

Quelle voci poco fa

Sergio Canazza

Vinile, nastri magnetici, CD: dalla prima registrazione su carta del 1860 l'umanità ha accumulato un'enorme quantità di informazioni audio. Un patrimonio da salvare

A differenza delle informazioni di tipo grafico, che risalgono talvolta alle più antiche testimonianze dell'attività umana, le prime informazioni di tipo acustico sono state memorizzate (su carta) da Édouard-Léon Scott de Martinville mediante fonografo nel 1860 (data a cui risale *Au Clair de la Lune*, la più antica registrazione audio di cui ci è stato tramandato il supporto), cioè 150 anni or sono. In questo periodo di tempo relativamente breve le tecnologie adottate per conservare segnali acustici (parola, musica, suoni ambientali) hanno subito continue trasformazioni e innovazioni; solo per richiamare le tappe più importanti, si può ricordare il passaggio dai cilindri di Edison ai dischi del grammofono di Berliner, dall'impiego della cera a quello della gommalacca e poi delle resine sintetiche, dalla registrazione e riproduzione meccanica a quella elettrica. Si è assistito inoltre all'avvento dei sistemi ottici di registrazione e lettura delle colonne sonore affiancate ai fotogrammi delle pellicole cinematografiche e, successivamente, all'impiego di sistemi di memorizzazione su supporti magnetici, con l'evoluzione dai sistemi di registrazione continua (o analogica) alla memorizzazione in forma discreta di valori numerici, con la relativamente recente adozione di supporti di tipo ottico (Compact Disc, Digital Versatile Disc, Blu-ray Disc). Anche a causa della grande varietà delle tecnologie impiegate – e nonostante il loro continuo perfezionamento – le informazioni acustiche, a differenza di quelle grafiche, hanno dimostrato di essere estremamente labili, cioè soggette sia a degradazione, sia a possibilità di perdita irreparabile in tempi relativamente brevi. Una causa di tali inconvenienti risiede nella deperibilità dei supporti impiegati: le cere, le lacche, le gelatine fotosensibili e altri materiali di origine organica subiscono l'attacco di muffe e altri parassiti; inoltre fenomeni di cristallizzazione li rendono estremamente fragili e inadatti al loro impiego a distanza di tempo. Anche le resine sintetiche adottate per i dischi e per i supporti magnetici sono soggette a

deformazioni e a invecchiamento; spesso gli strati di ossidi magnetici perdono particelle o si sgretolano; la loro magnetizzazione poi tende ad affievolirsi e a trasferirsi alle spire adiacenti nelle bobine dei nastri magnetici. Pure le resine sintetiche dei supporti ottici si possono alterare rendendone difficile o impossibile la lettura. A tutta questa serie di iatture si aggiungono spesso difficoltà legate proprio al continuo evolversi delle tecnologie adottate, per cui taluni supporti, eventualmente già di per sé degradati, non trovano la possibilità di venire letti: i lettori adatti o sono pezzi da museo, magari non funzionanti, o presentano costi inaccessibili. Una simile sorte è destinata alle informazioni registrate in forma digitale appena qualche decina di anni or sono: i dispositivi per la loro lettura non vengono più tenuti in funzione (o lo saranno ancora per brevissimo tempo) perché la loro manutenzione risulta troppo costosa oppure perché molti componenti elettronici (anche digitali) che stanno alla base del funzionamento dello strumento sono usciti dal mercato. La società dell'informazione, basata sulla continua evoluzione tecnologica, sulla rapida successione delle mode e sul costante rinnovo degli oggetti del vivere quotidiano, ha cambiato radicalmente il concetto di tempo, introducendo il parametro durata nelle caratteristiche dei beni al fine di ottenere una drastica riduzione del loro costo e di indurre nel consumatore la necessità di rinnovarne l'acquisto. Molte opere artistiche musicali recenti sono già scomparse o pongono comunque grandi problemi di restauro. Può sembrare paradossale, ma oggi che finalmente è possibile registrare e memorizzare quasi tutto (suoni, gesti, immagini, sequenze, ecc.) e quindi consegnare al futuro molte più informazioni di quanto avveniva nel passato, si scopre che la conservazione di questo enorme bagaglio di dati costituisce un problema molto serio. Ciò rende questa società molto più vulnerabile delle precedenti, in quanto un periodo di lunga recessione economica che blocchi l'attività di tutela può pro-



Le informazioni acustiche sono estremamente labili, cioè soggette sia a degradazione, sia a possibilità di perdita irreparabile. Una delle cause è la deperibilità dei supporti impiegati: le cere, le lacche fotosensibili e altri materiali di origine organica subiscono l'attacco di muffe e di altri parassiti.

vocare la cancellazione di molti anni di storia (non solo) artistica. La conservazione presuppone quindi la collaborazione di vari esperti del settore e la necessità di ricerche specifiche, in quanto i danni che una cattiva conservazione può provocare sono spesso irreversibili.

Conservare i supporti originali e, contemporaneamente, l'equipaggiamento necessario alla loro riproduzione è senza speranza: la comunità archivistica internazionale ha introdotto in questo senso lo slogan *difendere il contenuto, non il supporto*. La conservazione diventa attiva (1): dalla fine del XX secolo, il tradizionale paradigma di *conservare l'originale* si sposta verso il *distribuire e conservare*, che accoglie l'idea che è necessario digitalizzare le informazioni acustiche e renderle quindi disponibili attraverso la tecnologia propria delle *digital libraries*. Il trasferimento delle informazioni acustiche nel dominio digitale oltre a permettere (potenzialmente) una maggiore resistenza all'usura del tempo, consente una più efficace ricerca dei contenuti, sulla base di melodie fischiettate dall'utente (*query by humming*) o di esempi sonori tratti da altri file audio (*query by example*).

Già l'immensità del patrimonio acustico che si potrebbe cercare di salvare dalla perdita o dalla degradazione costituisce un grave problema. Si parla di centinaia o di migliaia di ore

di informazioni acustiche, nel caso di archivi sonori di medie dimensioni, per giungere a milioni di ore nel caso di grandi archivi. Viene spontaneo stabilire se valga la pena di conservare tutto o se sia meglio effettuare una selezione del materiale da salvaguardare. È ragionevole pensare che esistano altre copie delle stesse informazioni acustiche, magari meglio conservate; si potrebbe cercare allora di effettuare un censimento e una selezione delle copie migliori, trasferendo le informazioni di una di queste su supporti sicuri e tralasciando di salvare le altre. Però è facile convincersi che un'operazione di questo genere può risultare ancora più difficile e costosa del puro e semplice salvataggio della copia esistente in un dato archivio, e si finirà così con il salvaguardare spesso una grande quantità di copie uguali. In altri casi si potrebbe decidere di abbandonare registrazioni di tipo non definitivo: prove di esecuzioni musicali, spezzoni di film non utilizzati per il montaggio finale di una pellicola cinematografica, ecc. Ma la decisione di non conservare registrazioni non definitive può risultare deleteria dal punto di vista storico e procedurale, quando non anche da quello puramente artistico: da tali documenti si può risalire allo studio, infatti, dei criteri di interpretazione di un esecutore, di un attore o di un regista, analogamente a quanto accade con gli schizzi di un compositore o con gli studi preparatori di un

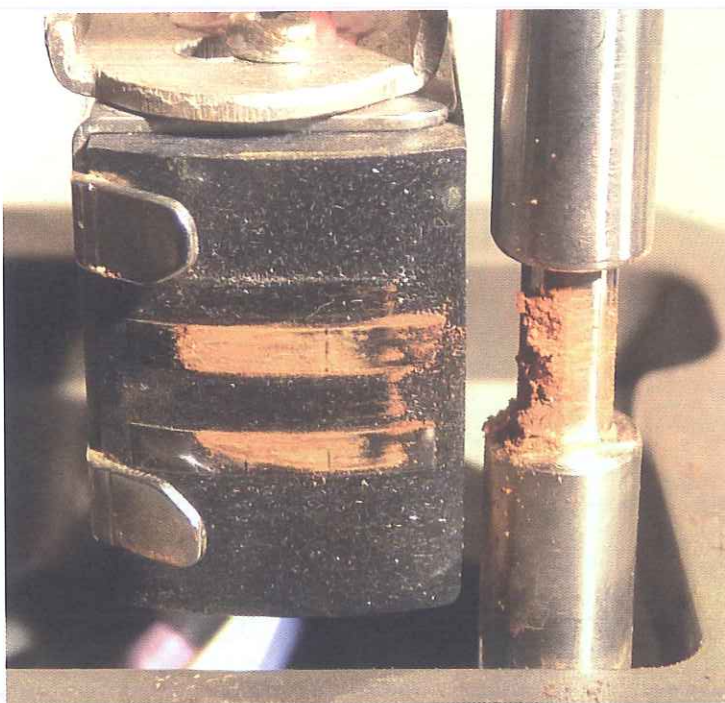
pittore. Sono sicuramente familiari a molti il disco *Mozart: Symphony no. 36 (Rehearsal and Performance)* di Bruno Walter (2 CD Sony B000002A82, conosciuto anche come *The Birth of a Performance*) o la pellicola cinematografica *Chaplin* sconosciuto di Kevin Brownlow e David Gill, ricavati montando spezzoni di prove orchestrali o di riprese video scartate per la versione definitiva. Piuttosto, considerando che non è possibile fare tutto subito, è fuori dubbio che si debbano adottare criteri di priorità per le operazioni da svolgere. Supponendo di dovere operare sui beni di un generico archivio, in primo luogo è necessario affiancare al loro inventario un'in-

indagine sul loro stato di conservazione con la valutazione dell'urgenza degli interventi da effettuare. Generalmente solo alcuni tipi di documenti, in particolare quelli su lacche e su acetati (dischi o nastri), possono considerarsi ad alto rischio ed è urgente realizzare per essi processi di conservazione attiva. Spesso occorre far precedere alle operazioni di copiatura altri interventi volti al ripristino delle funzionalità del supporto stesso e a permettere che la lettura sia il meno invasiva possibile, quali la rimozione delle eventuali polveri o muffe, il condizionamento dello stato di tensione di avvolgimento e di ambientazione dei nastri, il controllo delle loro giunzioni effettuate con nastro adesivo o con solventi, l'essiccazione per contrastare i fenomeni di idrolisi di un nastro magnetico.

È poi necessario decidere le modalità di copiatura. In proposito vi è generale consenso [1, 2, 3], su alcuni punti.

1) Le copie conservative (2) dei documenti sonori originali devono essere effettuate con tecniche della più alta qualità possibile, basate su standard internazionali ben consolidati, che consentano con sicurezza la lettura delle copie a lungo termine e in ambienti tecnologici diversi.

2) Le copie devono minimizzare la perdita di informazione rispetto all'originale, quindi non si devono introdurre processi di restauro – tranne quello necessario all'eventuale ripristino delle funzionalità del supporto originale, come già detto – in quanto tali copie finiranno con il sostituire di fatto gli originali stessi, integrandosi nell'archivio delle registrazioni. Il processo di digitalizzazione deve rappresentare le caratteristiche informazionali e materiali del documento originale come ci è giunto. In questo senso è necessario conservare anche le alterazioni del segnale inserite all'epoca della registrazione originale e dovute al mal funzionamento degli apparati o al loro invecchiamento: cattiva trazione, velocità di scorrimento er-



Testina di lettura di un magnetofono dove si nota un forte residuo di particelle magnetiche rilasciate da un nastro in cattivo stato di conservazione.

radio e specifiche tecniche dei sistemi necessari per la sua riproduzione e/o modifica; e) documentazione (*user information*) per garantire all'utente un efficace e adeguato utilizzo del documento audio. Le fotografie della custodia, del supporto, delle etichette, degli allegati e delle eventuali corrette del supporto costituiscono quindi parte integrante della copia conservativa.

3) Vi deve essere ridondanza sia nella tecnica digitale adottata, tale da consentire la correzione automatica – mediante opportuni strumenti di controllo sui dati – di eventuali errori che potessero successivamente insorgere (e questo è assicurato dalla scelta dello standard di digitalizzazione), sia nel numero di copie effettuate (almeno due da conservare in luoghi geografici diversi con l'adozione di criteri di elevata sicurezza). Inoltre si deve scegliere l'equipaggiamento adatto a leggere i documenti originali. Si può ricordare, per inciso, che presso il Centro di Sonologia Computazionale (CSC) dell'Università di Padova (3) è stato costruito, da un gruppo di ricercatori diretto personalmente da Debiasi, negli anni Novanta, un originale sistema laser per la lettura dei più antichi cilindri di cera, che non ne pregiudica la conservazione, anche se il supporto fosse divenuto estremamente fragile. Questo sistema, opportunamente modificato, può anche consentire la lettura di *negativi* di cilindri, ottenuti mediante deposizione elettrolitica di metallo sull'originale di cera che poi è stato fuso per separarlo dalla copia, la cui lettura è impossibile con i mezzi attuali.

Al CSC è stato anche realizzato, dall'autore di questo scritto, il software *Photos of GHOSTS (Photos of Grooves and Holes, Supporting Tracks Separation)* in grado di ricostruire l'audio dalla fotografia dei vecchi dischi in gommalacca a 78 giri [3]. L'immagine fotografica è acquisita garantendo il parallelismo tra il piano focale e il disco, impiegando uno scanner opportuna-

rata, dispersioni elettriche e fenomeni di induzione al di fuori dei valori di tolleranza, disturbi prodotti dall'invecchiamento dei componenti elettrici, ecc. Per mantenere l'unità documentaria diventa inoltre necessario memorizzare nella copia conservativa, oltre al segnale audio: a) l'informazione testuale descrittiva di base (*bibliographic metadata*); b) l'informazione descrittiva (*contextual information*), in formato testuale, immagine e/o video, del sistema di produzione del documento audio; c) i dati (*rights information*) sui diritti di riproduzione e sui termini d'uso dei documenti audio; d) dati tecnici (*technical information*) sul formato del documento au-

mente modificato al fine di mantenere, durante la ripresa fotografica, un allineamento ottimo della lampada rispetto al supporto – irradiazione della luce coassiale al disco – per tutti i solchi, senza utilizzare luce ultravioletta. Il sistema calcola quindi il raggio, il centro del disco e la deviazione tra questo e il centro del foro. Per il calcolo dell'eccentricità del disco (che causa oscillazioni del *pitch* o distorsioni del suono) è stata sfruttata la letteratura prodotta nel campo dell'*iris detection* (sistemi per il riconoscimento dell'iride finalizzati al riconoscimento biometrico), utilizzando l'operatore integrodifferenziale. L'operatore funziona come rilevatore di discontinuità circolari, calcolando le coordinate del centro e la dimensione del raggio della circonferenza contenuta nell'immagine. In questo contesto, viene utilizzato per estrarre il contorno del disco e quindi per rilevare la circonferenza del foro centrale (vedi figura a p. 38). Per separare automaticamente le tracce viene invece usato un rilevatore a soglia sulla funzione intensità luminosa calcolata tra lo *specchio* (la parte del disco privo di solchi vicino all'etichetta) e il margine esterno del supporto fonografico. Il segnale audio è proporzionale alla componente perpendicolare della velocità della puntina rispetto alla tangente al solco e la frequenza del suono è in relazione allo scostamento massimo del solco [4, 5]. Questi dati sono utilizzati per l'estrazione dei campioni audio e quindi memorizzati nella copia d'archivio per eventuali restauri futuri (per esempio per correggere il *pitch* del segnale audio digitale).

Il sistema possiede le seguenti caratteristiche: a) separa automaticamente le tracce presenti nel disco; b) l'intervento dell'utente è ridotto al minimo; c) utilizza hardware a basso costo; d) è robusto rispetto a polvere, graffi e ondulazioni anomale dei solchi; e) utilizza innovativi algoritmi di riduzione del rumore *pulendo* – per mezzo di algoritmi di *computer vision* – direttamente la superficie del disco: in questo modo si restituisce il suono originale inciso nel disco e non una sua ricostruzione virtuale (mai realmente esistita) come accade utilizzando i tradizionali metodi di restauro audio basati sull'elaborazione del segnale digitale; f) esegue l'eliminazione delle oscillazioni del *pitch* (*de-wow*) causate da ondulazioni del supporto e dal foro decentrato; g) applica una curva di equalizzazione, opportunamente scelta (in funzione della data di incisione del disco, dell'etichetta discografica, ecc.) da una banca dati creata appositamente. L'uscita del sistema

consiste nei file audio contenenti l'informazione delle diverse tracce contenute nel disco.

Gli archivi discografici, che sinora non hanno avviato attività di trasferimento analogico-digitale potranno, utilizzando *Photos of GHOSTS*, creare copie d'archivio dei dischi fonografici in loro possesso: diversamente dall'equipaggiamento professionale per la conversione analogico/digitale attualmente in uso, l'apparecchiatura per effettuare la ripresa fotografica è poco costosa, non necessita di personale appositamente addestrato e anzi permette di automatizzare almeno parzialmente il processo di digitalizzazione. Inoltre diventa possibile leggere dischi gravemente danneggiati (addirittura rotti, vedi figura a p. 39).

Per quanto riguarda la lettura dei nastri e delle colonne sonore delle pellicole cinematografiche, è necessario effettuare una vera e propria analisi filologica per conoscere i parametri utilizzati in fase di registrazione (equalizzazione, velocità, ecc.) e in base ai quali si dovrebbe effettuare la loro lettura.

In fine si deve studiare accuratamente il protocollo secondo il quale va eseguita la copiatura. Si deve cercare di automatizzare al massimo le procedure in modo da rendere minimo l'impegno degli addetti; contemporaneamente si devono pure documentare accuratamente tutte le operazioni eseguite in modo da conservare una precisa storia della trasmissione del documento sonoro, che consenta di porre rimedio a eventuali inconvenienti che dovessero venire riscontrati in futuro.

La codifica numerica dei segnali deve essere effettuata in base a standard ben consolidati, che assicurino che le copie potranno essere lette in un futuro anche lontano. I dati audio saranno codificati in maniera largamente ridondante, su base mono- o stereo-fonica (solitamente le registrazioni multitraccia vengono archiviate in modalità monofonica, per maggior compatibilità *in avanti*) con campionamento a 24 bit e 96 kHz. Per l'immagazzinamento dei file digitali si è orientati verso l'im-

piego di sistemi costituiti da: (a) per la memorizzazione a lungo termine dovrebbero essere usati nastri magnetici digitali (spesso basati sulla tecnologia *Linear Tape Open*, LTO), contenuti in cassette che ne consentono un'agevole manipolazione e archiviazione da parte di appositi robot; (b) per l'accesso ai documenti più richiesti sono adatti i dischi magnetici ridondati (*Redundant Array of Independent/ Inexpensive Disks*, RAID). È importante adottare un'automazione spinta delle operazioni di *checking* (controllo periodico

Un nastro magnetico deteriorato in modo irreparabile a causa di una perdita di particelle avvenuta durante la sua lettura.



dei dati, per valutare lo stato di conservazione del supporto), di *copying* (processo di duplicazione da effettuarsi prima che il supporto termini la sua aspettativa di vita) e di *migration* (copia sistematica su nuovi equipaggiamenti, da eseguirsi prima che il sistema utilizzato sia dismesso dai produttori, con il conseguente rischio che in caso di rottura vengano a mancare i componenti necessari).

Una volta ottenute le copie conservative rimane il problema relativo alla conservazione dei documenti originali: è bene procedere, se non è già stato fatto in precedenza, a una nuova collocazione in buste appositamente realizzate con PH neutro e con riserva di sostanze antimuffa. Le custodie dei nastri è preferibile siano in acciaio smagnetizzato, così da proteggere il loro contenuto da eventuali campi magnetici esterni. I nastri vanno periodicamente svolti e riavvolti (almeno una volta l'anno) senza leggerli, in condizioni di trazione e velocità opportune.

I magazzini di conservazione devono essere protetti dall'impatto diretto dei gas e del particolato atmosferico: qualche problema può sorgere nei casi di frequente aerazione dei locali, procedura che sovente è effettuata da personale privo delle avvertenze di base per quanto riguarda la conservazione. Per questa ragione, i sistemi di condizionamento dell'aria dovrebbero essere equipaggiati con filtri antipolvere a maglia sufficientemente fine (0,3 mm), inoltre gli ambienti devono essere ricoperti di materiale antistatico facilmente lavabile. L'umidità relativa non deve superare il 30% ed essere stabile: rappresenta il massimo fattore di rischio poiché, oltre a consentire lo sviluppo degli agenti microbiologici – che necessitano di elevati valori di acqua libera per il loro metabolismo – favorisce il degrado chimico, segnatamente quello di idrolisi. Si tenga conto che è tutt'altro che rara la dislocazione di depositi di documenti sonori, in particolare nel caso di materiali di non frequente consultazione, in locali seminterrati nei quali si verificano sovente condizioni ambientali di elevata umidità relativa dovuta, il più delle volte, alla risalita per capillarità delle acque a contatto con le fondazioni. Ricerche in campo biologico attribuiscono particolare rilevanza alla temperatura come fattore di sviluppo di microrganismi: in realtà il calore diviene significativo – tra i fattori di degrado – soprattutto in sinergia con altri parametri, in particolare l'umidità relativa. È opportuno comunque conservare i documenti sonori in ambienti in cui la temperatura si mantenga costante, e compresa tra i 10°C e i 15°C. Per quanto riguarda la luce, le radiazioni ultraviolette determinano il rapido degrado dei materiali organici costituenti le copertine, le etichette, gli allegati cartacei: per l'illuminazione degli archivi è bene quindi usare tubi fluorescenti che non producano radia-

Le curve gialle segnano il rilevamento automatico dei contorni del disco e del foro centrale. In questo caso, la deviazione tra il foro e il centro reale del disco si è rivelata essere di 0,22 cm.



zioni ultraviolette in una quantità superiore a 75 w/lm.

Oltre alla copia conservativa, è necessario produrre, per ogni documento sonoro, almeno un duplicato per la fruizione (copia d'accesso). Quest'ultimo, al contrario della prima, può contenere operazioni finalizzate alla compensazione di alterazioni che il segnale ha subito nel tempo. A differenza delle informazioni grafiche e figurative, che generalmente vanno prima restaurate per provvedere poi alla loro conservazione, le informazioni di tipo acustico conviene vengano elaborate operando su copie (digitali) ottenute da quelle perfettamente corrispondenti all'originale. Questo modo di procedere consente il vantaggio di poter decidere volta per volta quale tipo di approccio restaurativo adottare. Non

è raro il caso infatti che si giunga a effettuare *interpretazioni sonore* di tipo diverso di uno stesso originale, in funzione dello scenario d'ascolto scelto, che può andare dalla sala da concerto (nel caso, ad esempio, di un'opera per nastro magnetico e strumento acustico), all'ambiente domestico (diffusori abbinati ai personal computer, sistemi ad *alta fedeltà* a due o più canali) oppure a situazioni *mobili* (lettori di file digitali, impianti per la riproduzione sonora in automobile).

Restringendo il campo al restauro di registrazioni musicali, dove, contrariamente al caso del recupero dell'intelligibilità del parlato durante una trasmissione vocale in ambiente perturbato, non è richiesto il tempo reale, gli interventi di riduzione del rumore possono: 1) rimanere circoscritti ai casi in cui risulti indiscutibile l'evidenza della corruzione senza mai trascendere il livello tecnologico dell'epoca in cui è avvenuta la registrazione; 2) essere finalizzati a un'edizione commerciale, cercando di accontentare il gusto estetico del pubblico a cui è diretta la pubblicazione (se in passato il restauro *totale* costituiva la regola, negli ultimi anni si è incentivata la prassi della non invasività, secondo lo slogan *prevenire è meglio che restaurare*); 3) porsi l'obiettivo di una ricostruzione storica della registrazione così come veniva ascoltata con l'equipaggiamento dell'epoca (grammofoni, vecchi magnetofoni).

Le esistenze di queste diverse possibilità e, contemporaneamente, dei molti mezzi di fruizione hanno favorito l'attribuzione al restauro di connotati che esso non ha mai avuto. Ciò ha confuso l'attività del restauratore di un'aura ben lontana dalla realtà, in ragione della quale si è verificato, da un verso, l'accorrere verso corsi di restauro audio (talvolta improvvisati da apprendisti informatici con più o meno scarse competenze musi-

cologiche, o viceversa) di schiere di giovani affascinati dall'idea di restituire una nuova vita ai documenti sonori; dall'altro verso, ciò ha contribuito a mantenere il mestiere del restauro in una sorta di ghetto alchemico che poco ha in comune con una moderna attività professionale fondata su una solida preparazione scientifica – nei campi dell'ingegneria dell'informazione, della musicologia e della filologia – cui deve necessariamente coniugarsi una altrettanto robusta esperienza maturata nel quotidiano contatto con i beni culturali musicali. Il degrado a cui va soggetto un segnale audio registrato è costituito da un insieme di disturbi che possono essere sommariamente classificati in due gruppi: rumore di tipo locale (che deteriora un numero limitato di campioni audio consecutivi) e rumore di tipo globale (presente in tutto il segnale e il cui spettro rimane costante o varia molto lentamente nel tempo). I primi sono disturbi impulsivi molto brevi (*tick*), dovuti per lo più a residui granelli di polvere dentro il solco o sulla traccia ottica oppure causati da qualche locale perdita di pasta magnetica del nastro; gli *scratch* e altri disturbi (*pop*, *breakage* e *clipping*) sono pure di tipo impulsivo, ma di durata maggiore. Anche nelle registrazioni digitali è possibile riscontrare alcuni *tick* in seguito a perdite di sincronizzazione (*jitter*) o a errori di scrittura.

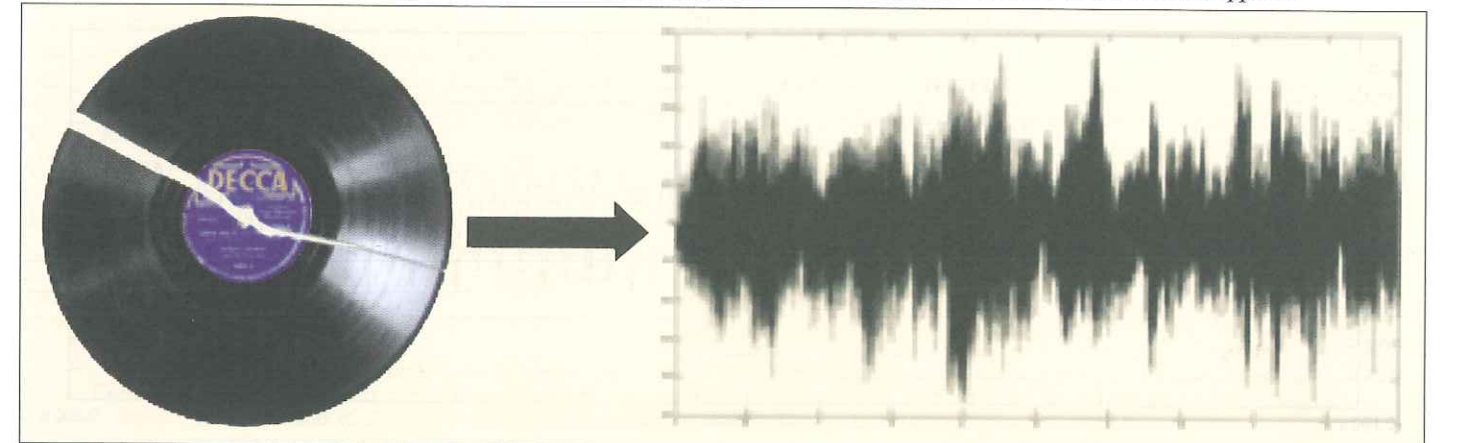
Sono invece comuni a cilindri, dischi, pellicole e nastri magnetici analogici i disturbi riconducibili a rumori a largo spettro, il *wow*, il *flutter* e alcuni tipi di distorsione non lineare, dovute per lo più al sistema di amplificazione e di registrazione a suo tempo adottato.

Per quanto riguarda i *tick* e gli *scratch*, un metodo di restauro spesso utilmente adottato consiste nell'eliminare il tratto di registrazione corrotto sostituendolo con uno nuovo, ricavato mediante algoritmi più o meno sofisticati di predizione del segnale nel tratto soppresso, operanti in base alle caratteristiche del segnale utile precedente o seguente, ovvero presente in altre sezioni del file audio con caratteristiche similari. La maggiore difficoltà di tale metodo consiste forse nell'identificare i disturbi impulsivi da cancellare; per esempio, in una musica

per clavicembalo o per chitarra, il rumore associato con l'eccitazione della corda ha carattere impulsivo e si potrebbe confondere con i rumori da eliminare; un sistema puramente automatico potrebbe giungere a sopprimere entrambi i tipi di rumore, mentre un sistema guidato da un esperto potrebbe richiedere tempi estremamente lunghi (una canzone di un vecchio 78 giri contiene normalmente alcune migliaia di disturbi impulsivi). Una soluzione a questo problema, nel caso di dischi fonografici, è il sistema *Photos of GHOSTS* discusso sopra: la rimozione dei graffi presenti sulla superficie del supporto può avvenire in modo automatico cancellandoli direttamente dalla fotografia, senza che esista quindi il rischio di confondere i disturbi impulsivi con i transitori dei suoni musicali incisi.

Per quanto concerne il rumore a largo spettro, è possibile stimare le sue caratteristiche statistiche durante le pause in cui i segnali acustici utili sono assenti; appositi algoritmi consentono poi di sottrarre dallo spettro dei segnali utili quello del rumore indesiderato. Anche questa è un'operazione delicata che è difficile attuare in modo totalmente automatizzato; le caratteristiche del rumore, infatti, possono mutare durante la registrazione e occorre che un esperto valuti se, quando e come è opportuno aggiornare le caratteristiche degli algoritmi di sottrazione del rumore. Inoltre è tipico di tali algoritmi alterare più o meno lo spettro dei segnali e introdurre talora un ulteriore disturbo, detto *musical noise*, causato dalla grande variabilità statistica del rumore e spesso più avvertibile e fastidioso di quello che si intende eliminare. Anche in questo caso, quindi, un esperto deve decidere il migliore compromesso tra l'eliminazione più o meno spinta del rumore e la conservazione più o meno fedele del segnale restaurato. L'autore di questo articolo ha sviluppato, in collaborazione con altri ricercatori del CSC, un sistema informatico (CARE: Csc Audio REstoration, [8]) basato su algoritmi innovativi in grado di risolvere questo problema e che utilizzano la teoria del filtro di Kalman, una tecnica matematica molto usata sin dagli anni Sessanta nell'avionica per estrarre un segnale da una serie di misure incomplete e/o affetta da incertezze [1].

Acquisizione mediante il software *Photos of GHOSTS* di un disco rotto. La forma d'onda (grafico a destra) appare priva di discontinuità, a dimostrazione che il suono non è affetto da disturbi impulsivi significativi in corrispondenza della corruzione del supporto.



Resta poi il problema della correzione delle distorsioni introdotte dal sistema di registrazione. Se fosse possibile risalire alle caratteristiche di tale sistema risulterebbe agevole progettare un filtro che riesca a correggere lo spettro dei segnali utili in modo da ricondurlo a essere circa uguale a quello dei segnali originari. Talvolta le case discografiche o cinematografiche conservano ancora le apparecchiature usate a suo tempo per le registrazioni e così tutto diviene più facile, consentendo le cosiddette rimasterizzazioni che sovente offrono risultati molto buoni. Spesso invece non si dispone di alcun dato utile e, se si tratta di suoni strumentali, il meglio che si possa fare è confrontare lo spettro dei suoni registrati con quello prodotto attualmente da strumenti uguali cercando di dedurre così le correzioni da apportare alle registrazioni da restaurare. Ma se si tratta della voce di cantanti molto invecchiati o scomparsi, il raffronto tra l'antico e l'attuale risulta impossibile e non resta proprio nulla da fare.

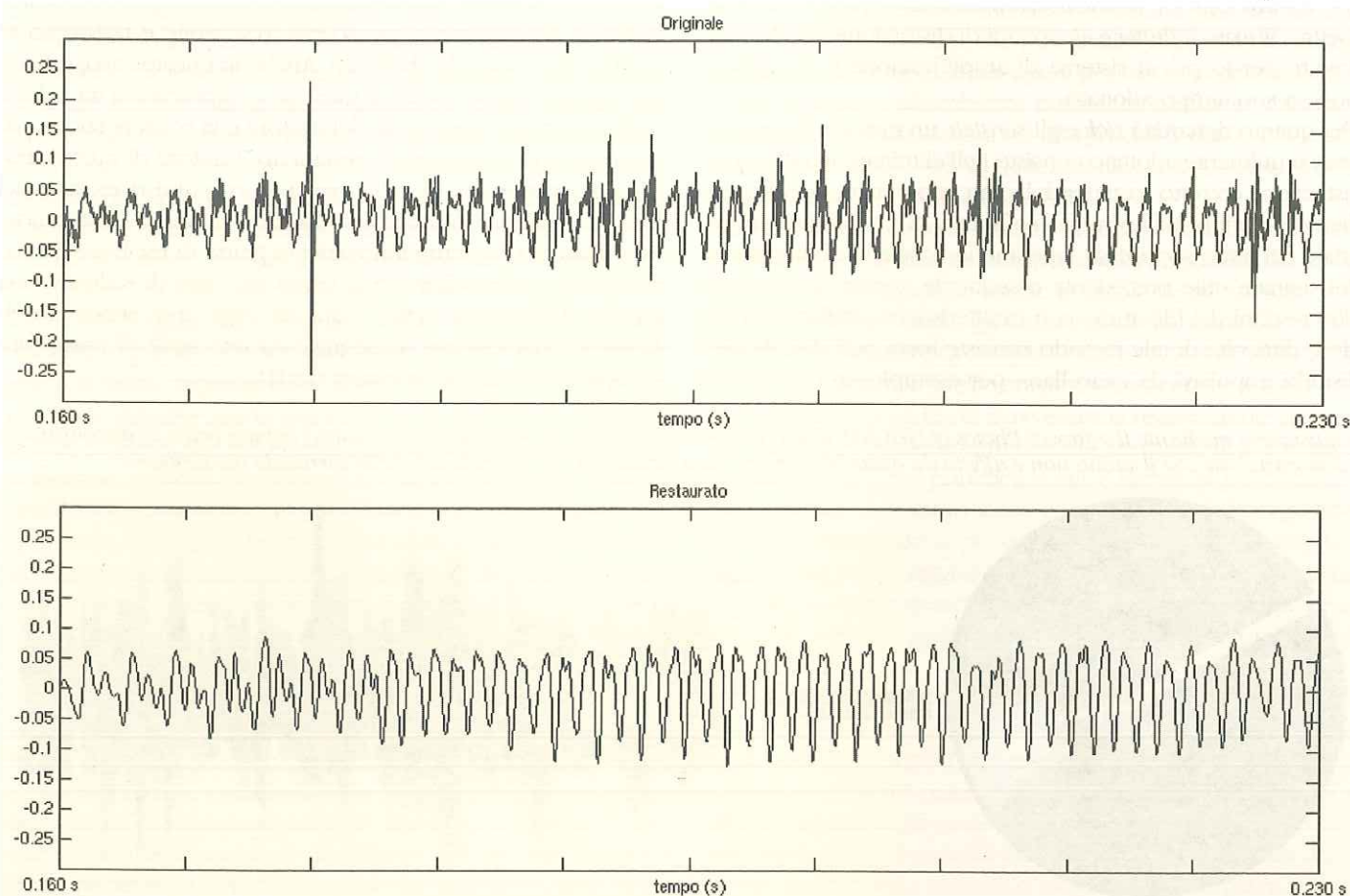
In fine non si deve dimenticare che esistono situazioni nelle quali un restauro può risultare inopportuno. Si pensi, per esempio, alla colonna sonora di un film ove, in qualche scena, venga fatto ascoltare un vecchio disco piuttosto rovinato, con i *click*, gli *scratch* e il fruscio caratteristici: eliminare tali artefatti significherebbe snaturare completamente la scena. La cosa migliore da fare è tentare di sottrarre solamente il rumore (impulsivo o continuo) introdotto dalla stessa colonna sonora. Forse ancora più complesso è il caso di un'opera di musica

elettroacustica dove è davvero arduo la separazione del materiale musicale con caratteristiche inarmoniche, ma scelto intenzionalmente, dei disturbi causati dai tagli, dalle giunte, dalle abrasioni effettuate dal compositore nel corso del montaggio dell'opera su nastro dal rumore di trasmissione. È evidente che solo un operatore molto esperto e sensibile può effettuare felicemente un simile tipo di restauro.

In via del tutto generale si può concludere che il lavoro di restauro può venire svolto in modo automatico solo in occasioni particolari; va comunque commisurato e finalizzato ai risultati che si vogliono raggiungere caso per caso e richiede, oltre a mezzi idonei, pazienza e dispendio di tempo: tutte cose che lo rendono, generalmente, molto costoso. Molti enti con archivi ricchissimi e preziosi trovano molta difficoltà a reperire sufficienti finanziamenti. Lo stesso problema si presenta anche per archivi universitari, quale quello del Centro di Sonologia Computazionale, che dispone di un cospicuo patrimonio di opere musicali realizzate all'elaboratore elettronico a partire dagli anni Sessanta e che si è concordi nel ritenere che occupi ormai una importante posizione nella storia della musica contemporanea.

Presso il CSC si è lavorato molto per la soluzione dei problemi relativi al restauro; si confida di ottenere in tempi brevi le risorse necessarie per poter risolvere, grazie al patrimonio di esperienza acquisito, i complessi problemi connessi con la conservazione dei documenti sonori di musica elettroacustica e delle opere multimediali. Si confida pure che gli enti

Andamento temporale della pressione sonora di un estratto di un brano musicale. Sopra il segnale audio originale; sotto la versione restaurata per mezzo del sistema informatico realizzato al CSC. Sono chiaramente visibili la rimozione del click a 0.17 s e del rumore a larga banda.



Nastro magnetico avvolto correttamente (a sinistra) e in modo errato (a destra). Un'archiviazione impropria del nastro, spesso causata da un sistema di riavvolgimento non perfettamente revisionato, provoca un rapido aumento del deterioramento del supporto, abbreviandone l'aspettativa di vita.

preposti alla salvaguardia dei beni artistici e culturali del nostro Paese dedichino attenzione e risorse adeguate alla conservazione e al restauro dell'immenso patrimonio delle informazioni di tipo acustico.

campo del Sound and Music Computing e di produzione musicale elettroacustica. Ha da sempre svolto ricerche nel campo della conservazione e restauro dei documenti sonori, negli ultimi anni anche in collegamento con il Sound and Music Processing Lab (SaMPL) del Conservatorio «C. Pollini» di Padova, coordinato da Amalia de Götzen e di cui Nicola Bernardini è il responsabile scientifico.

NOTE

- (1) Le operazioni di conservazione dei beni musicali consistono nel complesso delle azioni volte a rallentare gli effetti della degradazione causata dal tempo e dall'uso. Nel campo dei documenti sonori, la conservazione si articola in: (a) passiva, suddivisa a sua volta in indiretta (l'insieme delle azioni che non comportano il coinvolgimento fisico del supporto) e diretta, nella quale il disco viene trattato, senza comunque alterarne struttura e composizione. Nella conservazione passiva indiretta rientrano: la prevenzione ambientale (che si esplica attraverso il controllo dei parametri ambientali che sono, in ordine decrescente di pericolosità per i documenti sonori: umidità relativa, temperatura, inquinamento, luce), la formazione del personale addetto alla conservazione, l'educazione dell'utente. (b) Attiva: trasferimento su nuovi supporti dell'informazione memorizzata nel documento originale.
- (2) La copia conservativa (o copia d'archivio) viene definita dall'International Association of Sound and Audiovisual Archives (IASA) «the artifact designated to be stored and maintained as the preservation master. Such a designation may be given either to the earliest generation of the artifact held in the collection, to a preservation transfer copy of such an artifact, and/or to both such items in the possession of the archive. Such a designation means that the item is used only under exceptional circumstances» (*Guidelines on the Production and Preservation of Digital Objects*. IASA Technical Committee TC-04, 2004).
- (3) Il Centro di Sonologia Computazionale (CSC: <http://csc.dei.unipd.it>) dell'Università di Padova è stato fondato da Giovanni Battista Debiassi nel 1979, il responsabile scientifico è dal 1992 Giovanni De Poli e vanta la direzione artistica di Alvis Vidolin. Il CSC è uno dei più importanti centri di ricerca a livello mondiale nel

BIBLIOGRAFIA

- [1] CANAZZA S. e CASADEI TURRONI MONTI M. (a cura di), *Rimediazione dei documenti sonori*, pp. 695-715, Forum, Udine, 2006. Il libro contiene diversi articoli e una vastissima bibliografia, che non è possibile elencare in questa sede. Si segnalano almeno i saggi di Roberto Calabretto e Angelo Orcalli.
- [2] CANAZZA S., CAMURRI A. e FUJINAGA I., «Ethnic music audio documents: From preservation to fruition», *Signal Processing Journal*, 90 (4), 2010, pp. 977-980.
- [3] CANAZZA S., ORIO N., SNIDARO L. e FORESTI G.L., «Methodologies and tools for audio digital archives», *International Journal of Digital Libraries*, 10 (4), 2009, pp. 201-220.
- [4] JOHNSEN O., STOTZER S., BAPST F., INGOLD R., «Detection of the Groove Position in Phonographic Images», *IEEE International Conference on Image Processing*, settembre 2007. L'articolo contiene interessantissime segnalazioni bibliografiche, che non è possibile elencare in questa sede.
- [5] FADEYEV V., HABER C., «Reconstruction of Mechanically Recorded Sound by Image Processing», *Journal of the Audio Engineering Society*, 51 (12), 2003, pp. 1172-1185.
- [6] CANAZZA S., «The digital curation of ethnic music audio archives: From preservation to restoration Preserving a multicultural society», *International Journal of Digital Libraries*, in pubblicazione, 2011.

Sergio Canazza
è professore aggregato di Fondamenti di Informatica presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Padova e ricercatore del Centro di Sonologia Computazionale (Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione). Collabora con il Sound and Music Processing Lab (Conservatorio «C. Pollini» di Padova) e il Laboratorio AVIRES (Università di Udine), www.dei.unipd.it/~canazza.