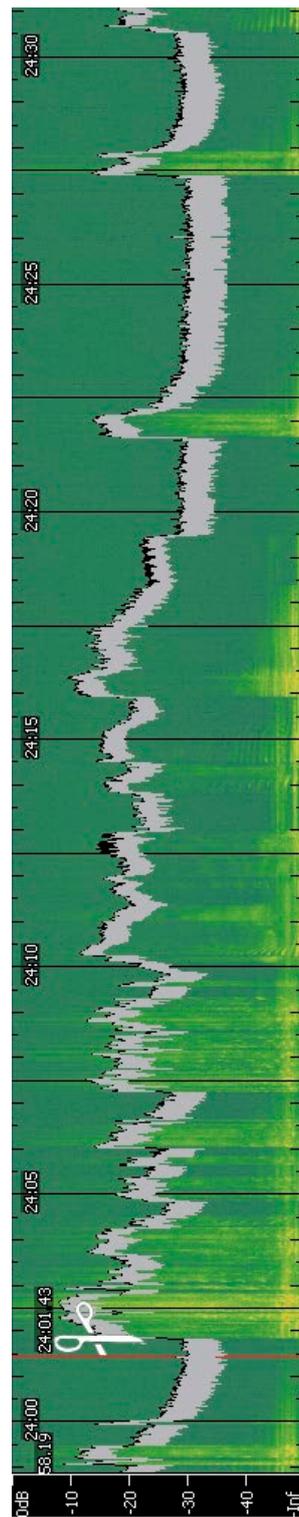
C.29 E20: 13'00''-13'30''.
Quarto frammento:
Invenzione su una voce



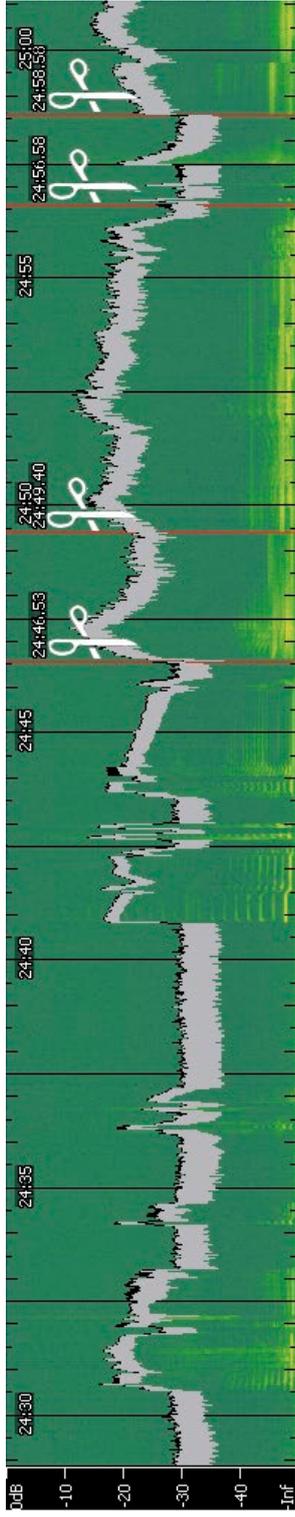
C.30 E20: 13'30''-14'00''.
Quarto frammento:
Invenzione su una voce



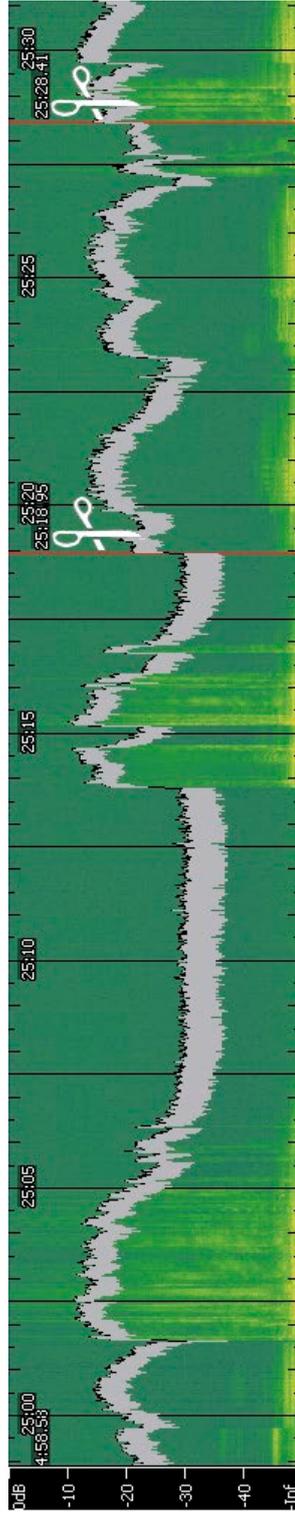
C.31 E20: 14'00''-14'30''.
Quarto frammento:
Invenzione su una voce



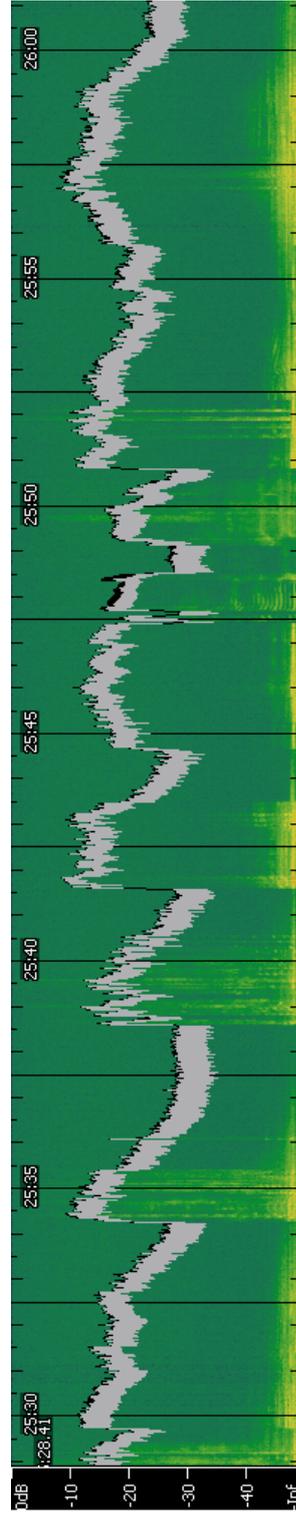
C.32 E20: 14'30''-15'00''.
Quarto frammento:
Invenzione su una voce



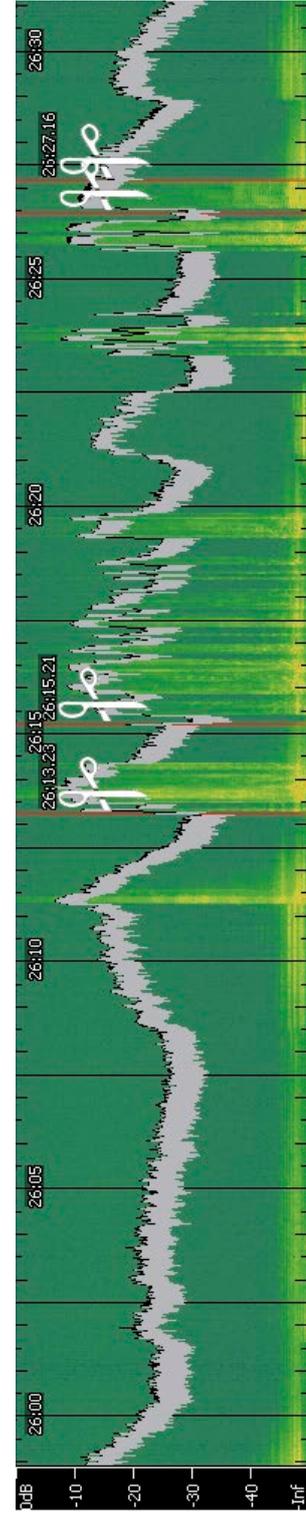
C.33 E20: 15'00''-15'30''.
 Quarto frammento:
Invenzione su una voce



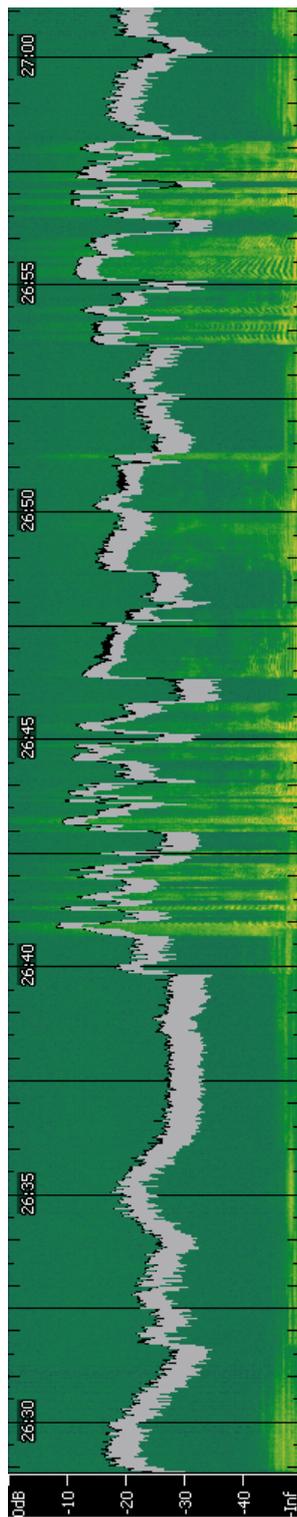
C.34 E20: 15'30''-16'00''.
 Quarto frammento:
Invenzione su una voce



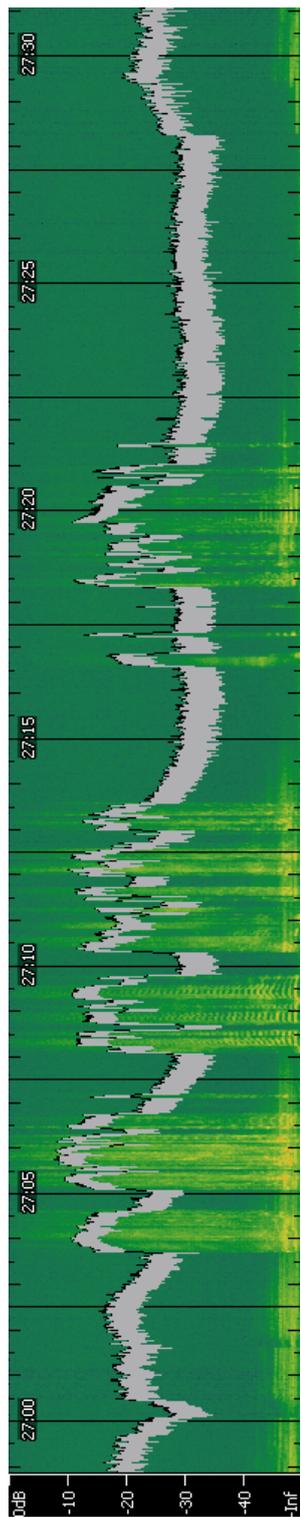
C.35 E20: 16'00''-16'30''.
 Quarto frammento:
Invenzione su una voce



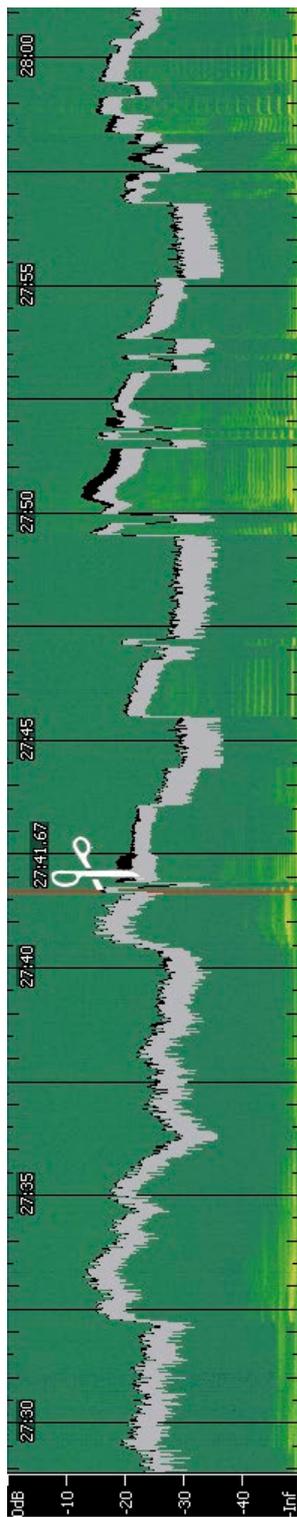
C.36 E20: 16'30''-17'00''.
 Quarto frammento:
Invenzione su una voce



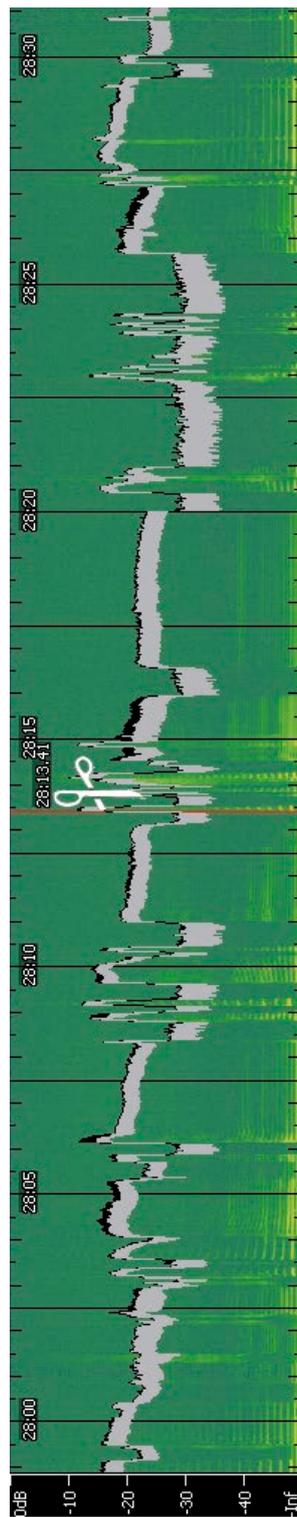
C.37 E20: 17'00''-17'30''.
Quarto frammento:
Invenzione su una voce



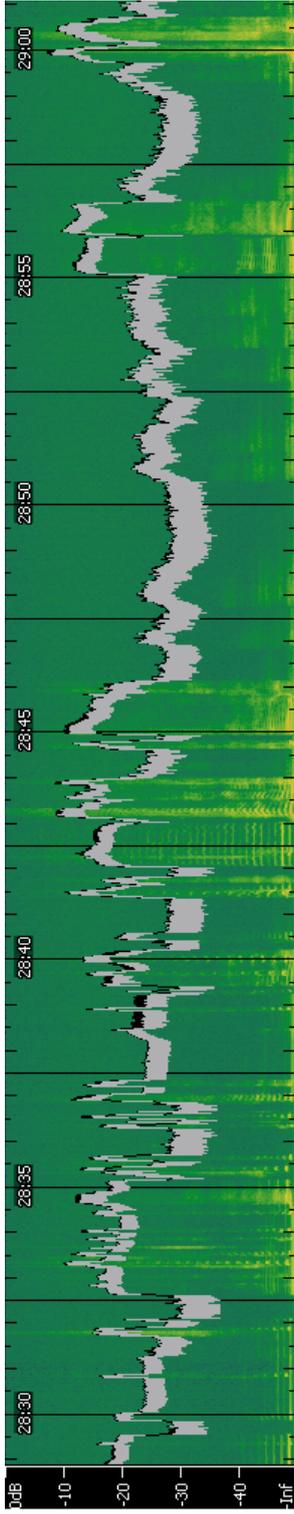
C.38 E20: 17'30''-18'00''.
Quarto frammento:
Invenzione su una voce



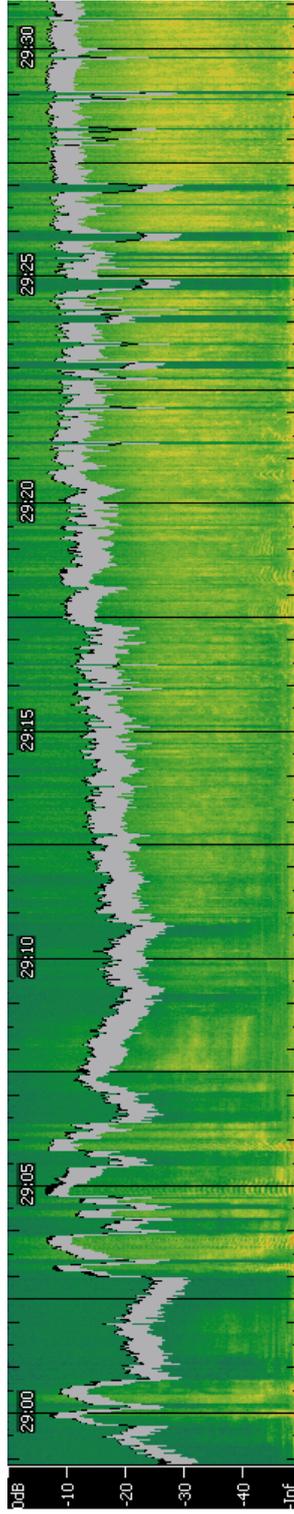
C.39 E20: 18'00''-18'30''.
Quarto frammento:
Invenzione su una voce



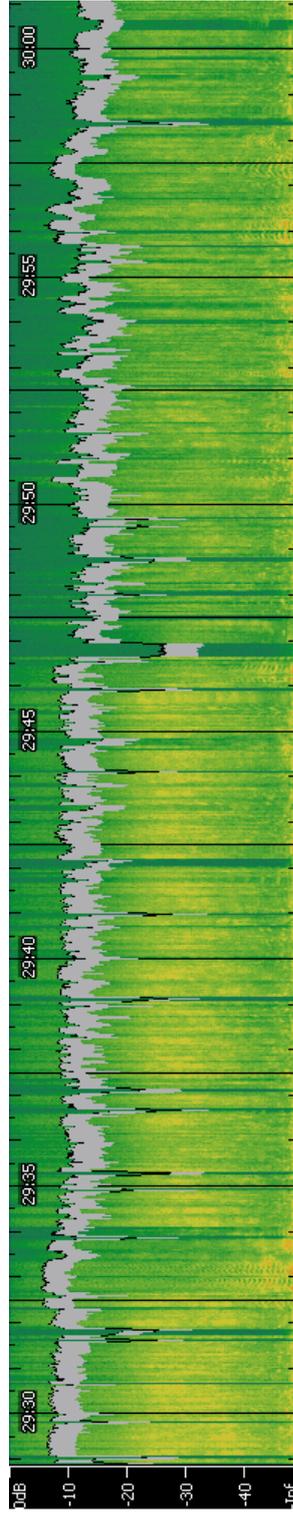
C.40 E20: 18'30''-19'00''.
Quarto frammento:
Invenzione su una voce



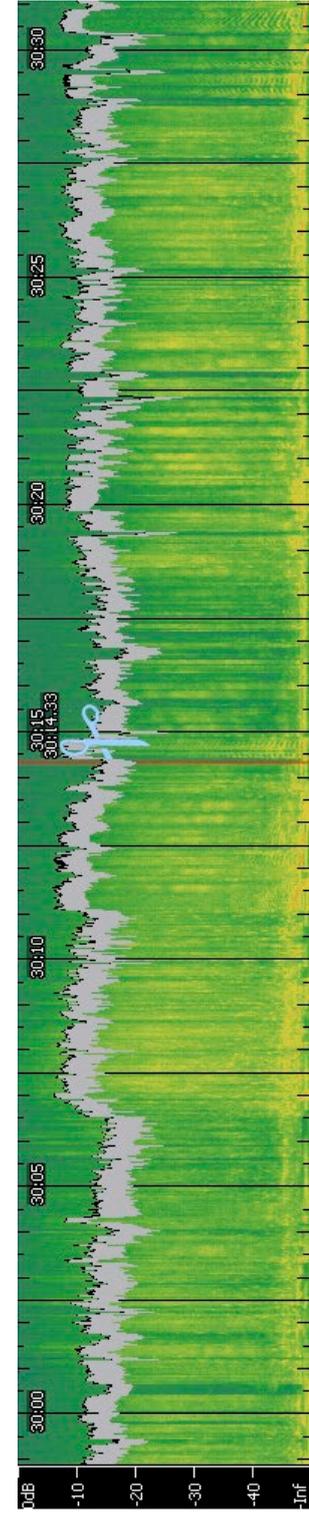
C.41 E20: 19'00''-19'30''.
 Quarto frammento:
Invenzione su una voce



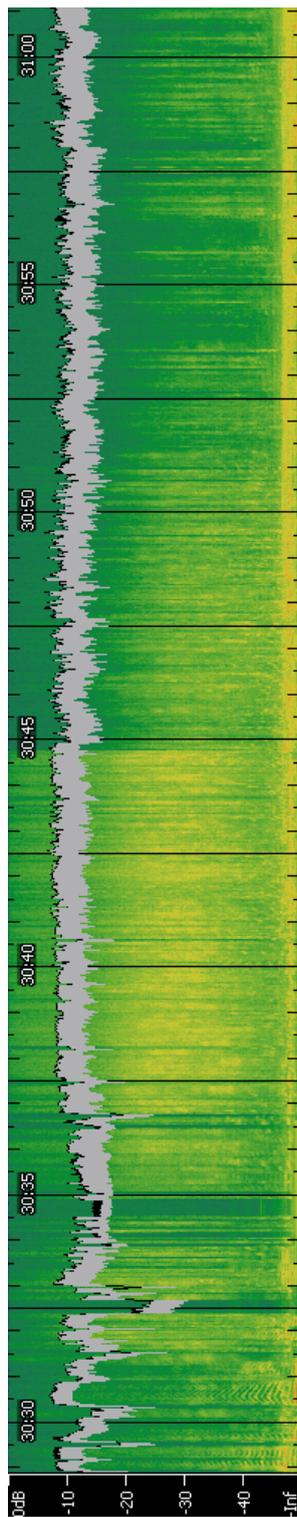
C.42 E20: 19'30''-20'00''.
 Quarto frammento:
Invenzione su una voce



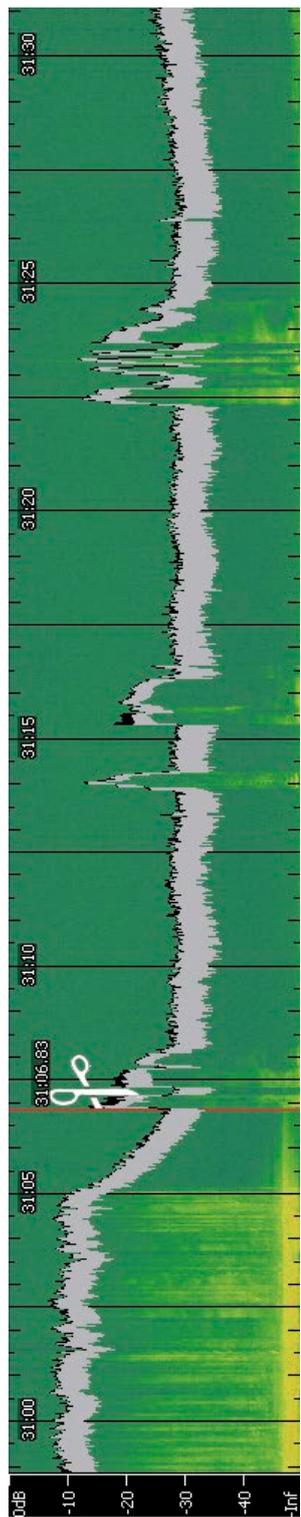
C.43 E20: 20'00''-20'30''.
 Quarto frammento:
Invenzione su una voce



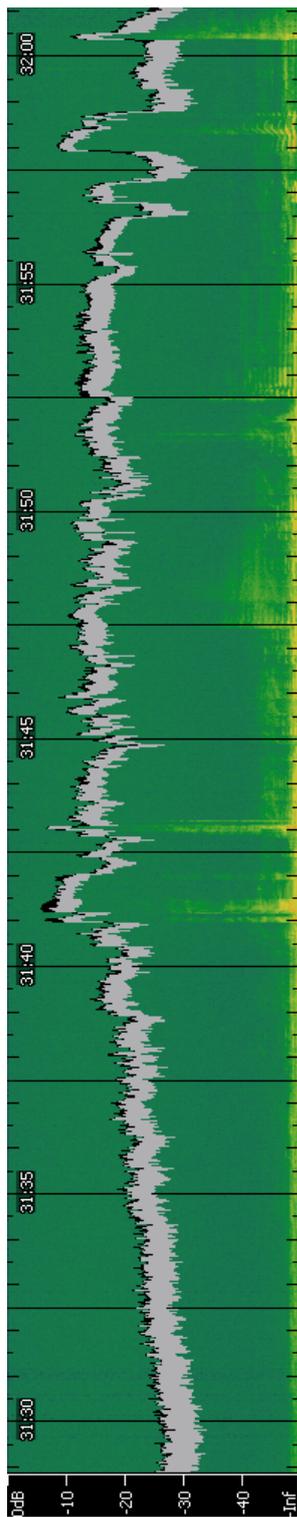
C.44 E20: 20'30''-21'00''.
 Quarto frammento:
Invenzione su una voce



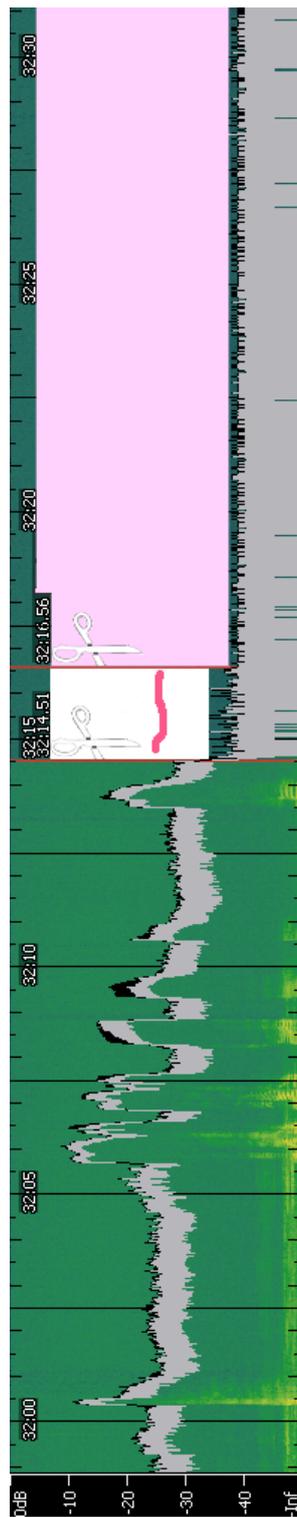
C.45 E20: 21'00''-21'30''.
 Quarto frammento:
Invenzione su una voce



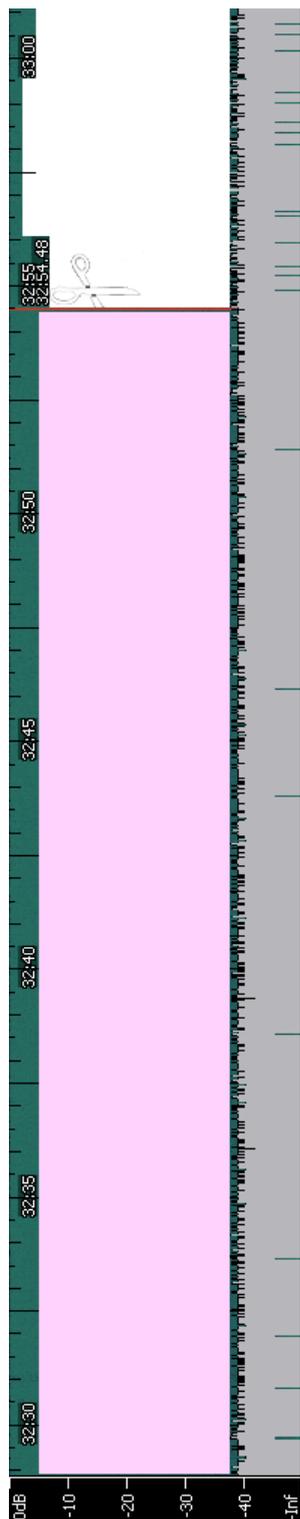
C.46 E20: 21'30''-22'00''.
 Quarto frammento:
Invenzione su una voce



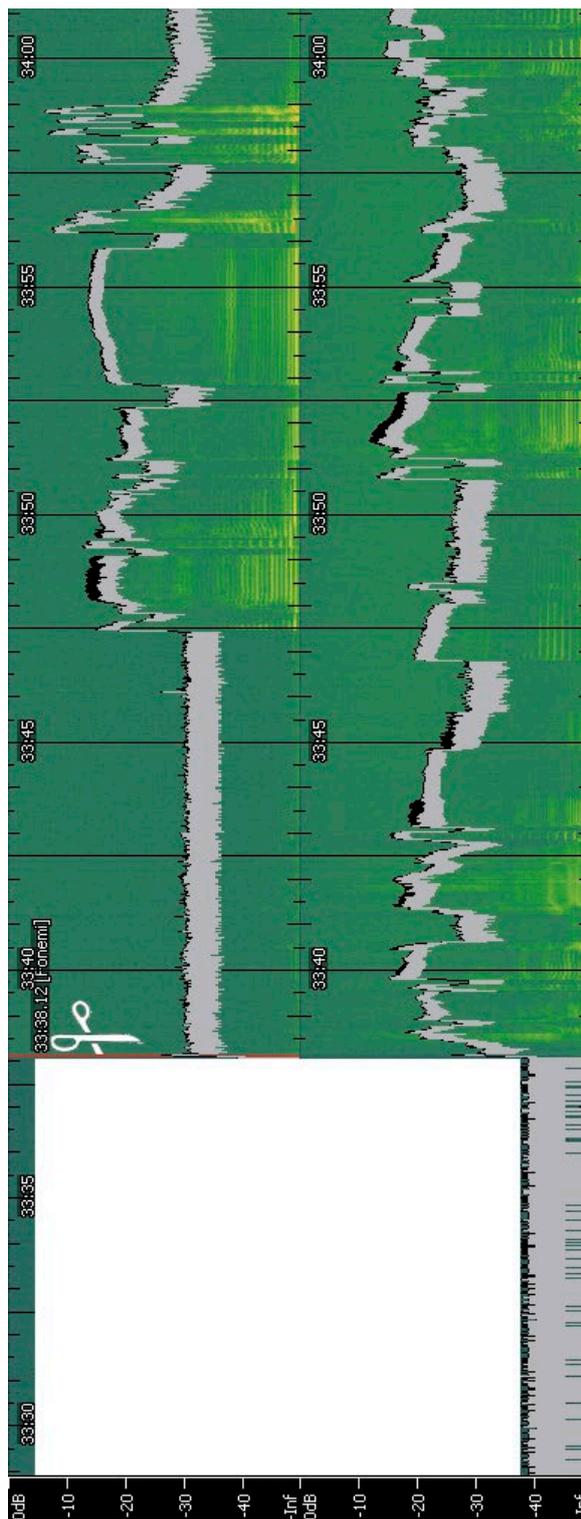
C.47 E20: 22'00''-22'30''.
 Quarto frammento:
Invenzione su una voce



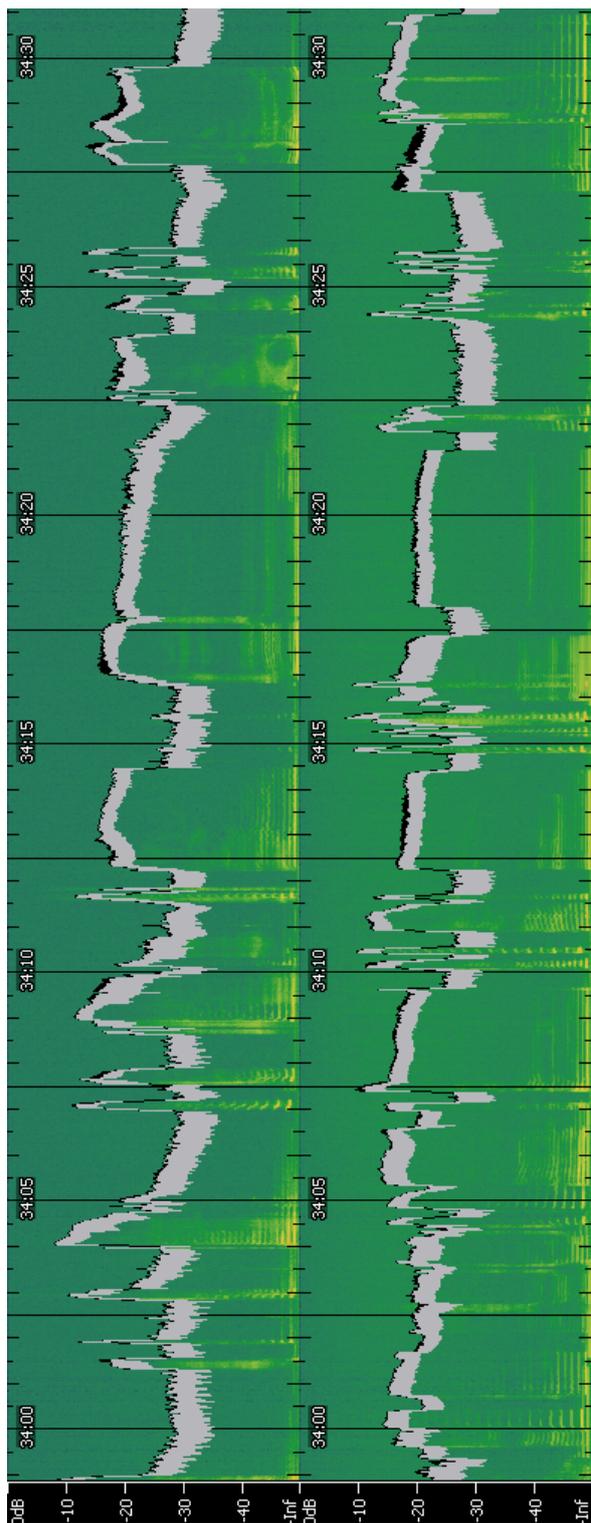
C.48 E20: 22'30''-23'00''.
 Fine quarto frammento



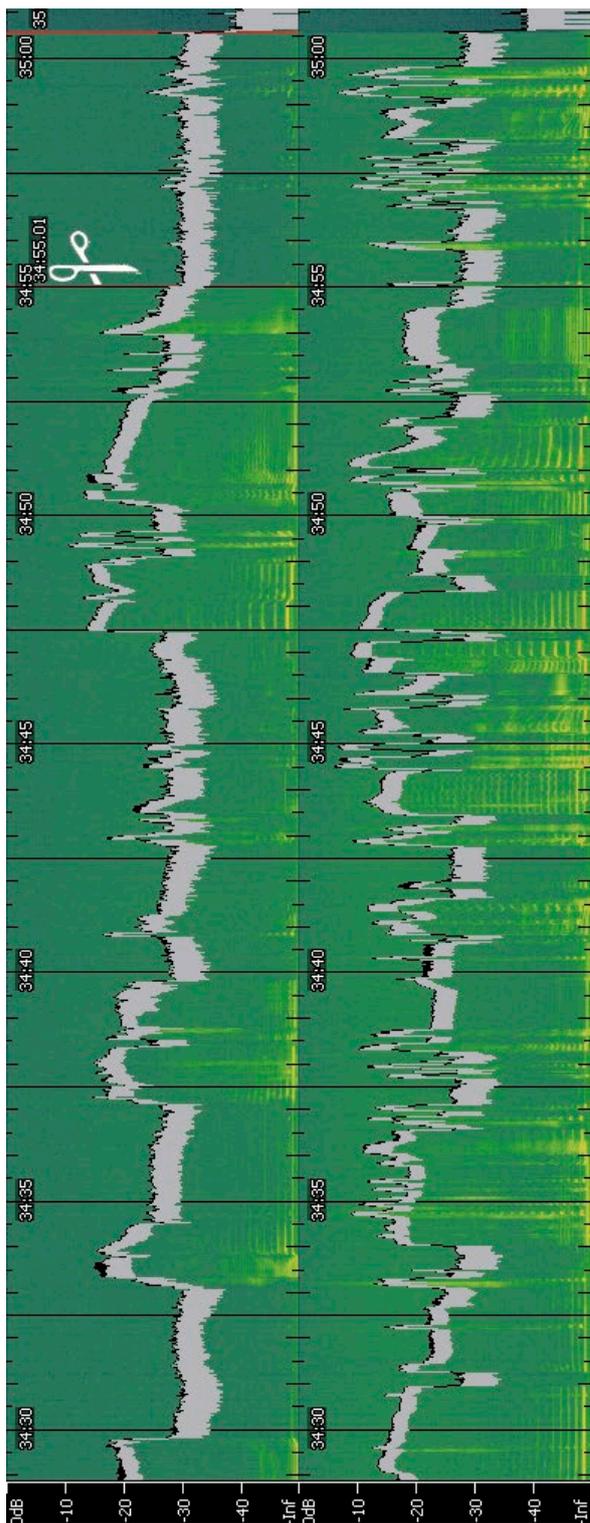
C.49 E20: 23'00''-23'30''.
Giuntura. Seguono 30'' di
nastro bianco



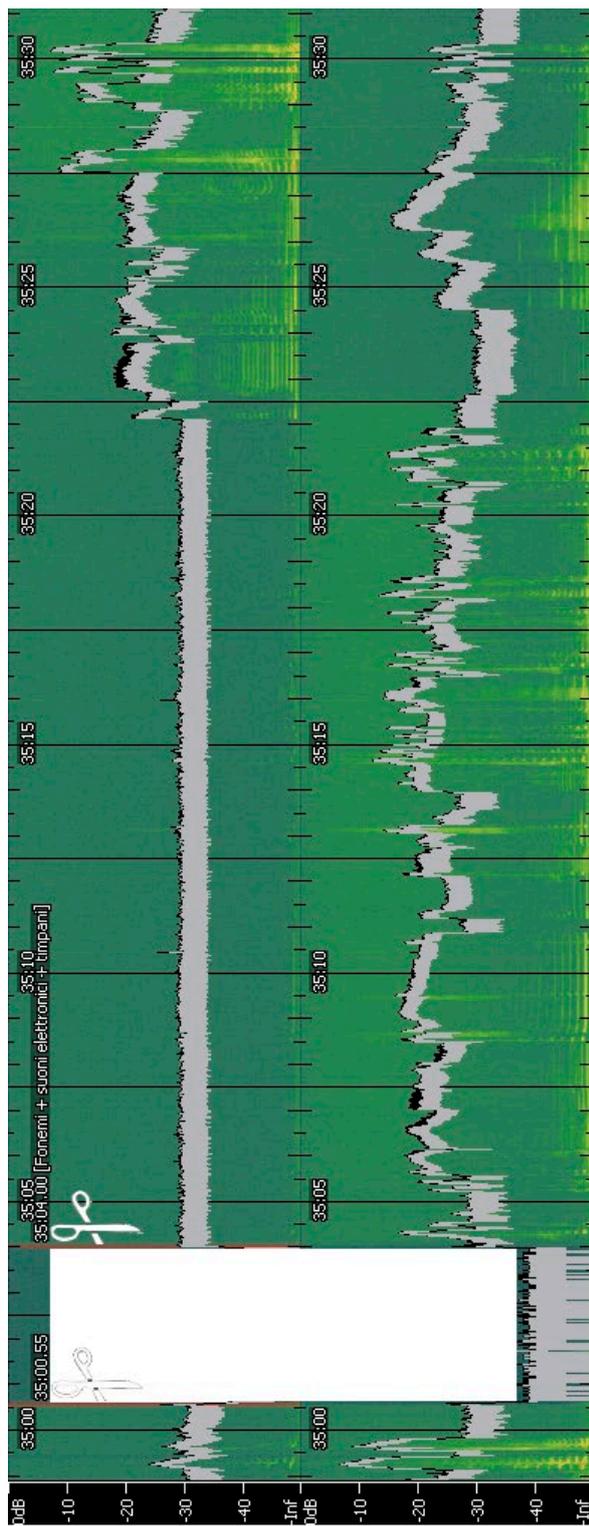
C.50 E20: 24'00''-24'30''.
Inizio quinto frammento



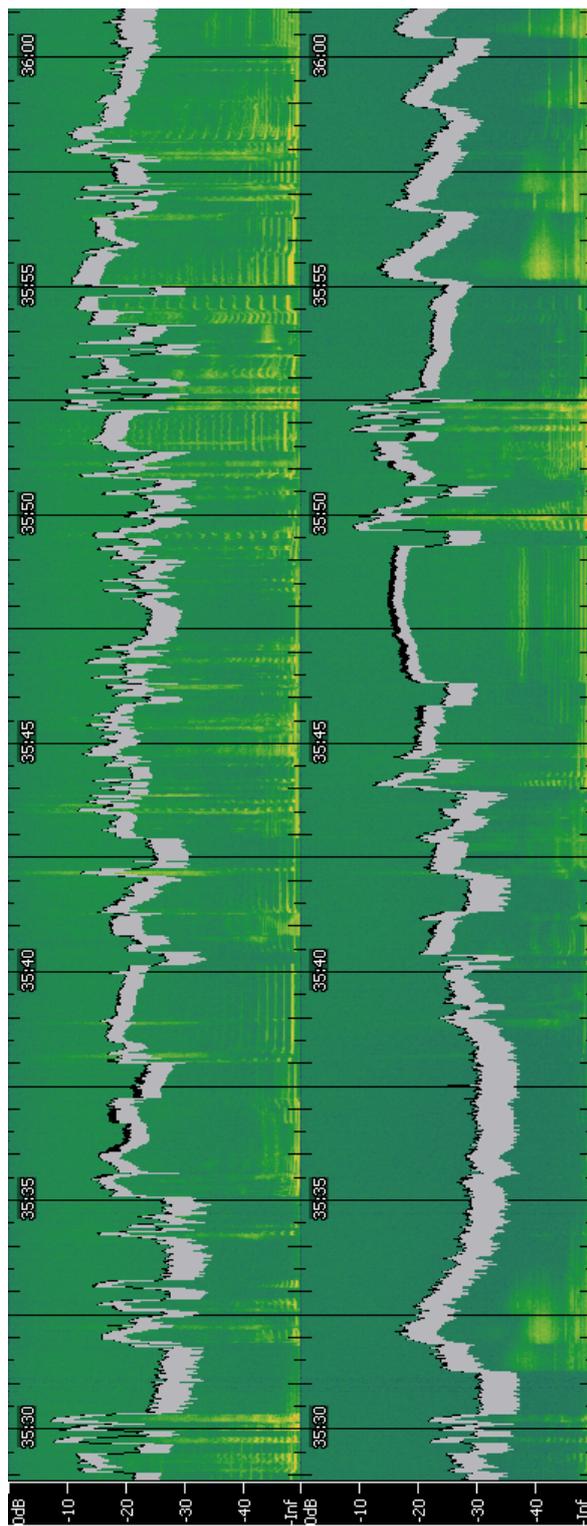
C.51 E20: 24'30'' -25'00''.
Quinto frammento



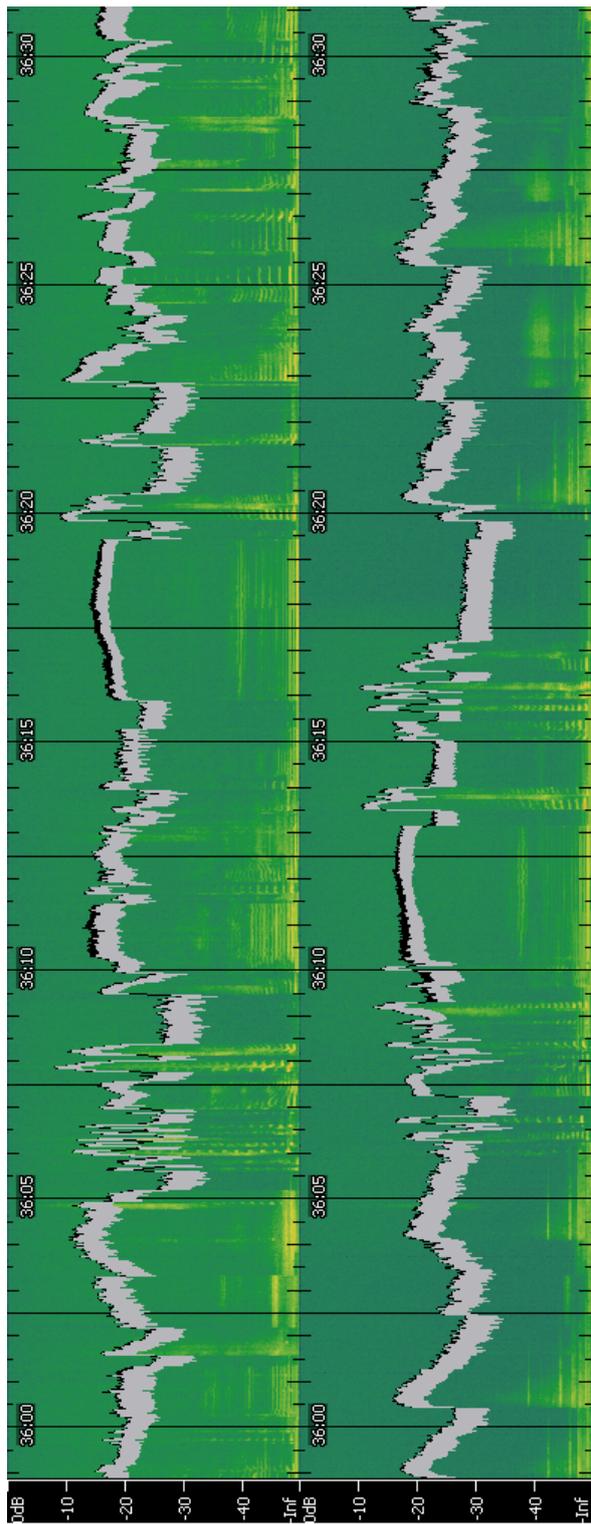
C.52 E20: 25'00'' -25'30''.
Quinto frammento



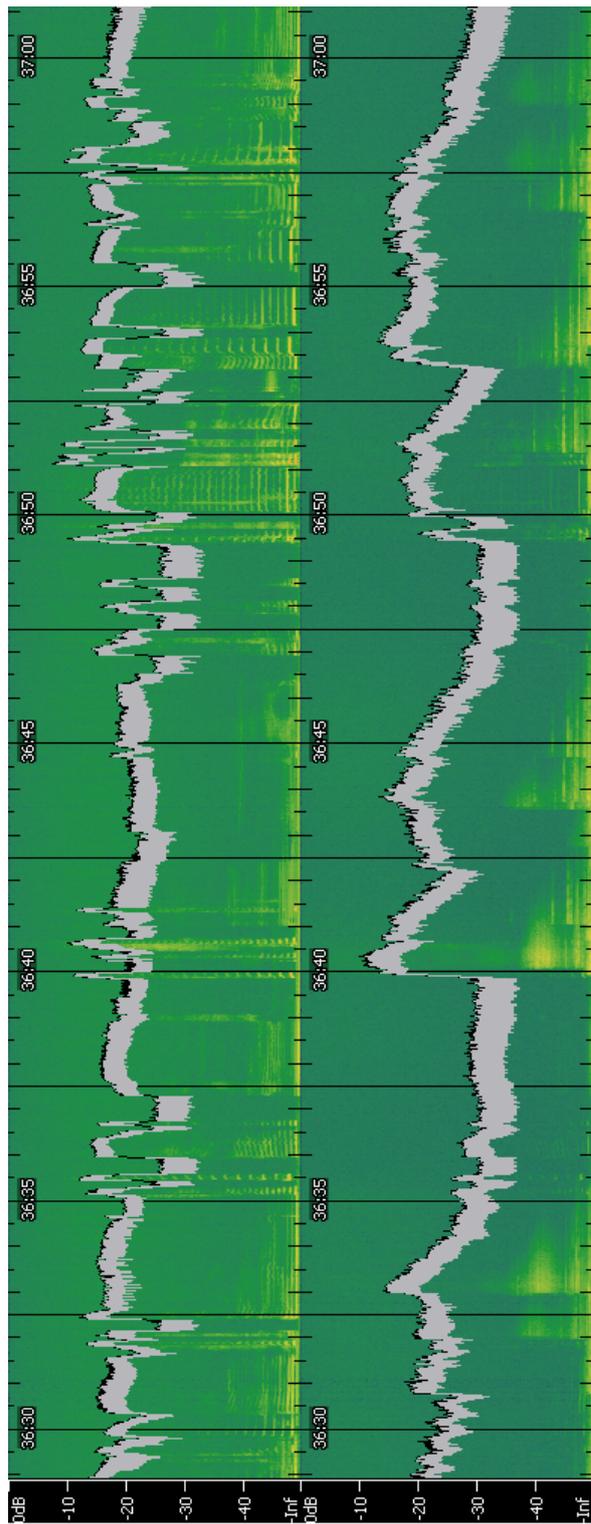
C.53 E20: 25'30''-26'00''.
Inizio sesto frammento



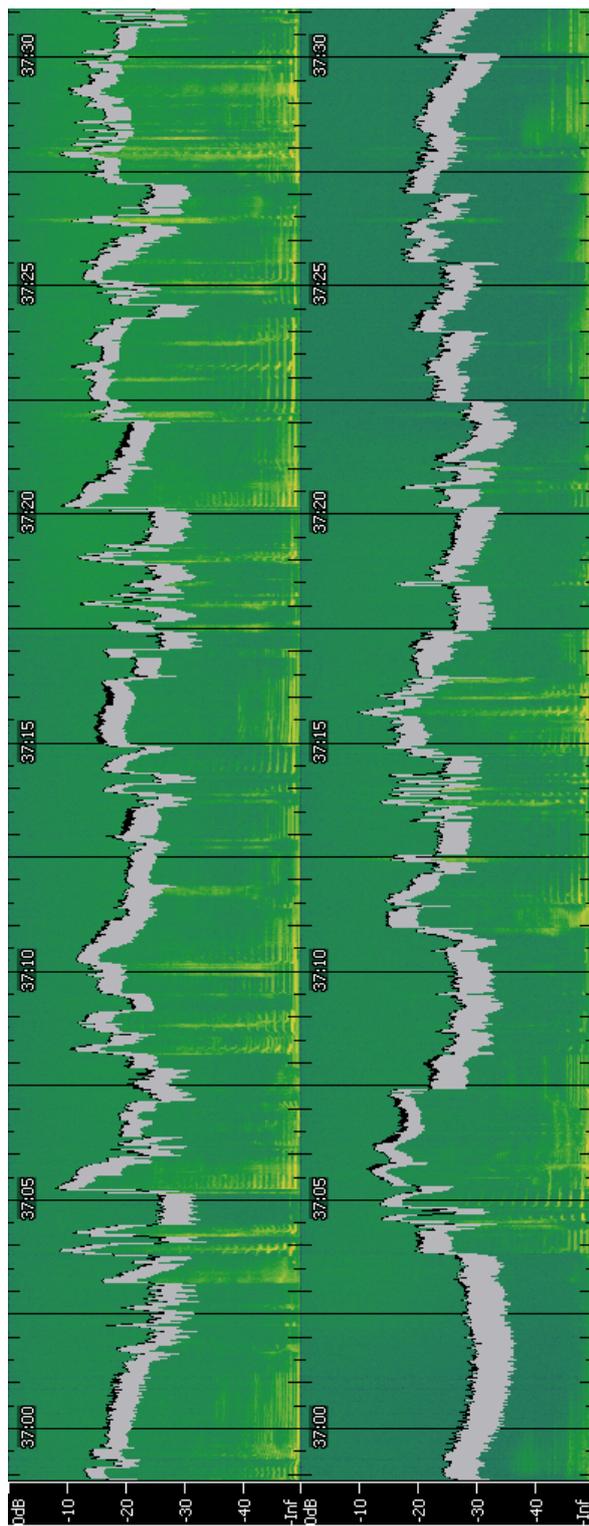
C.54 E20: 26'00''-26'30''.
Sesto frammento



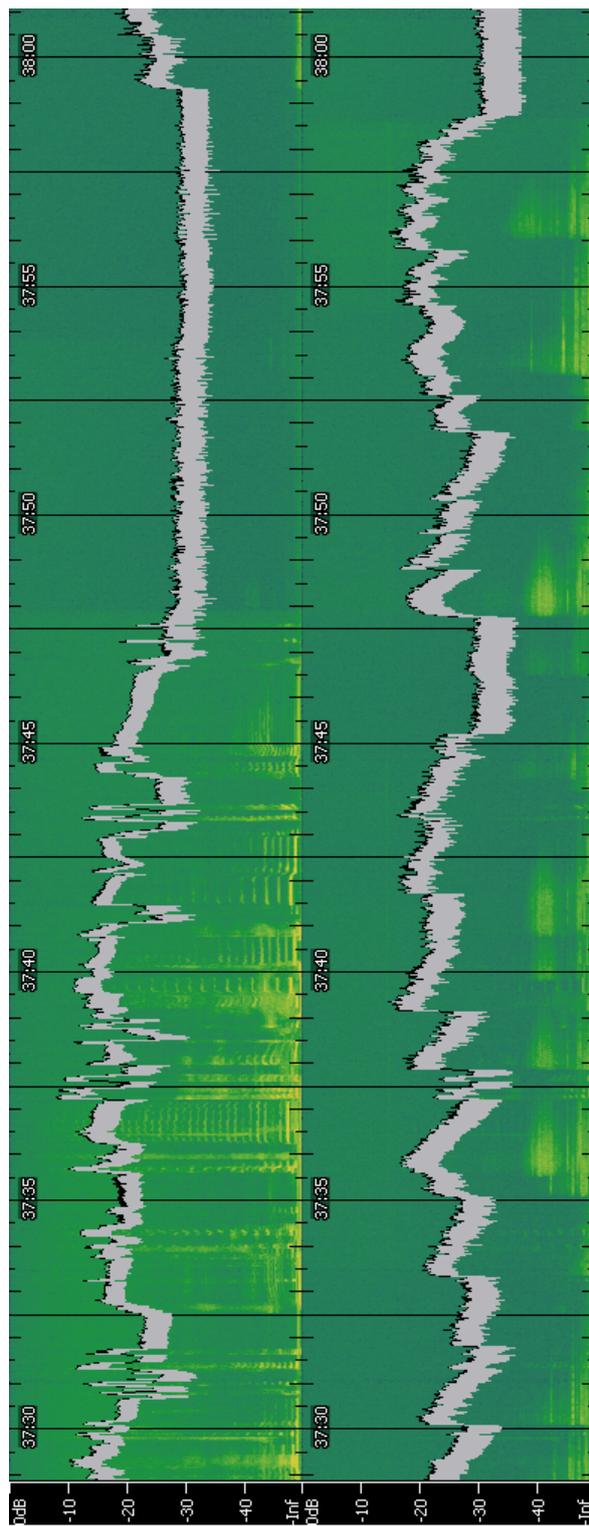
C.55 E20: 26'30'' -27'00''
Sesto frammento



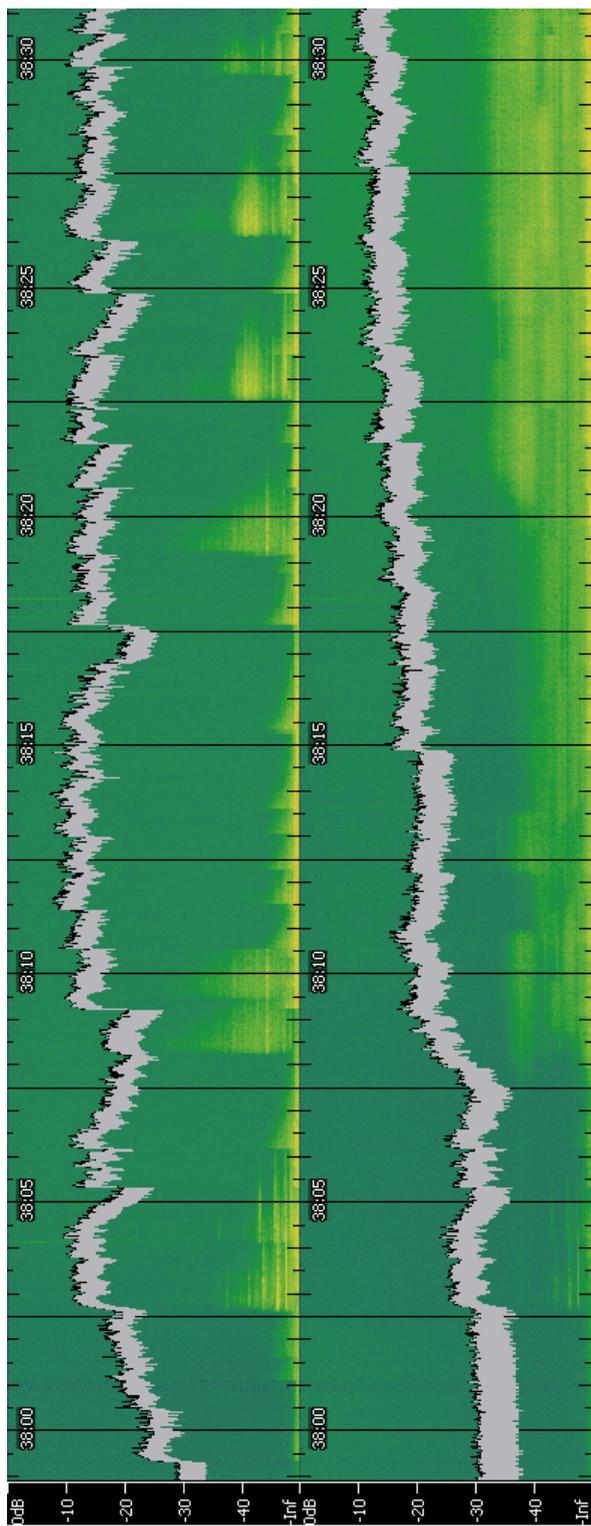
C.56 E20: 27'00'' -27'30''
Sesto frammento



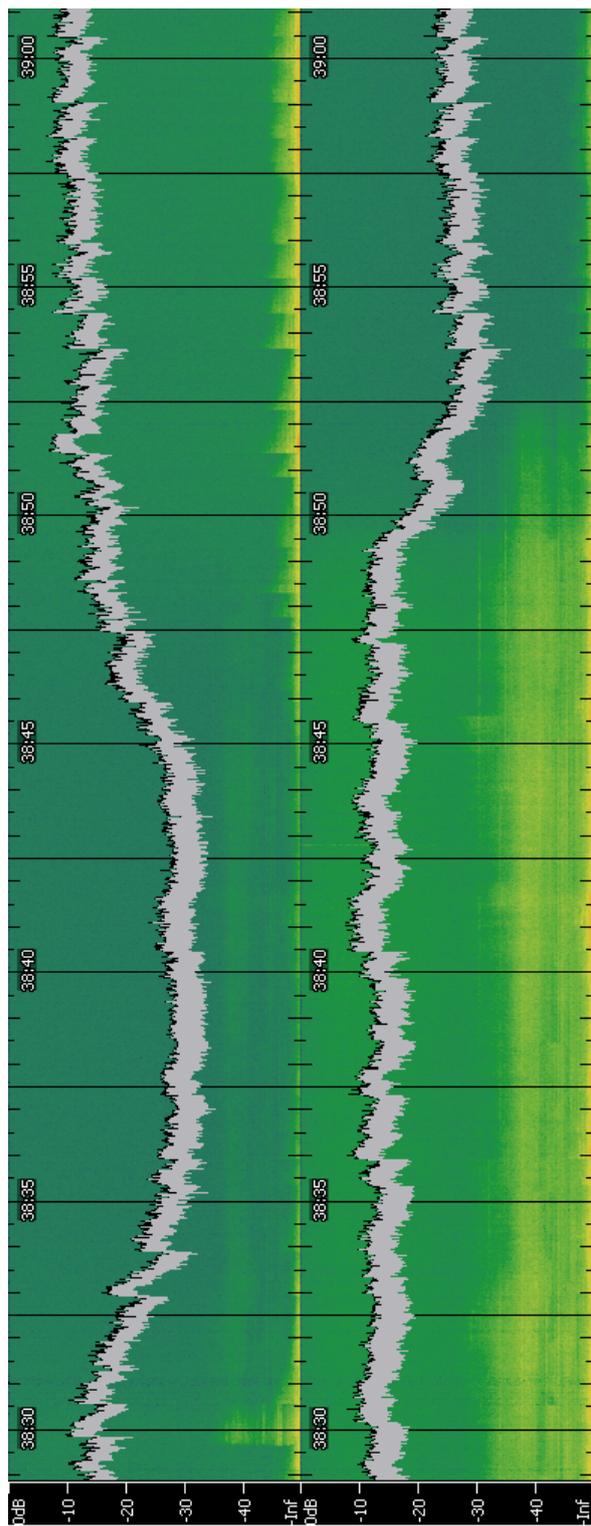
C.57 E20: 27'30" - 28'00".
Sesto frammento



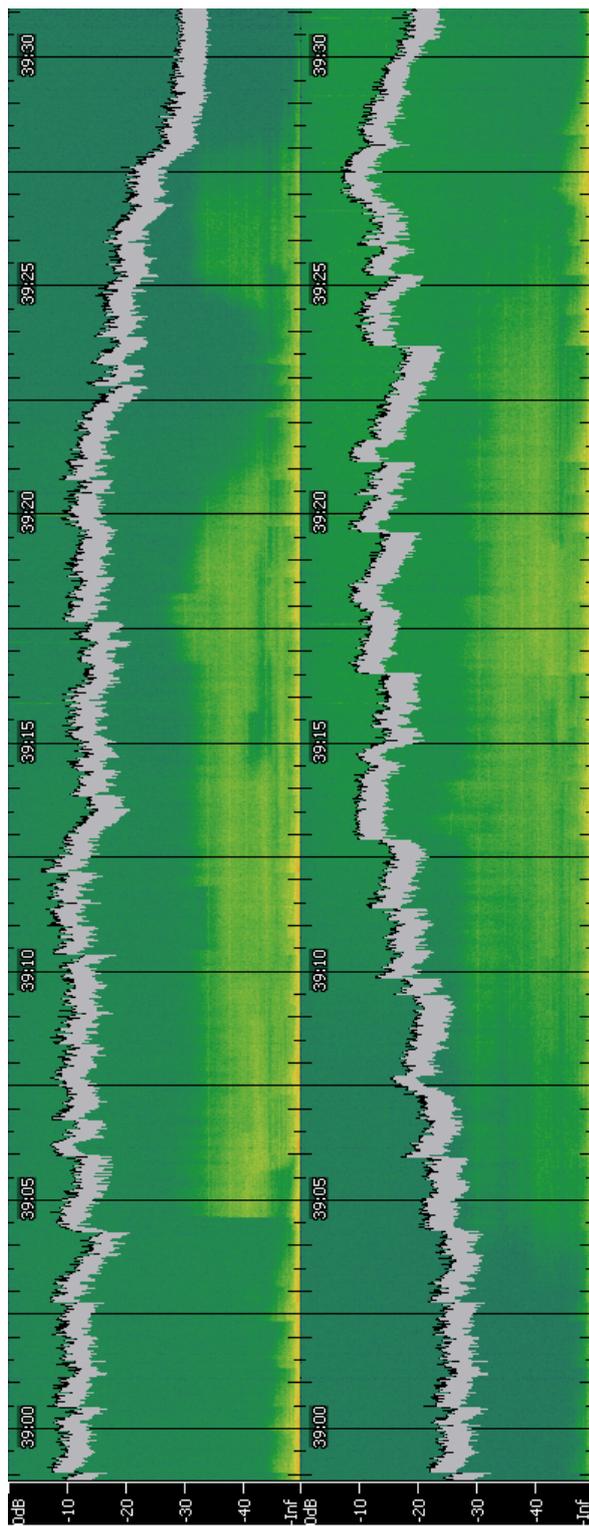
C.58 E20: 28'00" - 28'30".
Sesto frammento



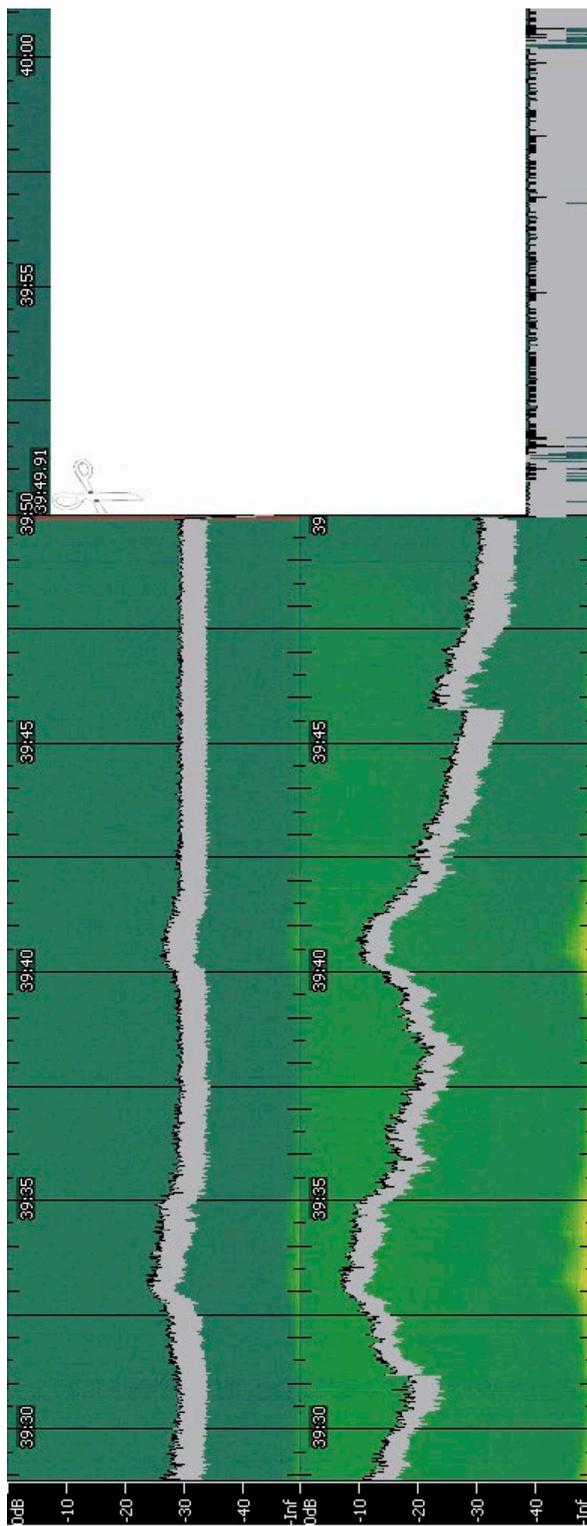
C.59 E20: 28'30" -29'00".
Sesto frammento



C.60 E20: 29'00" -29'30".
Sesto frammento



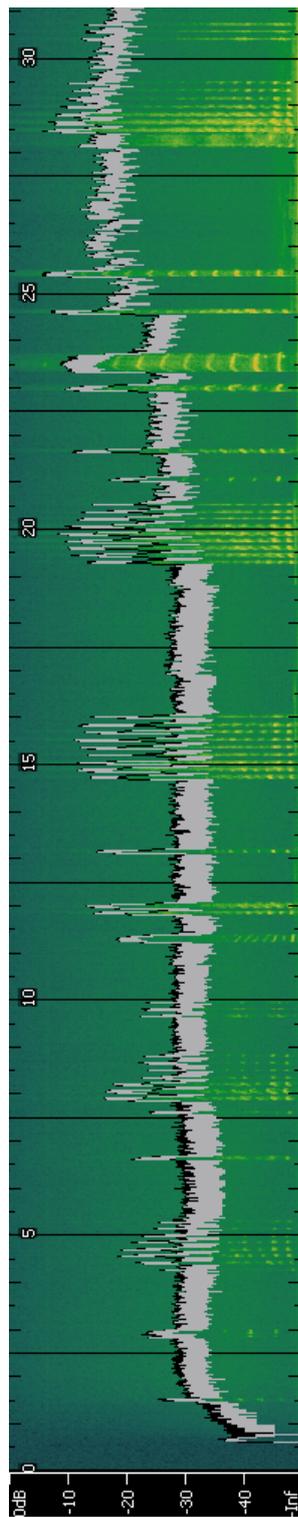
C.61 E20: 29'30''-30'00''.
Sesto frammento



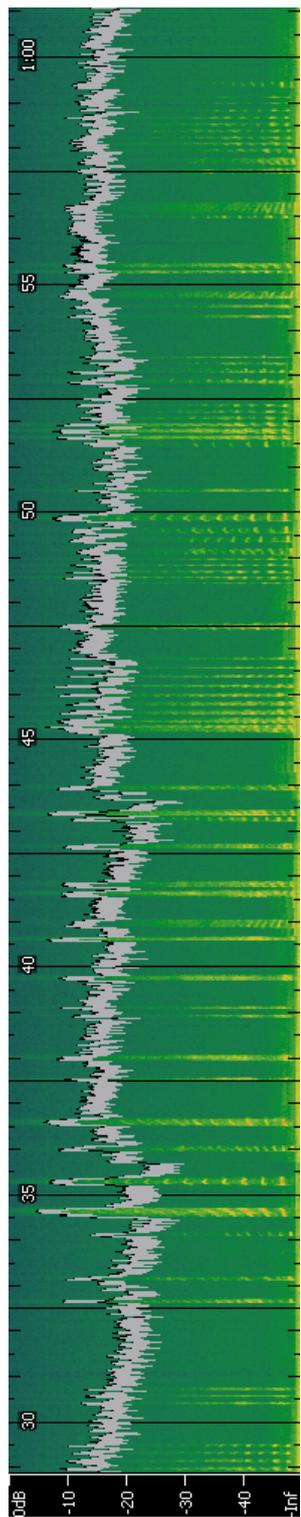
C.62 E20: 30'00''-30'30''.
Fine sesto frammento

Appendice D. Invenzione su una voce, CD BVHAAST 9109, canale dx.

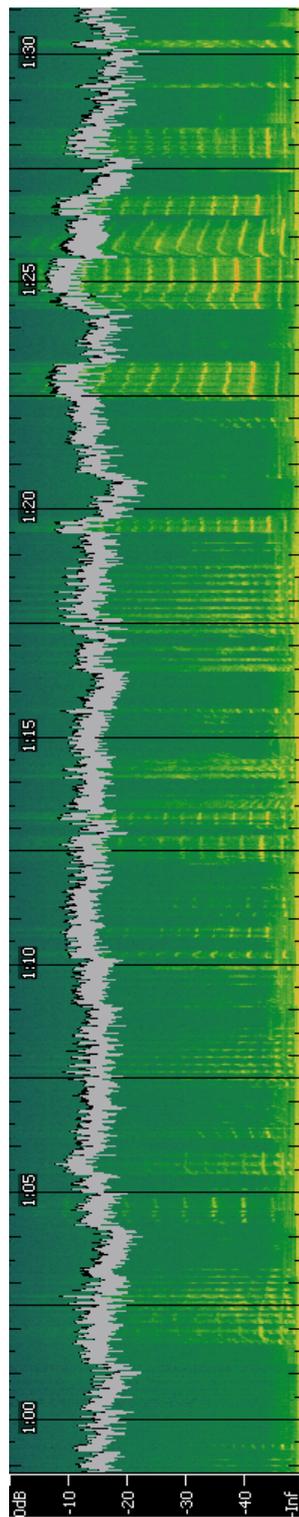
D.1 CD BVHAAST
9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
00'00" -00'30"



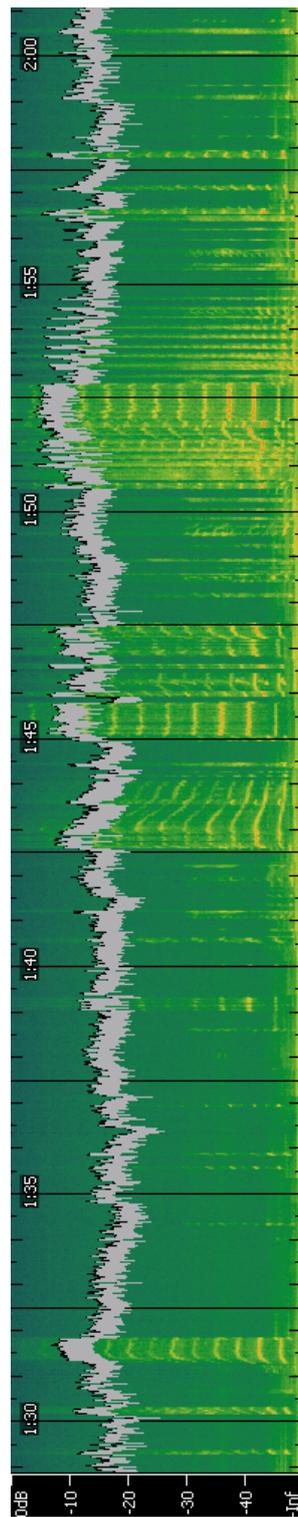
D.2 CD BVHAAST
9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
00'30" -01'00"



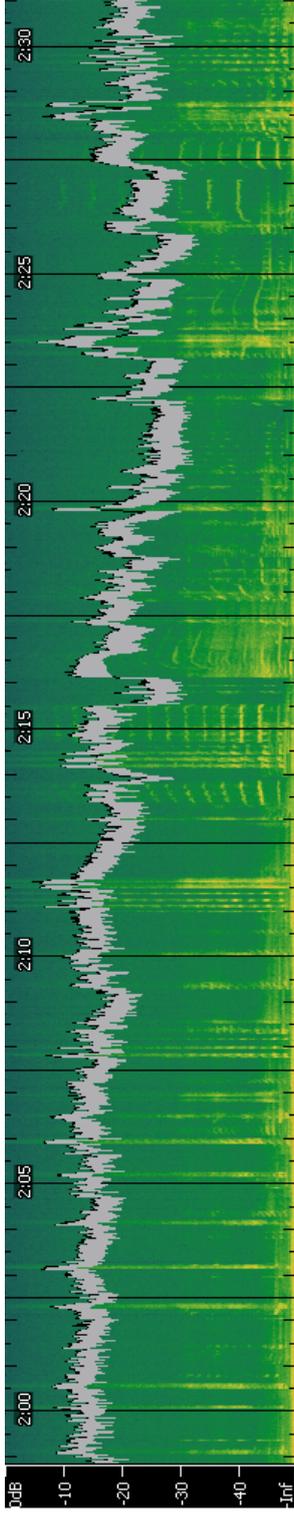
D.3 CD BVHAAST
9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
01'00" -01'30"



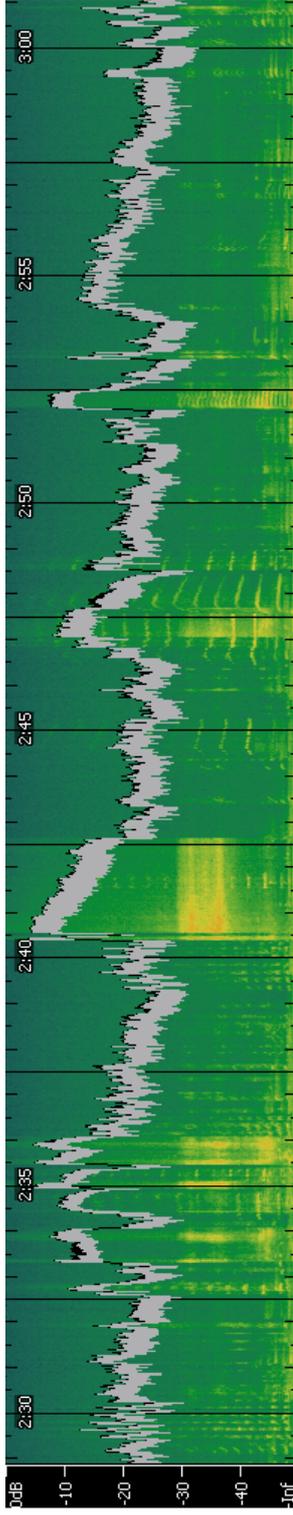
D.4 CD BVHAAST
9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
01'30" -02'00"



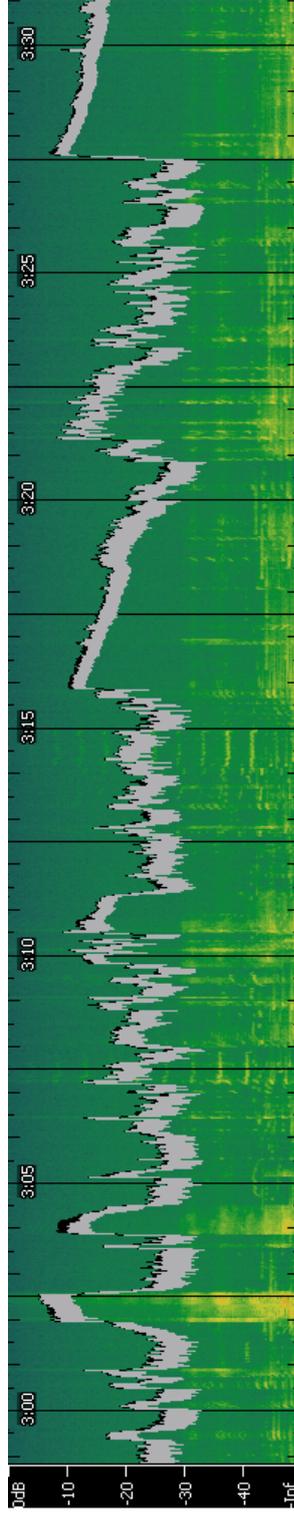
D.5 CD BVHAAST
9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
02'00" -02'30"



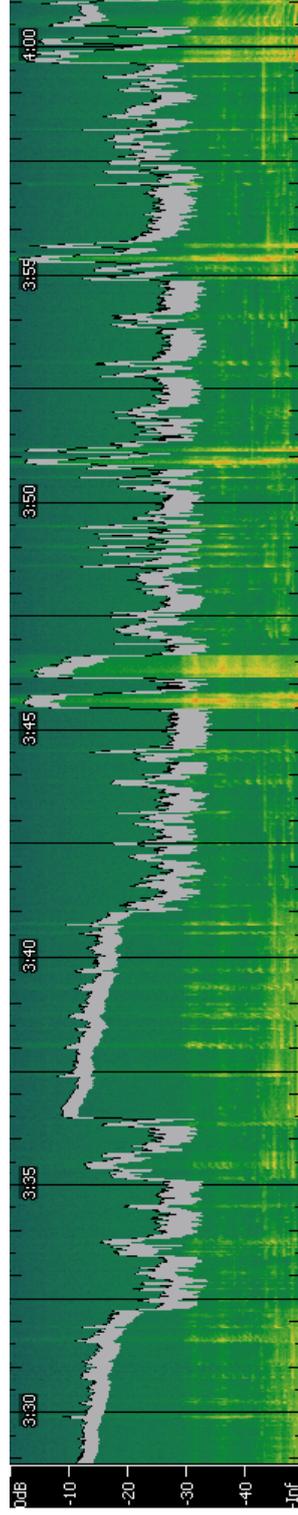
D.6 CD BVHAAST
9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
02'30" -03'00"



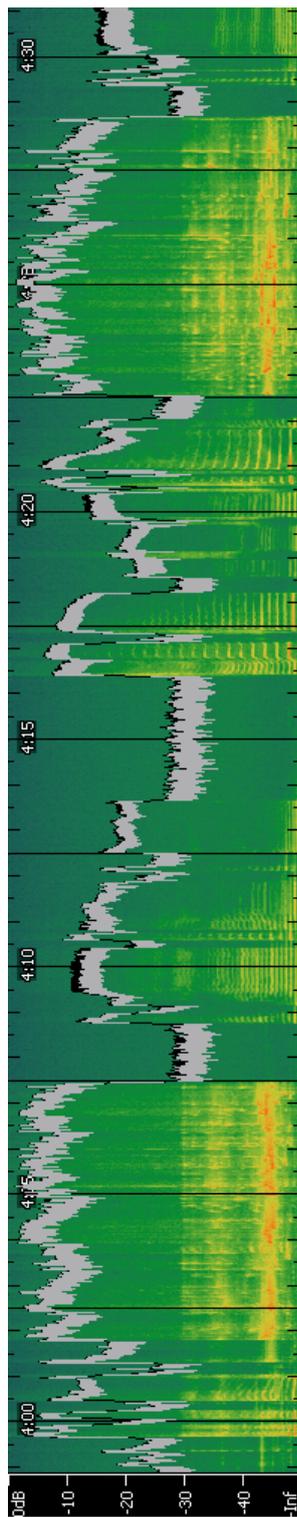
D.7 CD BVHAAST
9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
03'00" -03'30"



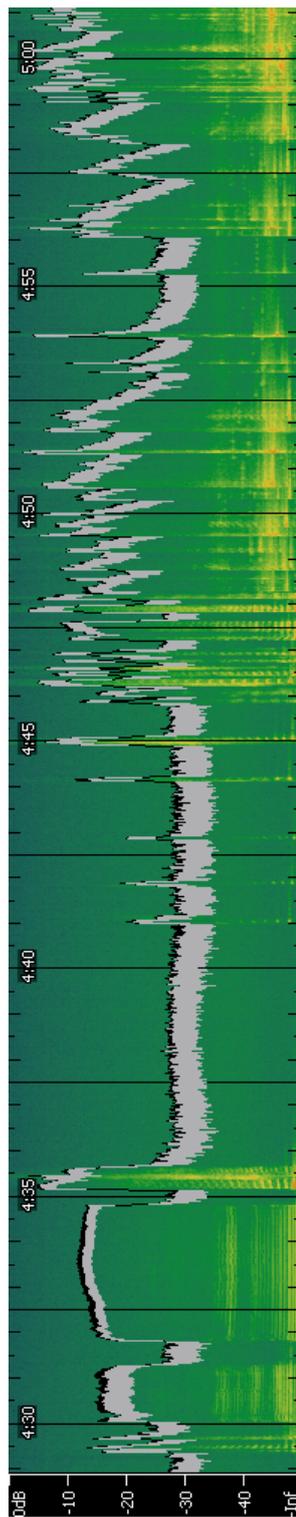
D.8 CD BVHAAST
9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
03'30" -04'00"



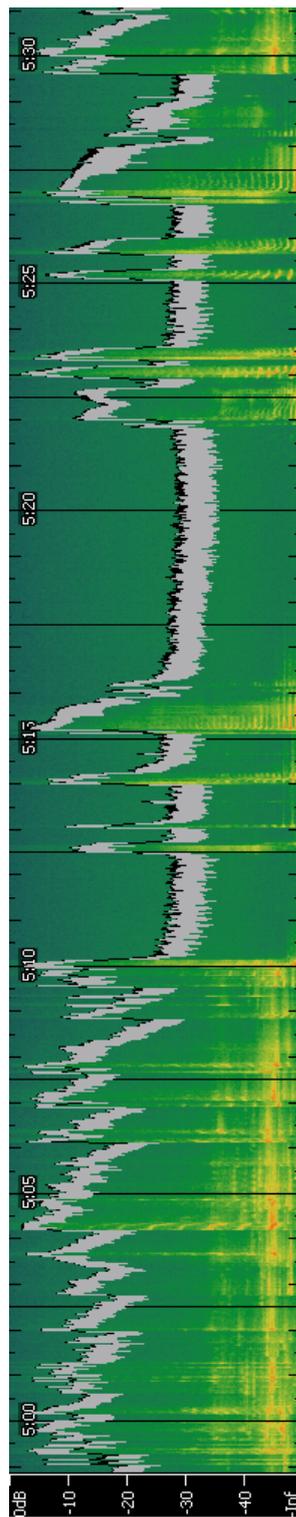
D.9 CD BVHAAST
 9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
 04'00" -04'30"



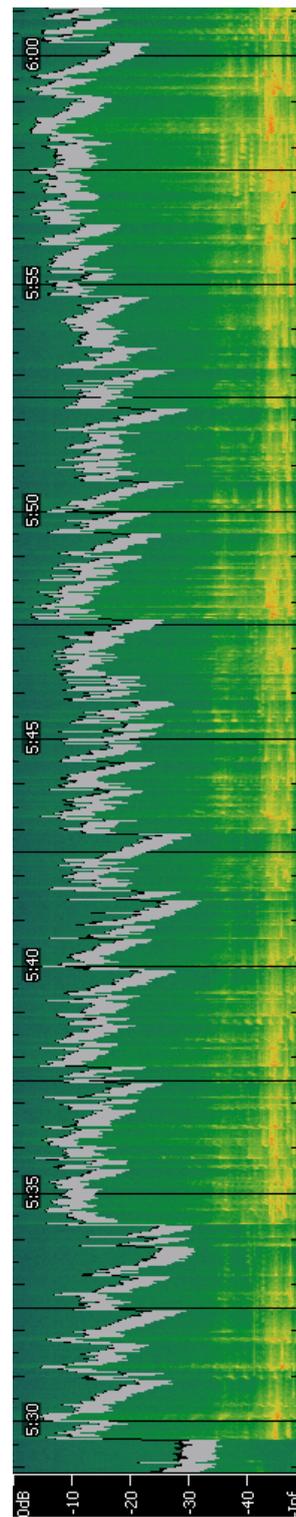
D.10 CD BVHAAST
 9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
 04'30" -05'00"



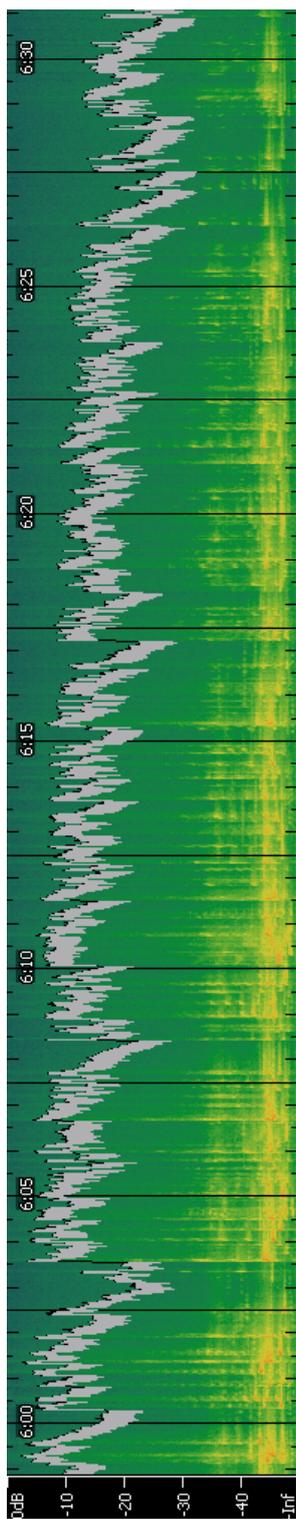
D.11 CD BVHAAST
 9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
 05'00" -05'30"



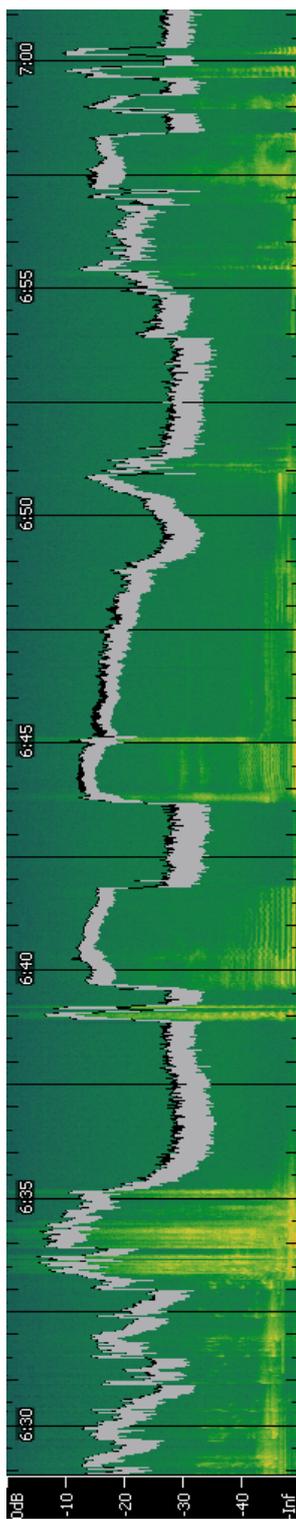
D.12 CD BVHAAST
 9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
 05'30" -06'00"



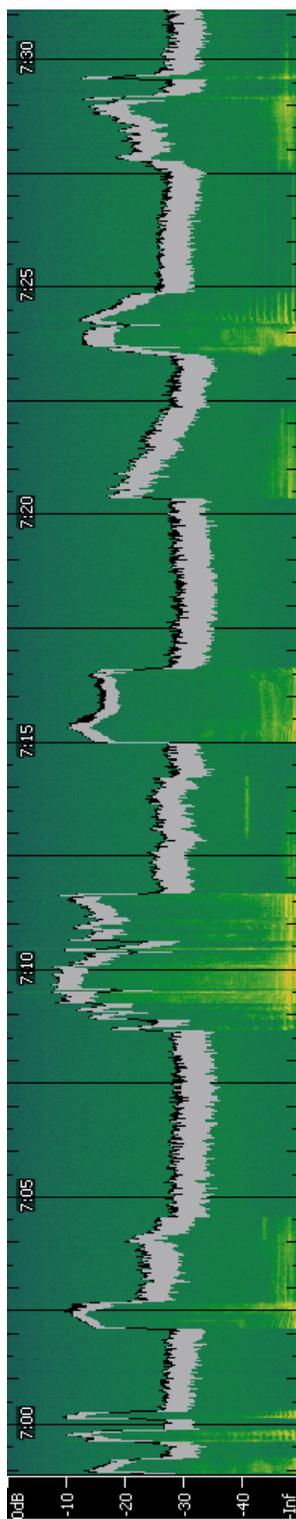
D.13 CD BVHAAST
 9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
 06'00"-06'30"



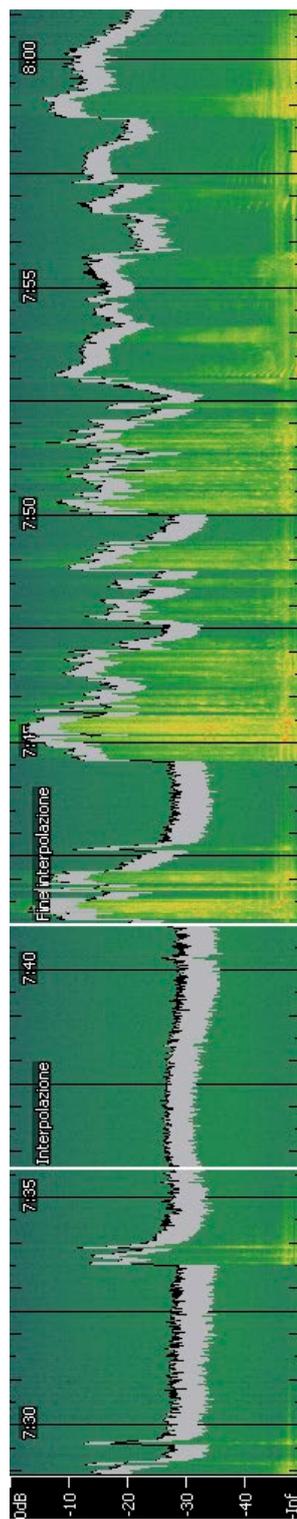
D.14 CD BVHAAST
 9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
 06'30"-07'00"



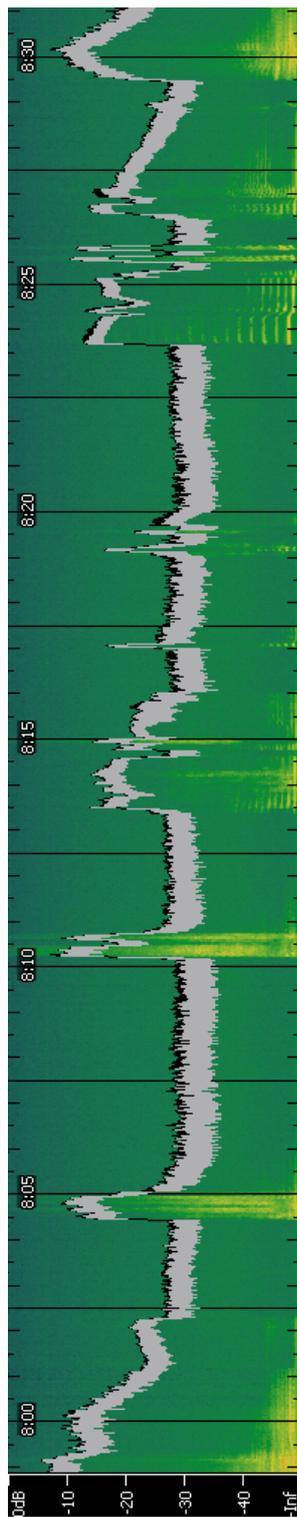
D.15 CD BVHAAST
 9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
 07'00"-07'30"



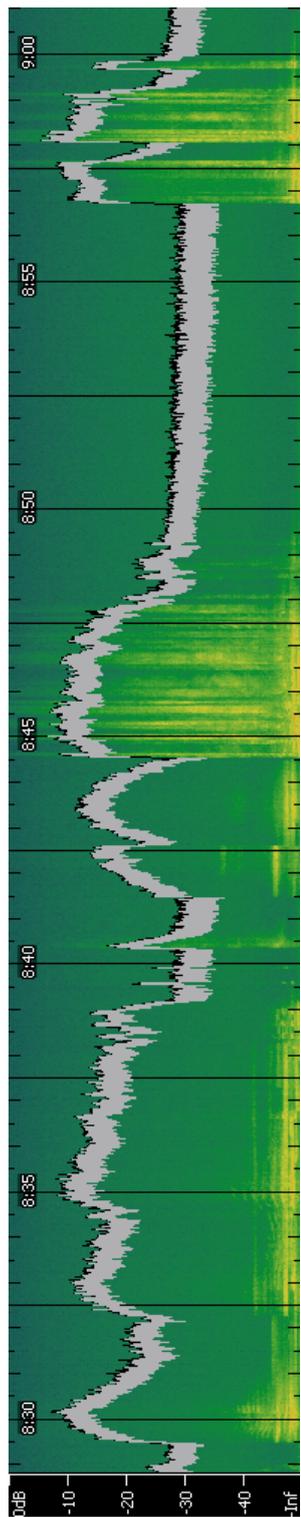
D.16 CD BVHAAST
 9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
 07'30"-08'00"



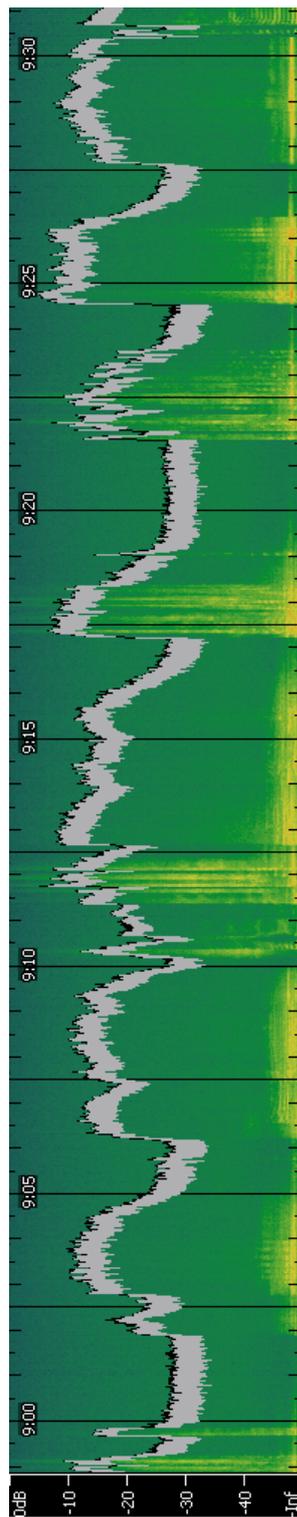
D.17 CD BVHAAST
 9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
 08'00" -08'30"



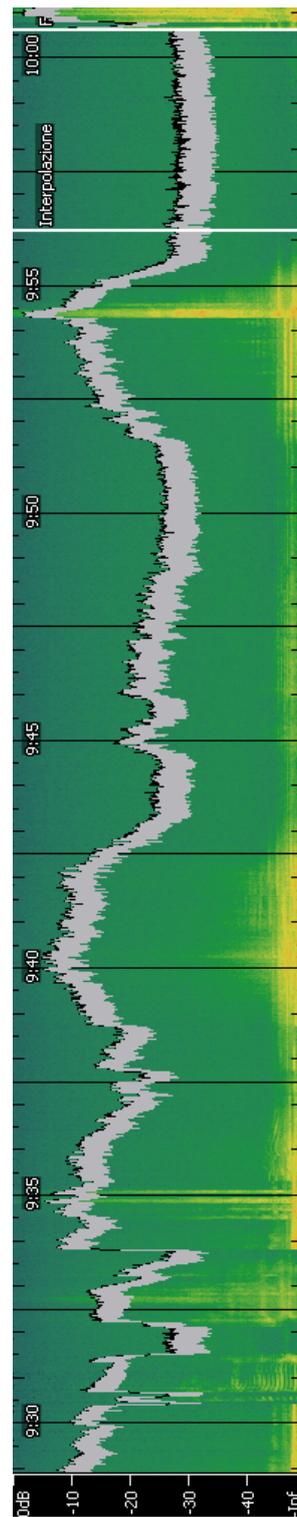
D.18 CD BVHAAST
 9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
 08'30" -09'00"

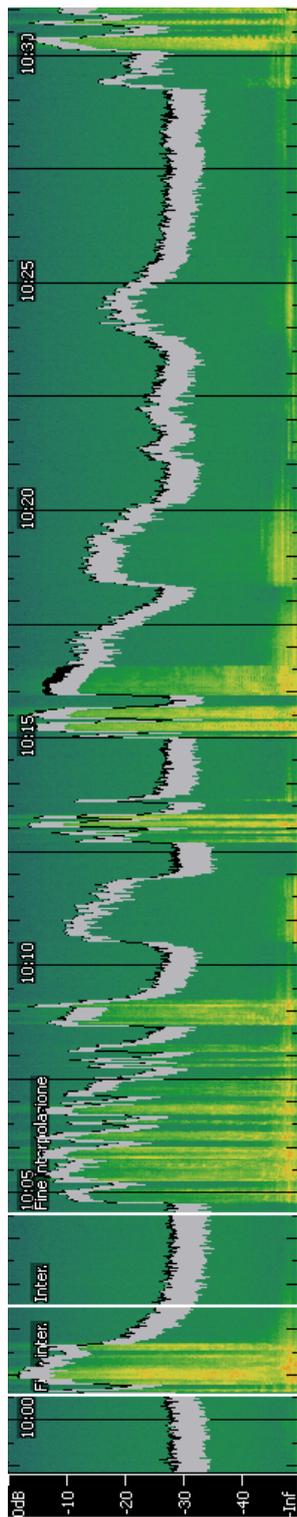


D.19 CD BVHAAST
 9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
 09'00" -09'30"

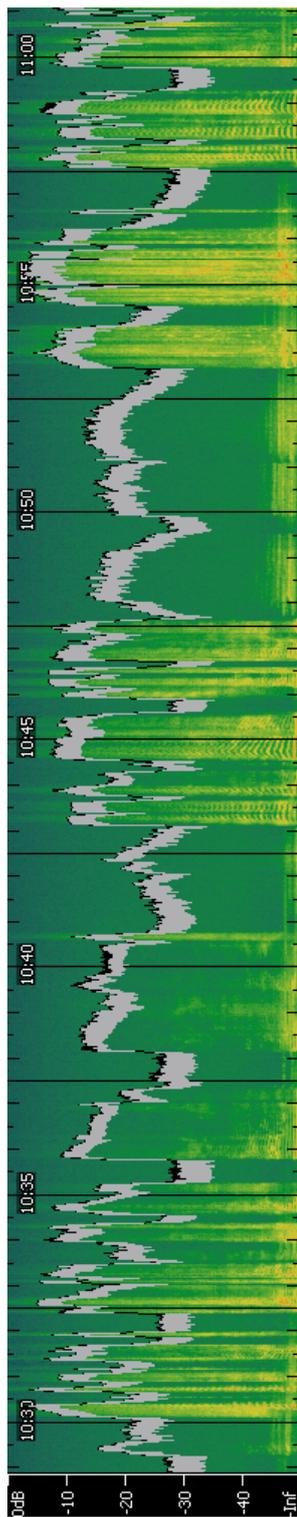


D.20 CD BVHAAST
 9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
 09'30" -10'00"

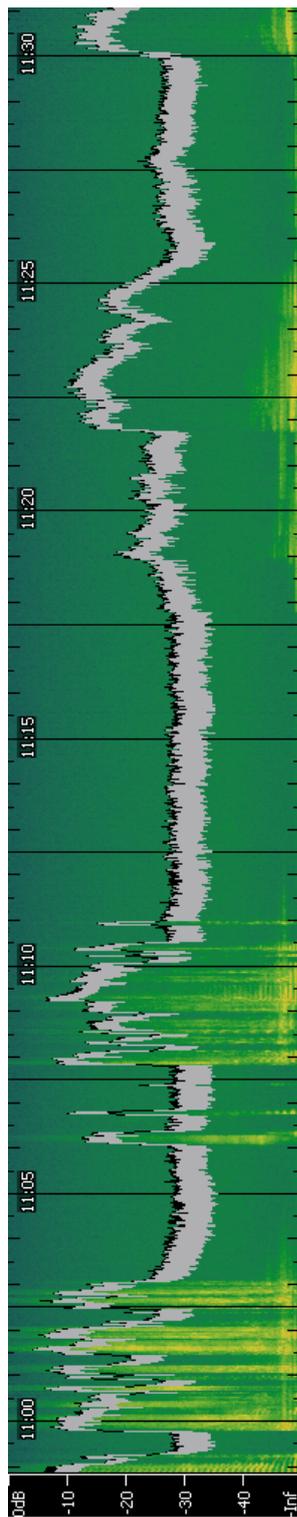




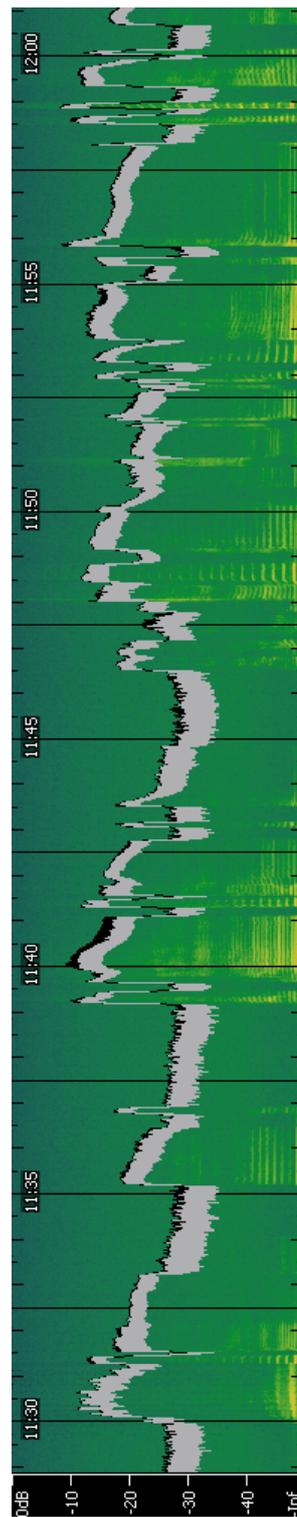
D.21 CD BVHAAST
9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
10'00''-10'30''



D.22 CD BVHAAST
9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
10'30''-11'00''

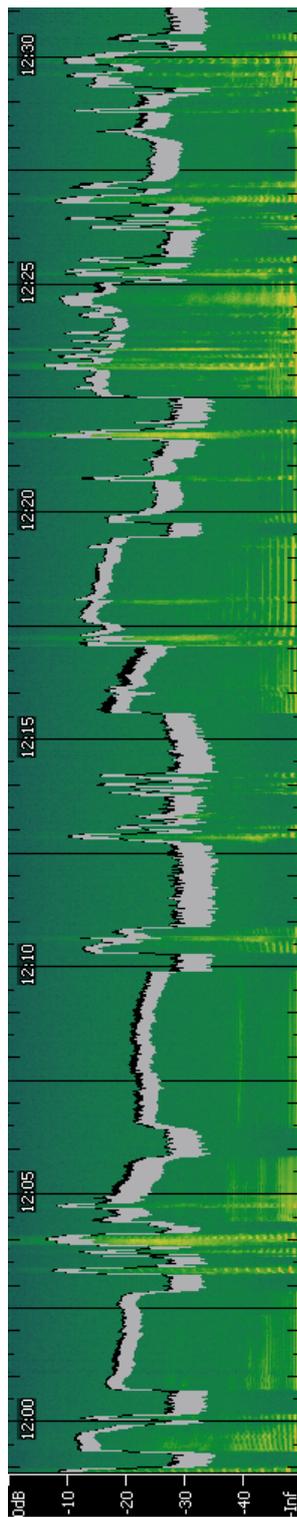


D.23 CD BVHAAST
9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
11'00''-11'30''

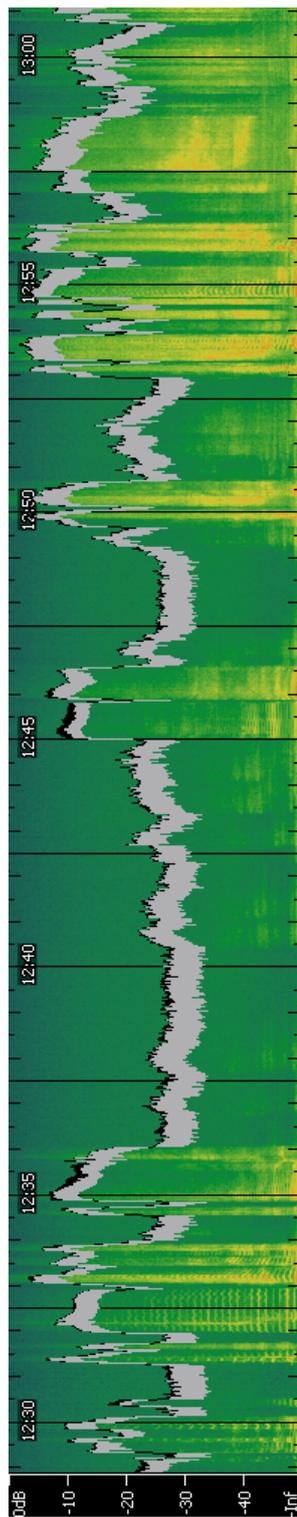


D.24 CD BVHAAST
9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
11'30''-12'00''

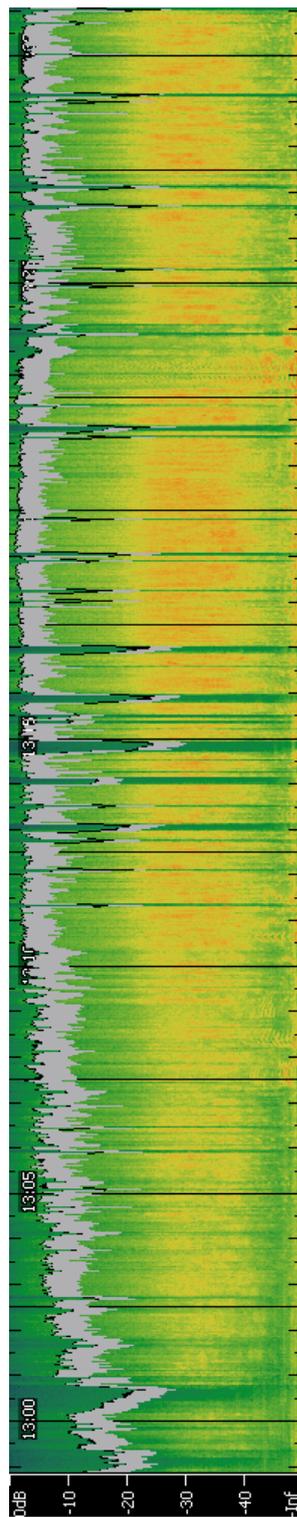
D.25 CD BVHAAST
9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
12'00" -12'30"



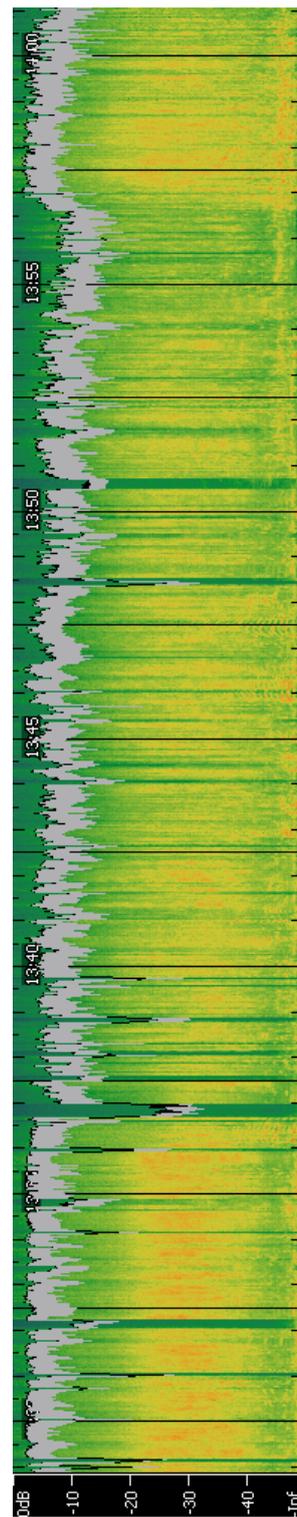
D.26 CD BVHAAST
9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
12'30" -13'00"



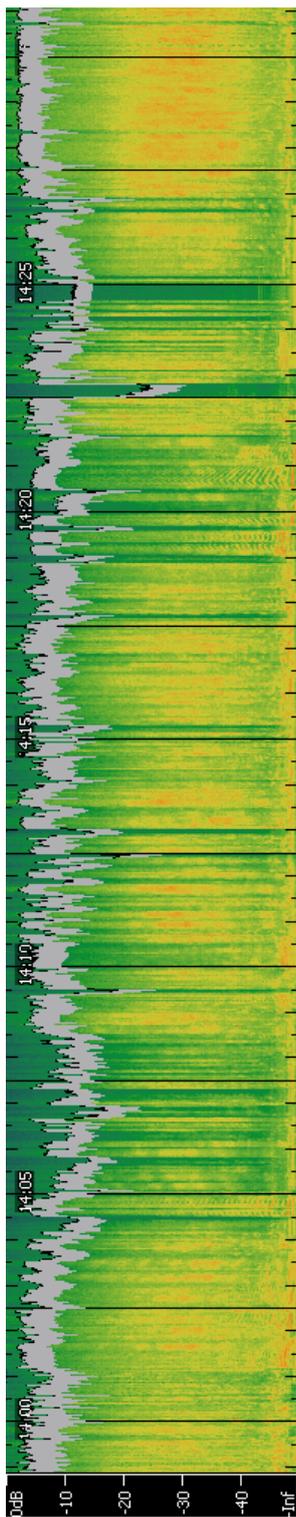
D.27 CD BVHAAST
9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
13'00" -13'30"



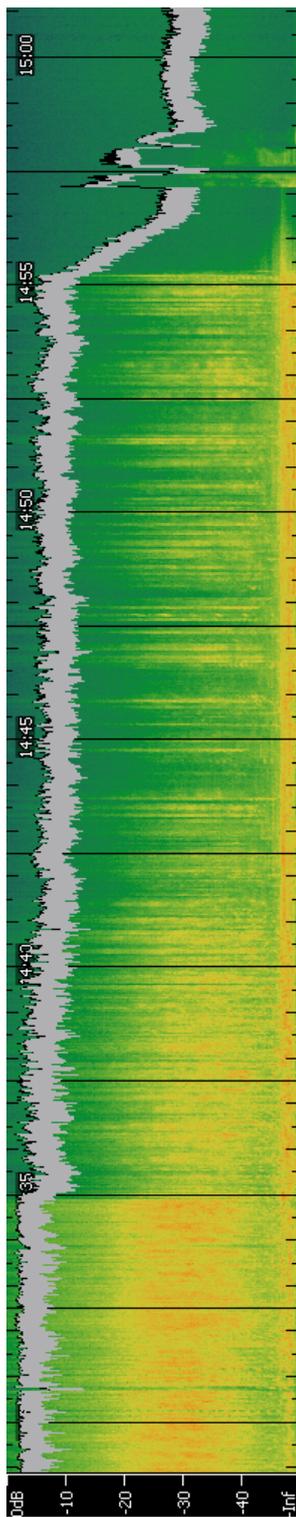
D.28 CD BVHAAST
9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
13'30" -14'00"



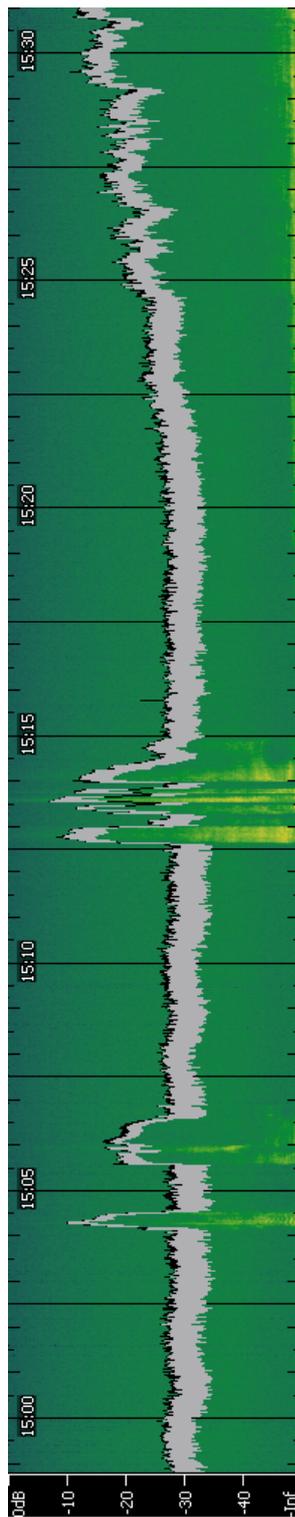
D.29 CD BVHAAST
 9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
 14'00" -14'30"



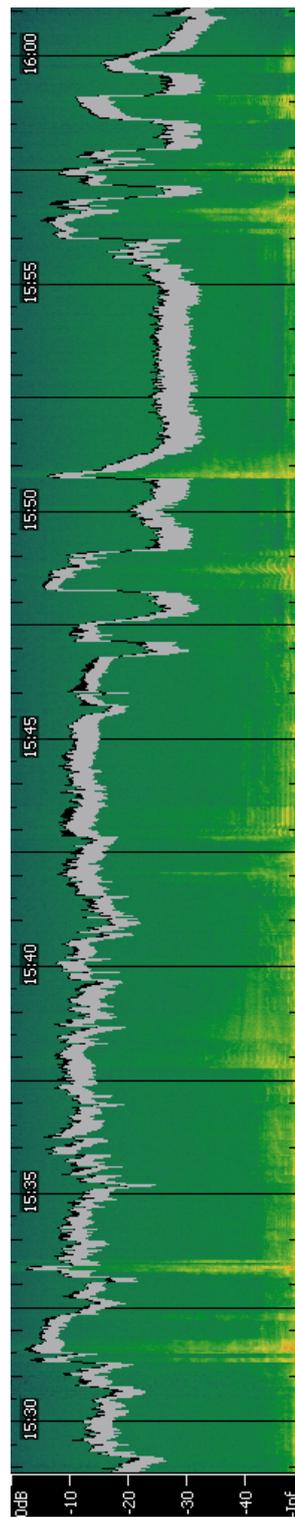
D.30 CD BVHAAST
 9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
 14'30" -15'00"



D.31 CD BVHAAST
 9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
 15'00" -15'30"



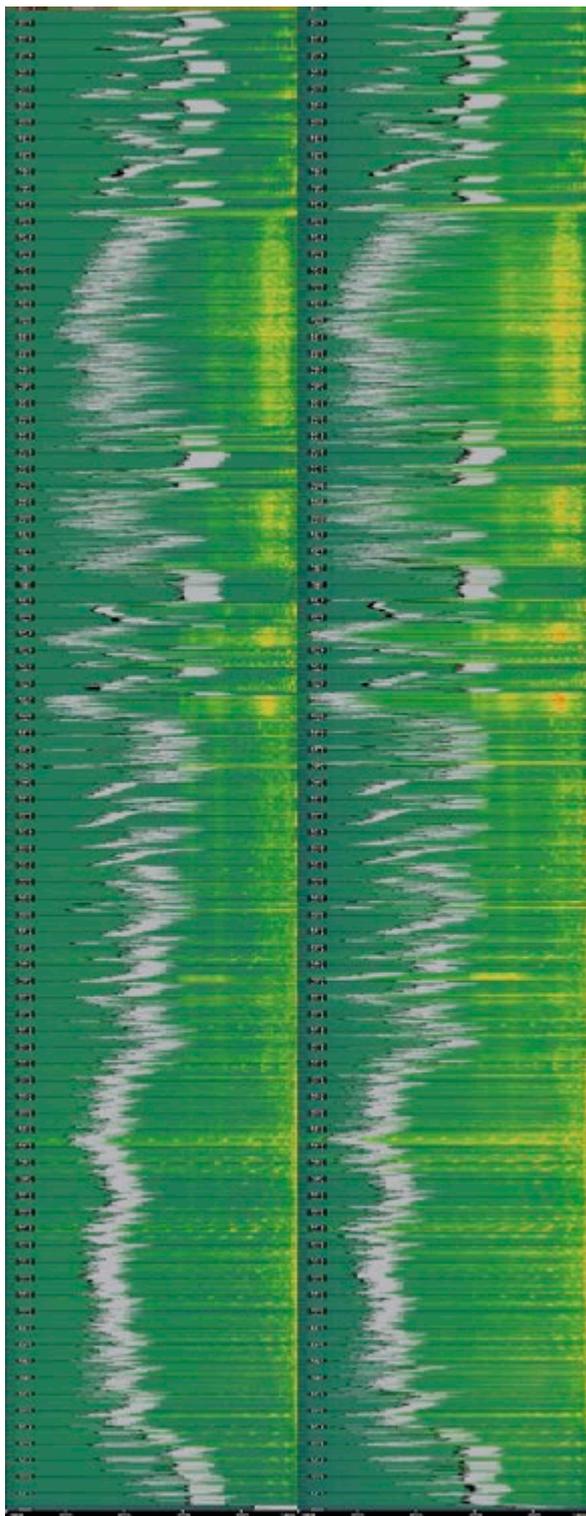
D.32 CD BVHAAST
 9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
 15'30" -16'00"



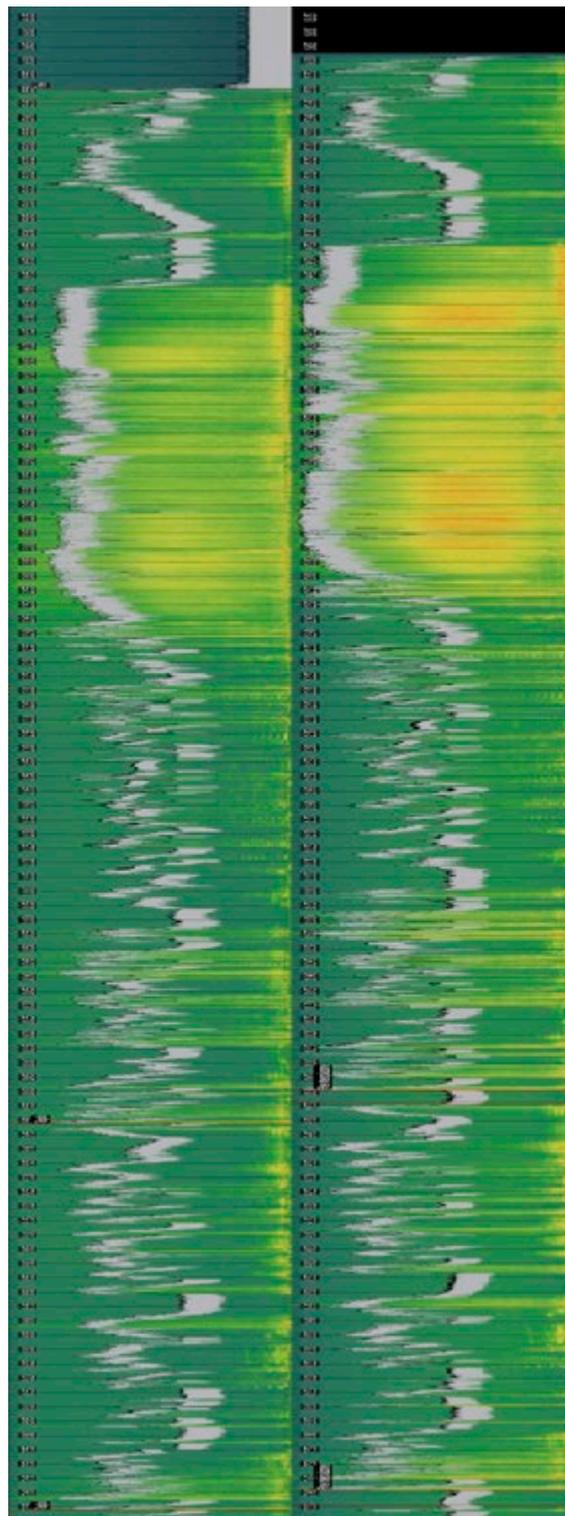


D.33 CD BVHAAST
9109, Maderna,
Invenzione su una voce:
16'00" - 16'30"

Appendice E. Cfr. FR 4 E20 - CD BVHAAST.

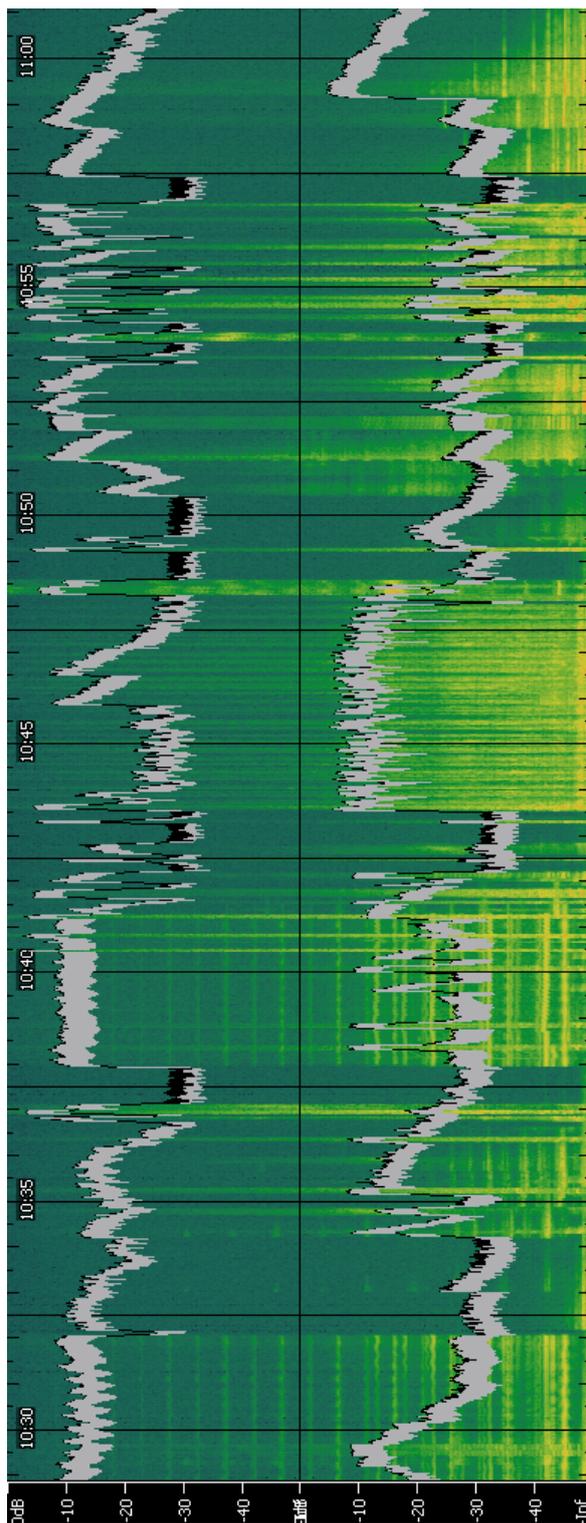


E.1 Bruno Maderna,
Invenzione su una voce,
CD BVHAAST (sotto) e
IV frammento della bo-
bina E20 (sopra): prima
metà

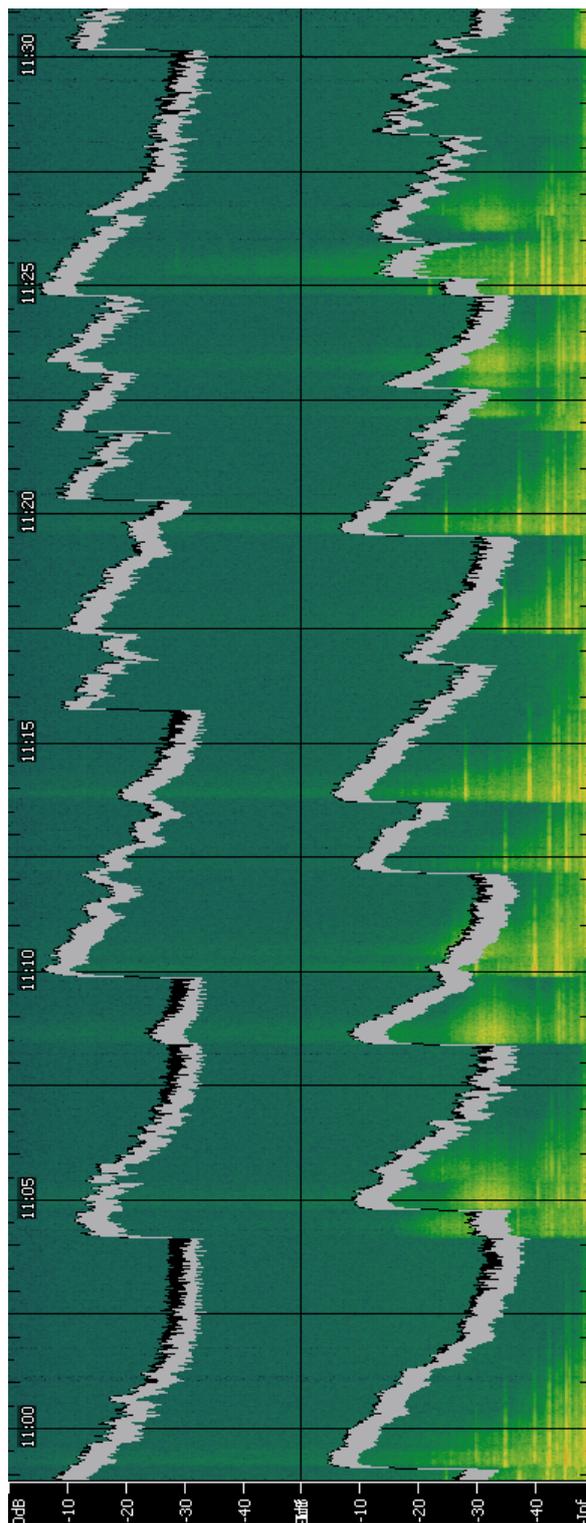


E.2 Bruno Maderna,
Invenzione su una voce,
CD BVHAAST (sotto) e
IV frammento della bobi-
na E20 (sopra): seconda
metà

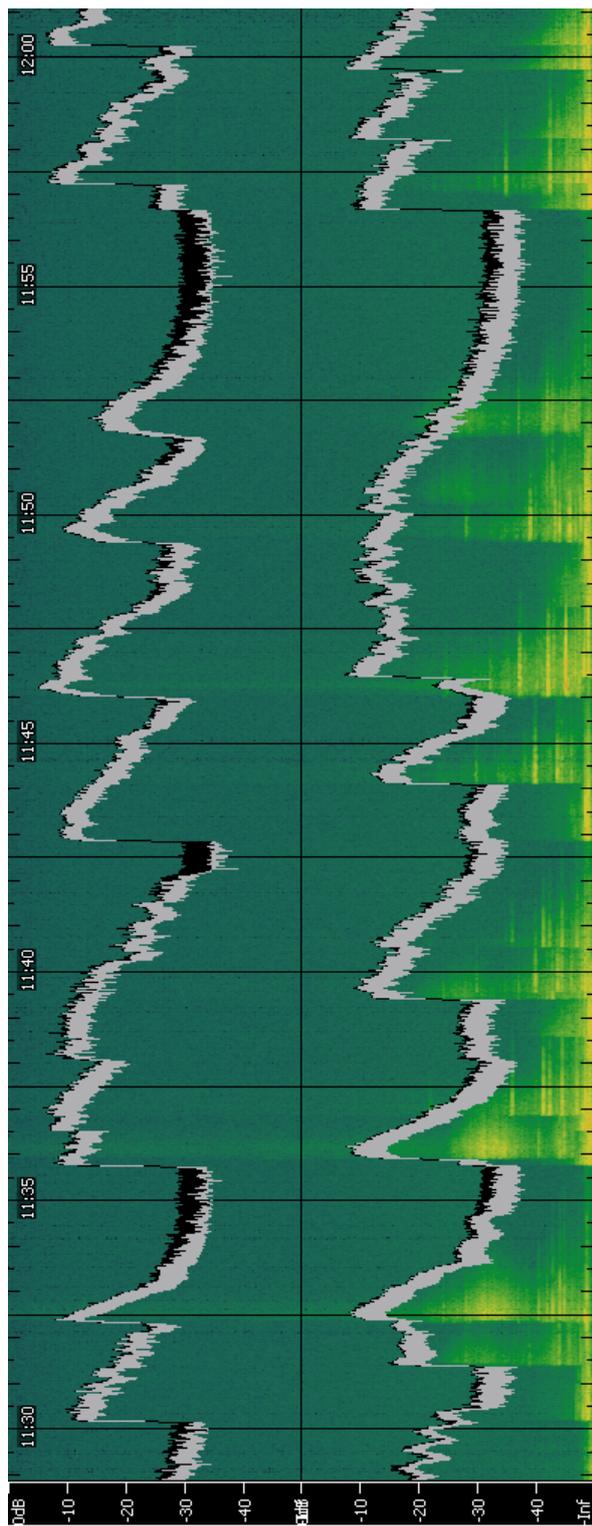
Appendice F. Maderna, Le Rire, CD BVHAAST 9109, 10'30"-fine.



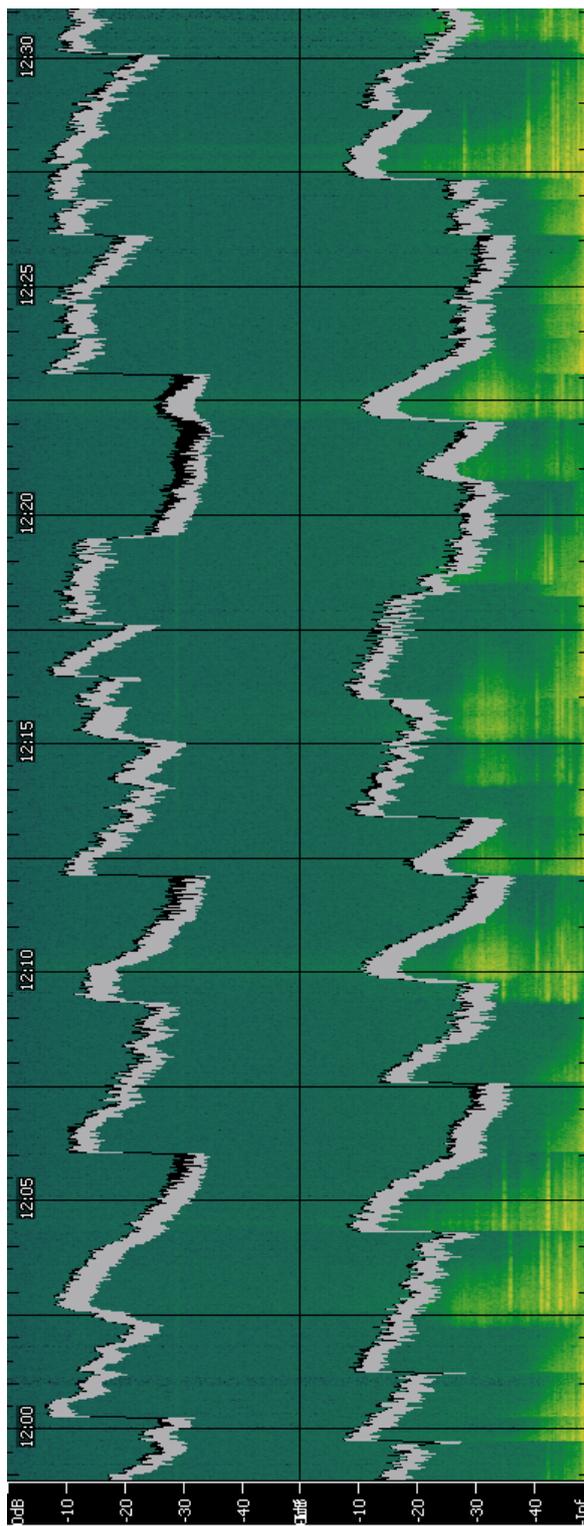
F.1 Trascrizione di *Le Rire*, tratta dal CD BVHAAS 9109. 10'30" -11'00"



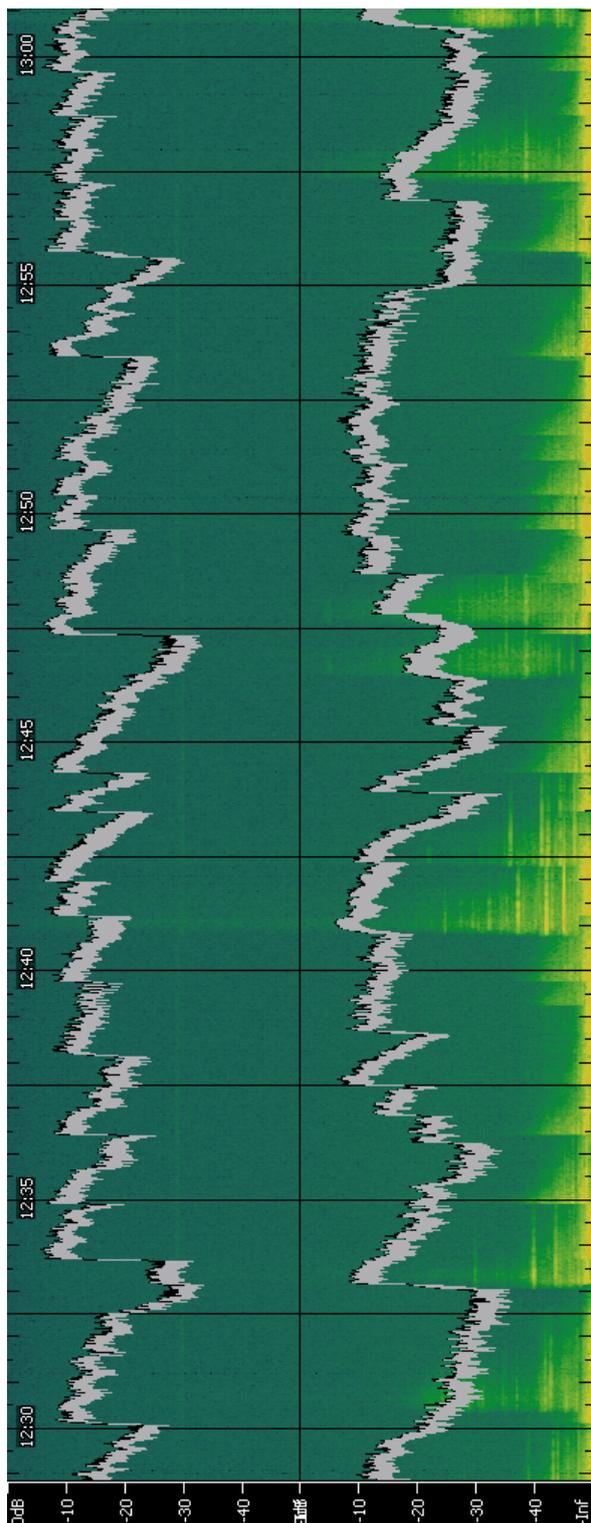
F.2 Trascrizione di *Le Rire*, tratta dal CD BVHAAS 9109. 11'00" -11'30"



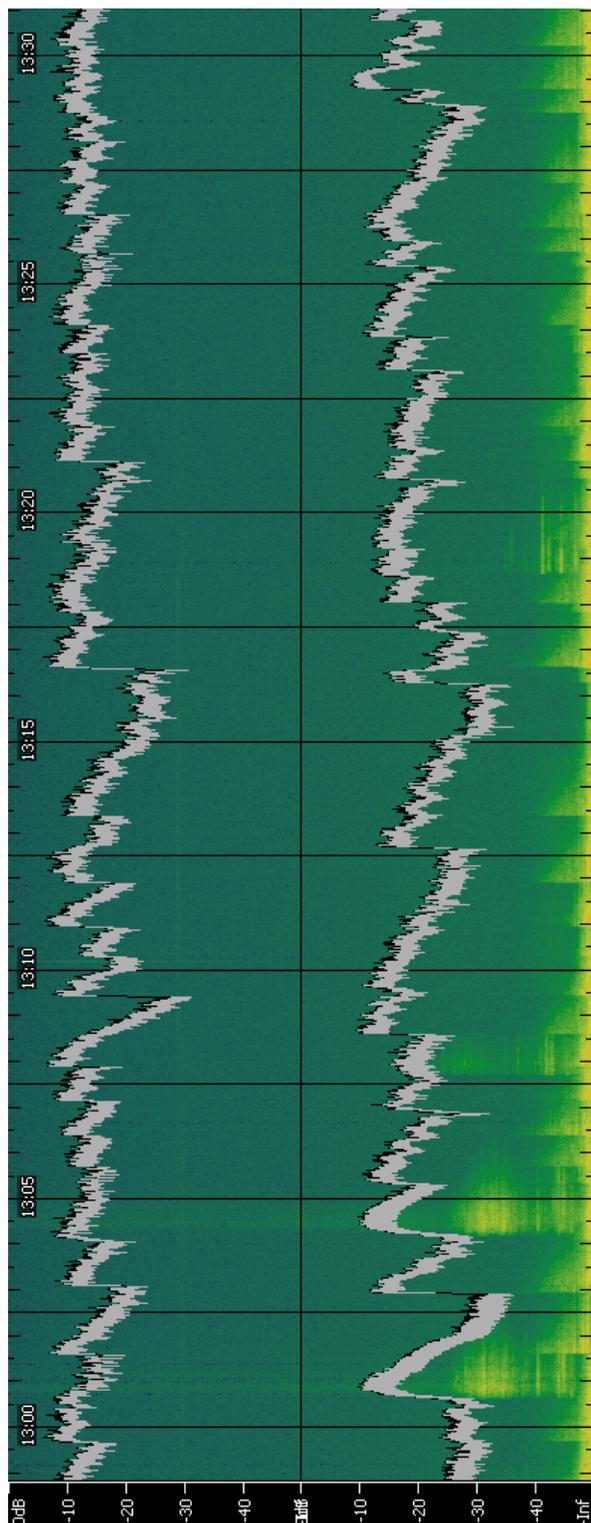
F.3 Trascrizione di *Le Rire*, tratta dal CD BVHAAST 9109. 11'30" -12'00"



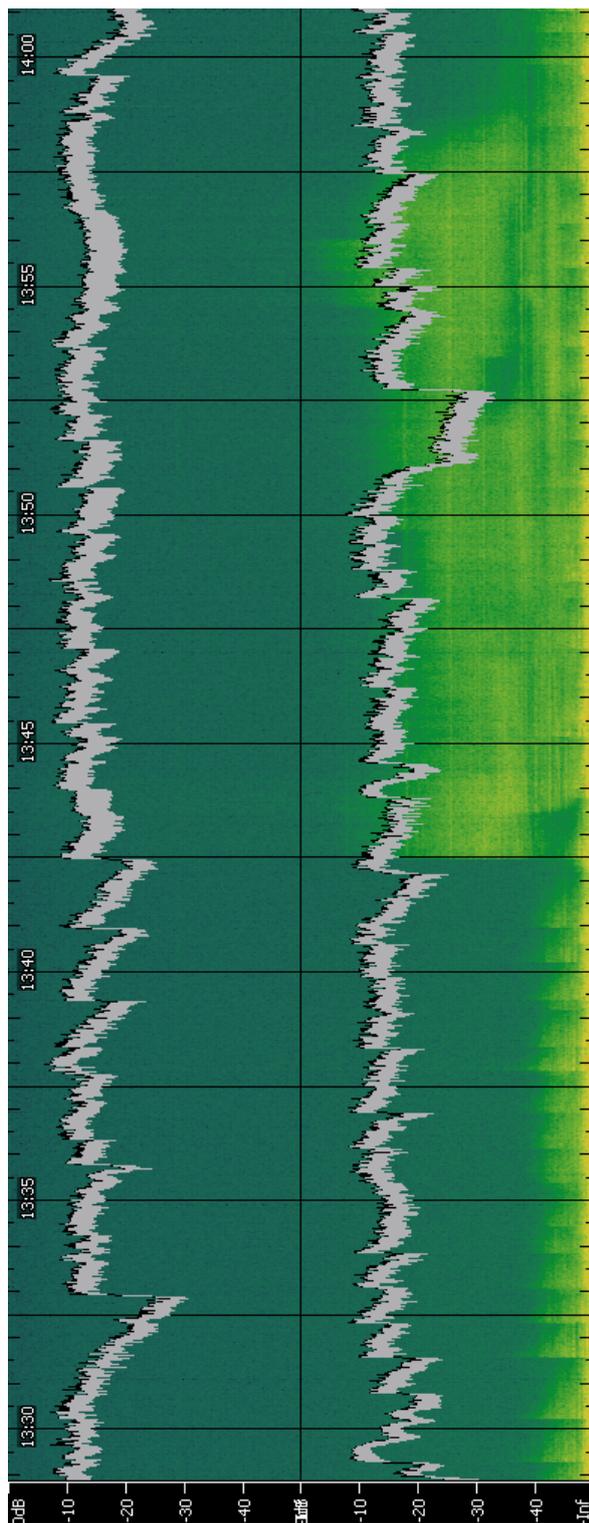
F.4 Trascrizione di *Le Rire*, tratta dal CD BVHAAST 9109. 12'00" -12'30"



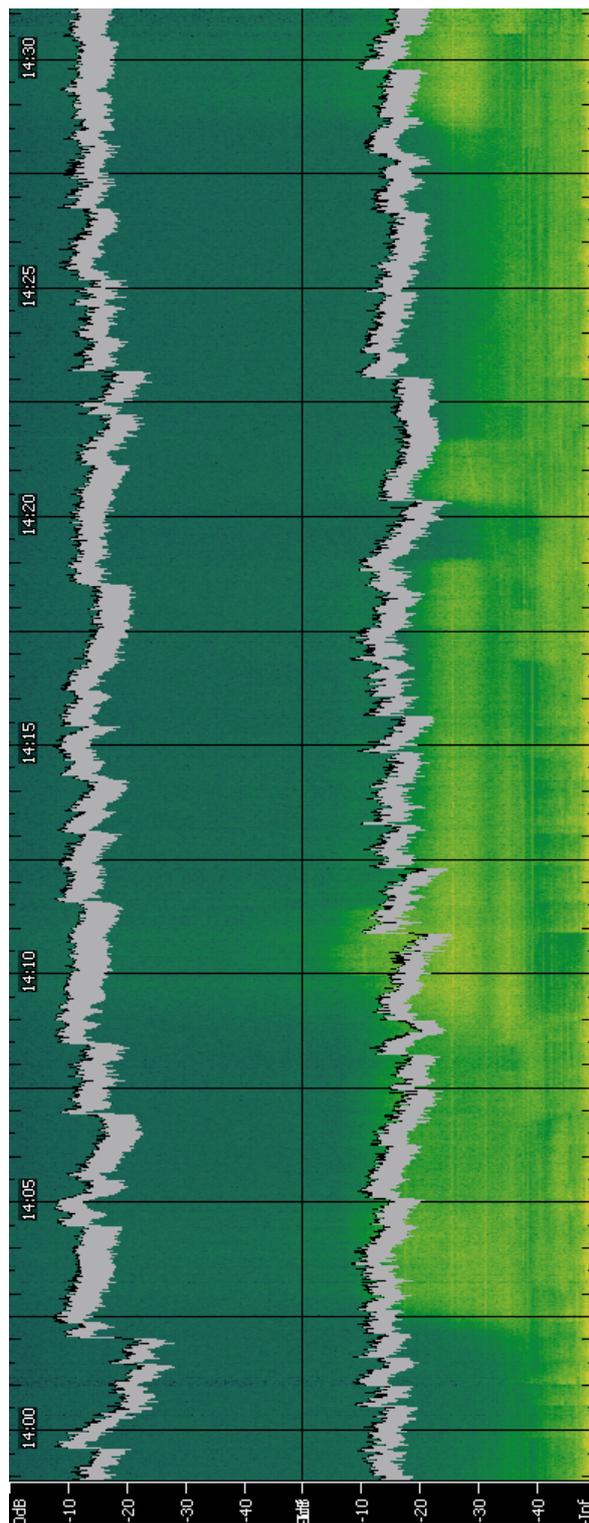
F.5 Trascrizione di *Le Rire*, tratta dal CD BVHAAST 9109. 12'30"-13'00"



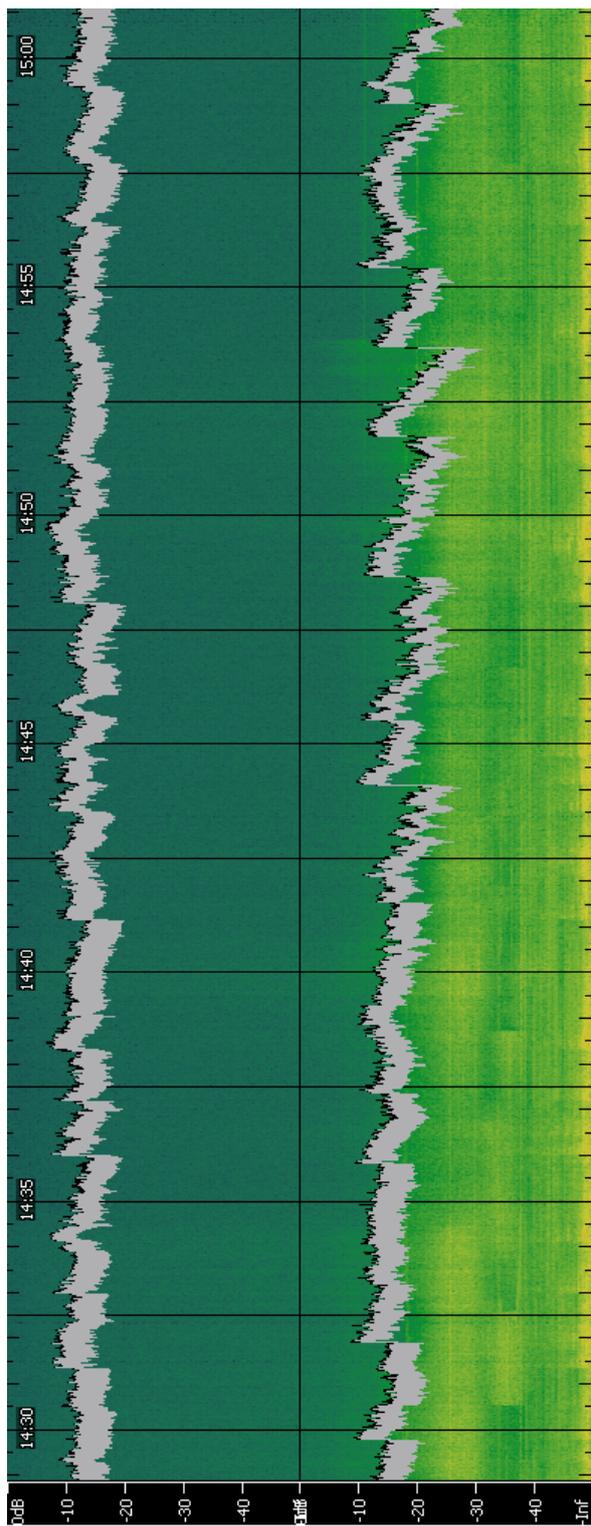
F.6 Trascrizione di *Le Rire*, tratta dal CD BVHAAST 9109. 13'00"-13'30"



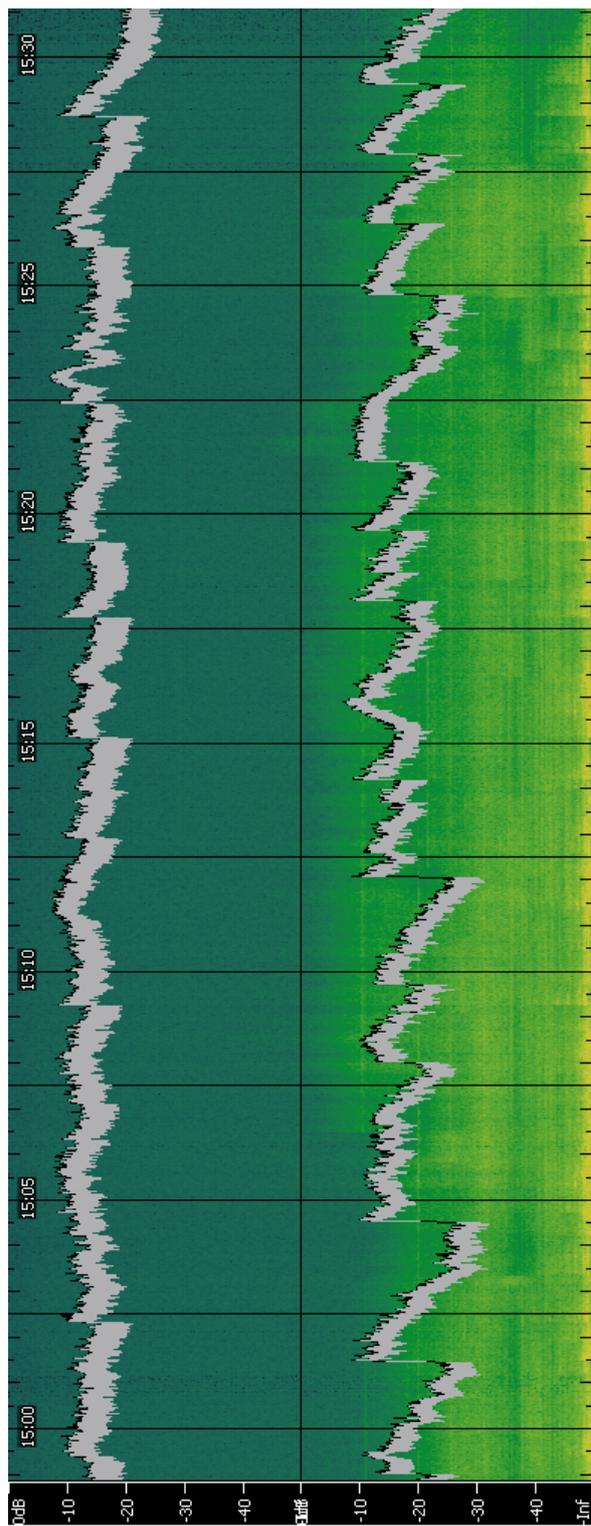
F.7 Trascrizione di *Le Rire*, tratta dal CD BVHAAST 9109. 13'30" - 14'00"



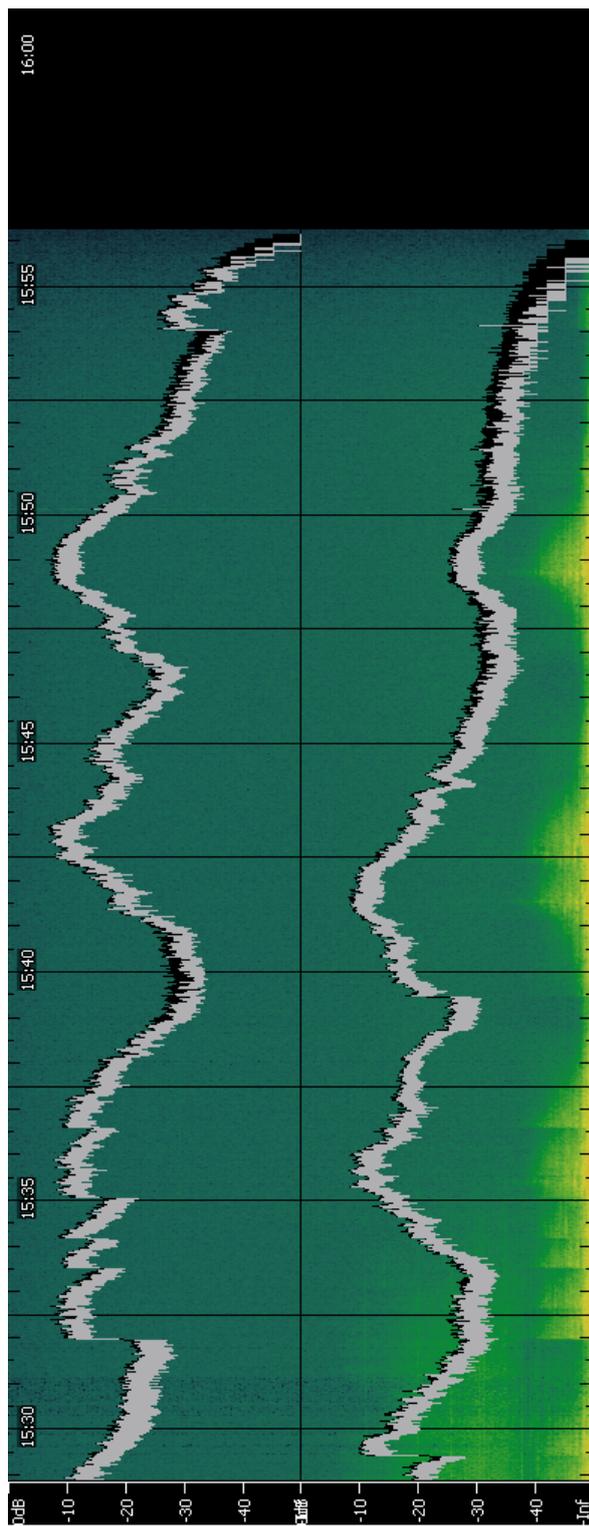
F.8 Trascrizione di *Le Rire*, tratta dal CD BVHAAST 9109. 14'00" - 14'30"



F.9 Trascrizione di *Le Rire*,
tratta dal CD BVHAAST
9109. 14'30"-15'00"



F.10 Trascrizione di *Le Rire*,
tratta dal CD BVHAAST
9109. 15'00"-15'30"



F.11 Trascrizione di *Le Rire*,
tratta dal CD BVHAAS
9109. 15'30"-16'00"

Bibliografia

- G. Adamo, "Musica come evento sonoro: analisi acustica di canti a zampogna della Basilicata", in *L'analisi musicale*, a cura di M. Baroni e R. Dalmonte, 1991, pp. 221-240.
- M. Baroni, R. Dalmonte, *Bruno Maderna, documenti*, Unicopli, Milano, Suvini Zerboni, 1985.
- B. Bartók, A.B. Lord, *Serbo-Croatian folk songs; texts and transcriptions of seventy-five folk songs from the Milman Parry collection and a morphology of Serbo-Croatian folk melodies*, con prefazione di George Herzog, New York, Columbia University Press, 1951, <<http://www.archive.org/details/serbocroatianfol00bart>>.
- R. Bayliss, "John Gray M'Kendrick, physiologist (1841-1926)", *Medical History* 17, 3, 1973, pp. 288-303, <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1081476/pdf/medhist00122-0091.pdf>>.
- I. Bent, W. Drabkin, *Analisi Musicale*, Torino, EDT, 1990.
- L. Berio, "Poesia e musica - un'esperienza", *Incontri musicali*, 3, 1959, pp. 98-111.
- C.J. Blake, "The use of the Membrana Tympani as a Phonautograph", *The Boston Medical and Surgical Journal*, 92, 1875, pp. 121-124.
- J.D. Bolter, R. Grusin, *Remediation. Competizione e integrazione tra media vecchi e nuovi*, trad. it. B. Gennaro, con prefazione di Alberto Marinelli, Milano, Guerini e Associati, 2005. J.D. Bolter, R. Grusin, *Remediation: understanding new media*, Cambridge, MIT Press, 2000.
- G. Borio (a cura di), *La scrittura come rappresentazione del pensiero musicale*, Pisa, Edizioni ETS, 2004 (Diverse voci..., 4.)
- G. Borio, V. Rizzardi. "L'unité musicale de *Hyperion*", in *à Bruno Maderna*, Paris, Basalte, 2007, pp. 123-161.
- G. Brock-Nannestad, "The critical approach to sound recordings as musicological sources", in *Proc. from the nordic musicological congress*, 1989, pp. 423-435.
- G. Brock-Nannestad, "«The requestor decides» the fundamental ethical Issues when dealing with sound recordings", in *Proc. XII Colloquium on Musical Informatics*, a cura di A. Argentini e C. Mirolo, Gorizia, 1998, pp. 159-162.
- G. Brock-Nannestad, "The Sound Recording As a Source To Performance", *Musicus Discologus 2. Musiche e scritti per l'80° anno di Carlo Marinelli*, a cura di M.E. Marinelli e A.G. Petaccia, Pisa, Edizioni ETS, 2007, pp. 203-221.
- S. Canazza, "Dal multimedia all'unimedia: la copia conservativa digitale", in *Luigi Nono: studi, edizioni, testimonianze*, a cura di L. Cossetini, Lucca, LIM, 2010, pp. 157-174.
- S. Canazza, M. Casadei Turronei Monti (a cura di), *Ri-mediazione dei documenti sonori*, Udine, Forum, 2006.

- S. Canazza, G. Ferrin, L. Snidero, "Photos of GHOSTS (Photos of Grooves and HOles, Supporting Tracks Separation): conservazione attiva di dischi fonografici per mezzo di immagini digitali", in *Atti del XVII Colloquio di Informatica Musicale* (Venezia, 15-17 ottobre), a cura di M.G. Ballerano, La Biennale, 2008, pp. 171-176.
- C. Cannam, C. Landone, M. Sandler, "Sonic Visualiser: An Open Source Application for Viewing, Analysing, and Annotating Music Audio Files", in *Proceedings of the ACM Multimedia 2010 International Conference* (Florence, October 2010), pp. 1467-1468, <<http://sonicvisualiser.org/sv2010.pdf>>.
- M. Caraci Vela, *La filologia musicale. Istituzioni, storia, strumenti critici*, vol. 2., Lucca, LIM, 2009.
- H. Cary, "Are You a Musician? Professor Seashore's Specific Psychological Tests for Specific Musical Abilities", *Scientific American*, 1923.
- S. Cavaglieri, O. Johnsen, F. Bapst, "Optical Retrieval and Storage of Analog Sound Recordings", in *Proc. of AES 20th International Conference* (Budapest, October 2001).
- R. Cogan, *New Images of Musical Sound*, Cambridge e London, Harvard University Press, 1984.
- R. Cogan, P. Escot, *Sonic design: the nature of sound and music*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1976.
- R. Cogan, P. Escot, *Sonic design: practice and problems*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1981.
- C.G. Conn Ltd., *How to use the Stroboconn in piano tuning*, Elkhart, Conn Band Instrument Division, 1956.
- L. Cossettini, "Le registrazioni audio dell'Archivio Luigi Nono di Venezia: linee per la conservazione e la critica dei documenti sonori", *Musical/Tecnologia. Music/Technology*, 3, 2009.
- I.B. Crandall, "The Sounds of Speech", *The Bell System Technical Journal*, 4, 1925, pp. 586-626.
- P. Crossley-Holland (a cura di), *Selected Reports in Ethnomusicology*, Vol. 2.1, Los Angeles, University of California, 1974.
- A.I. De Benedictis, "Scrittura e supporti nel Novecento: alcune riflessioni e un esempio (*Austrhalung* di Bruno Maderna)", in *La scrittura come rappresentazione del pensiero musicale*, a cura di G. Borio, Pisa, Edizioni ETS, 2004, pp. 237-291 (Diverse voci..., 4).
- A.I. De Benedictis, "«Ici peut-etre une cadence brillante». Voyage dans le *Venetian Journal*", in *à Bruno Maderna*, Paris, Basalte, 2007, pp. 39-68.
- A.I. De Benedictis, "Bruno Maderna et le Studio de phonologie de la RAI de Milan. Musique savante et musique de circonstance, entre création, recherche et invention", in *à Bruno Maderna*, vol. 2, Paris, Basalte, 2009, pp. 389-422.
- G. De Poli, A. Piccialli, C. Roads (a cura di), *Representations of musical signals*, Cambridge, MA, MIT Press, 1991.
- T. DeLio, "*Diamorphoses* by Iannis Xenakis", in *Electroacoustic Music. Analytical Perspectives*, a cura e con introduzione di T. Licata, con prefazione di J.-C. Risset, Westport, Connecticut-London, Greenwood Press, 2002, pp. 41-57.
- E. Eisenberg, *The Recording Angel. Music, Records and Culture from Aristotle to Zappa*, London, Picador, 1988; trad. it. *L'angelo con il fonografo. Musica, dischi e cultura da Aristotele a Zappa*, Instar libri, Torino, 1997.
- I. Fedele, *Donacis Ambra. Per flauto e live-electronics*, Milano, Edizioni Suvini Zerboni, 1997.
- I. Fedele, *Elettra. Per viola e live-electronics*, Milano, Edizioni Suvini Zerboni, 1999.
- G. Ferrari, "*Hyperion*, les chemins du poète", in *à Bruno Maderna*, Paris, Basalte, 2007, pp. 89-122.

- G. Fugazzotto, "Analisi della Visilla di Barcellona e di Pozzo di Gotto", *Culture Musicali*, 1990, pp. 69-89.
- É. Gayou, *Le GRM, Groupe de Recherches Musicales. Cinquant and d'histoire*, Paris, Librairie Arthème Fayard, 2007.
- J. Goergen, "Il montaggio sonoro come «ars acustica»", in *Walter Ruttmann. Cinema, pittura, ars acustica*, a cura di Leonardo Quaresima, Calliano (Trento), Manfrini Editori, 1994, pp. 177-191.
- L. Hermann, "Phonographische Untersuchungen", *Archiv für die gesammte Physiologie des Menschen und der Thiere*, 45, 1889, pp. 582-592.
- W.R. Isom (a cura di), "Centennial Issue... The Phonograph and Sound Recording After One-Hundred Years", *Journal of the Audio Engineering Society*, J. Audio Eng. Soc. 25, 10-11. 1977.
- F. Jenkin, *Papers Literary, Scientific, & c.*, a cura di S. Colvin e J.A. Ewing, 2 voll., London, Longmans, Green e Co., 1887.
- F. Jenkin, J.A. Ewing, "On the Harmonic Analysis of Certain Vowel Sounds", *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 28, 1878, p. 745.
- F. Jenkin, J.A. Ewing, "On the Wave Forms of Articulate Sounds", *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 9, 1878, pp. 582, 723.
- F. Jenkin, J.A. Ewing, "Remarks on the Phonograph", *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 9, 1878, p. 579.
- F. Jenkin, J.A. Ewing, "The Phonograph and Vowel Theories", *Nature*, 17, 1878, p. 423.
- F. Jenkin, J.A. Ewing, "The Phonograph and Vowel Theories", *Nature*, 18, 1878, p. 167.
- F. Jenkin, J.A. Ewing, "The Phonograph and Vowel Sounds", *Nature*, 18, 1878, pp. 340, 394, 454.
- R. Kennedy, *Electrical Installations of Electric Light, Power, Traction and Industrial Electrical Machinery*, vol. 5, London, Blackwood, Le Bas&Co., 1903.
- F.A. Kittler, *Grammophon Film Typewriter*, Berlin, Brinkmann & Bose, 1986.
- F.A. Kittler, trad. ing. e introd. di G. Winthrop-Young e M. Wutz, *Gramophone Film Typewriter*, Stanford, Stanford University Press, 1999.
- A. Klapuri, M. Davy (a cura), *Signal processing methods for music transcription*, New York, Springer Science+Business Media LLC, 2006.
- J. Kunst, *Ethno-musicology. A study of its nature, its problems, methods and representative personalities to which is added a bibliography*, 2^a ed., The Hague, Martinus Nijhoff, 1955, <<http://www.archive.org/details/ethnomusicology002670mbp>>.
- T.Y. Levin, "For the Record: Adorno on Music in the Age of Is Technological Reproducibility", *October*, 55, 1990, pp. 23-47.
- T.Y. Levin, "Tones from out of Nowhere': Rudolph Pfenninger and the Archaeology of Synthetic Sound", *Grey Room*, 2003, pp. 32-79, <<http://www.centerforvisualmusic.org/LevinPfen.pdf>>.
- T. Licata, "Luigi Nono's *Omaggio a Emilio Vedova*", in *Electroacoustic Music. Analytical Perspectives*, a cura e con introd. di T. Licata, pref. di J.-C. Risset, Westport, Connecticut -London, Greenwood Press, 2002, pp. 73-89.
- A.M. Mayer, "On Edison's Talking-Machine", *Popular Science Monthly*, 12, 1878, pp. 719-724, <<http://www.archive.org/details/popularsciencemo12newy>>.
- E. Merlin, V. Rizzardi, *Bitches Brew*, Milano, il Saggiatore, 2009.
- W.R. Miles, "Carl Emil Seashore. 1866-1949", in *Biographical Memoirs*, Washington D.C., National Academy of Sciences, 1956, pp. 263-316.

- J.G. M'Kendrick, *Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz*, London, T. Fisher Unwin, 1899, <<http://www.archive.org/details/hermannludwig00mckeiala>>.
- J.G. M'Kendrick, "The Tone and Curves of the Phonograph", *J. Anat. and Phys.*, 29, 1895, pp. 583-592, <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1328403/>>.
- M. Moore, "The Seeger Melograph Model C", *Selected Reports in Ethnomusicology*, 1, 1974, pp. 2-15.
- Musical/Tecnologia. Music/Technology* (2007-), <<http://www.fupress.net/index.php/mt>> Firenze: Firenze University Press.
- L. Nono, ... *sofferte onde serene... Per pianoforte e nastro magnetico*, Milano, Ricordi, 1977.
- M.M. Novati (a cura di), *Lo Studio di Fonologia. Un diario Musicale 1954-1983*, Milano, BMG Ricordi Publications, 2009.
- A. Orcalli, "Orientamenti ai documenti sonori", in *Ri-mediazione dei documenti sonori*, a cura di S. Canazza e M. Casadei Turronei Monti, Udine, Forum, 2006, pp. 15-94.
- I. Pitman, *Phonography, or, writing by sound: a natural method of writing all languages by one alphabet, composed of signs that represent the sounds of the human voice: adapted also to the English language as a complete system of short hand, briefer than any other system, and by which a speaker can be followed verbatim, without the use of arbitrary marks*, 5^a ed., London, Samuel Bagster e Sons, 1842.
- R.K. Potter, "Visible Patterns of Sound", *Science*, 102.2654, nov. 1945, pp. 463-470.
- R.K. Potter, G.A. Kopp, H.C. Green, *Visible speech*, New York, D. Van Nostrand Inc., 1947.
- A. Rehding, "Wac Cylinder Revolutions", in *The Musical Quarterly*, 88, 1, 2005, pp. 123-160.
- A. Rodà, "Varianti d'autore: *Invenzioni su una voce* di Bruno Maderna", in *Musica/Tecnologia -Music/Technology*, 3, 2009, pp. 71-98.
- F. Romitelli, *Natura morta con fiamme. Per quartetto d'archi ed elettronica*, Milano, Ricordi, 1991.
- D.F. Rosenthal, H.G. Okuno (a cura di), *Computational auditory scene analysis*, Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates, 1998.
- G. Rouget, "Transcrire ou Décrire? Chant Soudanais et Chant Fuégien", in *Échanges et communications. Mélanges offerts à Claude Lévi-Strauss à l'occasion de son 60ème anniversaire*, a cura di J. Pouillon e P. Maranda, vol. 5, The Hague, Mouton, 1970, pp. 677-706 (Studies in general anthropology, 1)
- De M. Scott, *Histoire de la Sténographie depuis les temps anciens jusqu'à nos jours*, Paris, Charles Tondeur, 1849, <<http://www.archive.org/details/histoiredelastOOscot>>.
- E.W. Scripture, "Researches in experimental phonetics", in *Studies from the Yale Psychological Laboratory*, a cura di E.W. Scripture., vol. 8., New Haven, Yale University, 1899, pp. 1-101, <<http://vlp.mpiwg-berlin.mpg.de/library/data/lit28769>>.
- C.E. Seashore, "A Voice Tonoscope", *University of Iowa Studies in Psychology*, 3, 1902, pp. 18-28, <<http://vlp.mpiwg-berlin.mpg.de/library/data/lit38245?>>.
- C.E. Seashore, "The Tonoscope", *University of Iowa Studies in Psychology*, 6, 1914, pp. 1-12.
- C.E. Seashore, *The Psychology of Musical Talent*, Boston-New York-Chicago-San Francisco, Silver, Burdett e Company, 1919, <<http://www.archive.org/details/cu31924022202471>>.
- C.E. Seashore, "Some New Instruments in the Iowa Laboratory for the Psychology of Music", *Journal of Acoustical Society of America*, 2, 1, 1930, pp. 5-6.
- C.E. Seashore, *The Measurement of Pitch Intonation with the Tonoscope in Singing and Playing*, Iowa City, University of Iowa, 1930, <<http://hdl.handle.net/2027/mdp.39015063518776>>, ultimo accesso: 04/10/2011.

- C.E. Seashore, *Psychology of music*, 1st ed., 1938, New York, Dover Publications, 1967.
- C. Seeger, "An Instantaneous Music Notator", *Journal of the International Folk Music Council* 3, 1951, pp. 103-106.
- C. Seeger, "Prescriptive and Descriptive Music-Writing", in *The Musical Quarterly*, 44, 2, 1958, pp. 184-195.
- C. Seeger, "Toward a Universal Music Sound-Writing for Musicology", *Journal of the International Folk Music Council*, 9, 1957, pp. 63-66.
- Società Italiana di Etnomusicologia (a cura di), "Nuove tecnologie e documentazione etnomusicologica", *Culture Musicali*, 15-16, 1990.
- J. Sterne, *The Audible Past. Cultural Origins of Sound Reproduction*, Durham & London, Duke University Press, 2003.
- C. Stumpf, "Das Berliner Phonogrammarchiv", *Internationale Wochenschrift für Wissenschaft Kunst und Technik*, 1908, pp. 225-246, <<http://vlp.mpiwg-berlin.mpg.de/references?id=lit38242>>.
- Thériat, *Le Phonographe. ou Dictionnaire de la prononciation française à l'usage des étrangers... avec le figuré des sons... d'après un nouveau système; précédé 1° d'un traité de prosodie française; 2° d'une suite de tableaux où les éléments phoniques... des principales langues étrangères sont comparés à ceux de la langue française... Par M. et .elle Thériat,...*, Paris, impr. de Moquet, 1856, <<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6101466w>>.
- G. Tisato, "Il canto degli armonici", *Culture Musicali*, 1990, pp. 44-68.
- G. Verrando, *Dulle Griet. For amplified ensemble*, Milano, Edizioni Suvini Zerboni [2010].
- D. Wang, G.J. Brown (a cura di), *Computational auditory scene analysis: principles, algorithms and applications*, Hoboken, IEEE Press-Wiley Interscience, 2006.
- R.W. Young, "Theory of the Chromatic Stroboscope", *Journal of the Acoustical Society of America*, 10, 1938, pp. 112-118.
- P. Zavagna, "Thema (Omaggio a Joyce) di Luciano Berio: un'analisi", *I quaderni della Civica Scuola di Musica*, 21-22, 1992, pp. 58-64.
- P. Zavagna, "Il documento sonoro come fonte", *Musica/Tecnologia*, 2, 2008, pp. 11-34.
- H. Zemp, "Come visualizzare le strutture musicali mediante l'animazione. La realizzazione del film *Head Voice, Chest Voice*", *Culture Musicali*, 1990, pp. 27-43.

Sitografia (ultimo accesso 2 aprile 2012)

- W. Burdette (a cura di), *soundwriting.org*. 2011 <<http://www.soundwriting.org/home/>>.
- Centre for Digital Music at Queen Mary, University of London, cur. *Sonic Visualizer* <<http://www.sonicvisualiser.org/>>.
- R. Cogan, P. Escot, *Sonic Design*. [sonicdesign.org](http://www.sonicdesign.org) ©2011 <<http://www.sonicdesign.org/>>.
- D. Day, *Robert William Young Biography* <http://scilib.ucsd.edu/sio/biogr/Young_Biogr.pdf>.
- FirstSounds.ORG (a cura di), *First Sounds*. 2008-2011, <<http://www.firstsounds.org/>>.
- M.E. Gorman, *Alexander Graham Bell's Path to the Telephone*, 1994, <<http://www2.iath.virginia.edu/albell/>>.
- R.V. Jones, *Sound Visualization and Analysis in the Pre-Electronic Era - Visualization*, 2005, <http://people.seas.harvard.edu/~jones/cscie129/nu_lectures/lecture2/snd_vis/snd_vis.html>.
- The Thomas Edison Papers (a cura di), *Digital Edition*, <<http://edison.rutgers.edu/digital.htm>>.