



**UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA**



**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

**STORIA DELLE TECNOLOGIE AUDIO:  
DALL' ANALOGICO AL DIGITALE**

**Relatore: Prof. Giulio Peruzzi**

**Laureando: Federico Vescovi**

**ANNO ACCADEMICO 2021 – 2022**

**Data di laurea 21/09/2022**

# Indice

<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPITOLO 1 - Storia dei supporti audio analogici (1857-1925)</b> .....	<b>3</b>
1.1 Supporti audio analogici e loro composizione.....	3
1.2 Il fonografo (solo registrazione).....	4
1.3 Il fonografo di Thomas Edison .....	7
1.4 Considerazioni sugli utilizzi del fonografo .....	9
1.5 Il grafofono .....	11
1.6 Il grammofono di Emile Berliner.....	13
<b>CAPITOLO 2 - Storia delle tecnologie audio elettriche (1925-1945)</b> .....	<b>17</b>
2.1 I primi amplificatori .....	17
2.2 I primi microfoni .....	18
2.2.1 Il microfono a carbone.....	18
2.2.2 Il primo microfono a condensatore .....	19
2.3 I cambiamenti nella società nell'era dell'audio elettrico.....	21
<b>CAPITOLO 3 - Storia delle tecnologie audio magnetiche (1945-1980)</b> .....	<b>23</b>
3.1 Il telegrafo.....	23
3.2 Il magnetofono .....	24
3.3 Gli sviluppi americani .....	26
3.4 Applicazioni delle tecnologie magnetiche .....	28
<b>CAPITOLO 4 - Storia delle tecnologie audio digitali (dal 1980 a oggi)</b> .....	<b>31</b>
4.1 Il funzionamento delle registrazioni digitali .....	31
4.2 I supporti digitali fisici .....	34
4.2.1 Le qualità del CD .....	34
4.2.2 Incisione e riproduzione di un CD .....	35
4.2.3 I Digital Audio Tape.....	36
4.3 I formati audio contemporanei.....	37
<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>41</b>
<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI</b> .....	<b>43</b>

# Introduzione

Al giorno d'oggi il mondo è pervaso dalla tecnologia: è estremamente frequente trovare esempi di dispositivi digitali, e si possono trovare esempi di digitalizzazione persino in oggetti che non dipendano intrinsecamente da essa, o in cose considerate comuni già prima del ventesimo secolo, come frigoriferi, orologi, libri (basti pensare agli e-book), occhiali, etc. Spesso tuttavia passano inosservate tutte le componenti che ognuno di questi dispositivi moderni deve integrare all'interno di esso per riuscire a offrire la migliore esperienza possibile all'utente. Trascuriamo inoltre come ciascuna di queste componenti sia andata attraverso a diversi passaggi critici per riuscire ad essere efficacemente assimilata in un dispositivo digitale. Dietro ad ogni piccola innovazione di successo difatti ci sono file e file di scienziati, meccanici e imprenditori che hanno inventato, costruito, miniaturizzato e distribuito queste ultime perché potessero in qualche modo dare dei benefici alle nostre vite. In questa tesi discuterò un filone di queste innovazioni: le tecnologie di registrazione e riproduzione audio.

Riprendendo ciò che ho appena detto è evidente come non sia comune farsi domande su quali siano state le innovazioni, le vicende storiche, i fallimenti ed i successi che hanno dato origine alla qualità audio praticamente cristallina con la quale interagiamo oggi, ma ciò non vuol che queste siano nondimeno importanti o che non possano offrirci qualche insegnamento. È altresì impossibile trovare un'unica fonte riguardante tali tecnologie in grado di restituire fedelmente e dettagliatamente una completa storia dell'audio, specialmente in italiano. Dunque, essendo molto interessato all'argomento e notando la scarsità di lavori completi ho pensato di effettuare un lavoro che potesse sia dare un percorso logico delle scoperte sonore, sia metterle a confronto fra di loro.

Gli scopi di questa tesi sono dunque i seguenti. In primo luogo vuole mostrare dettagliatamente l'evoluzione delle tecnologie audio, analizzando da un punto di vista storico-scientifico gli strumenti realizzati per registrare e riprodurre onde sonore nel corso dei decenni passati. In secondo luogo la tesi vuole dare un'idea dell'impatto socio-culturale che queste innovazioni portarono alla società nella loro epoca. Infine analizzando brevemente i miglioramenti che ogni supporto audio ha portato alla riproduzione sonora, vorrei fare una comparazione delle capacità dei principali dispositivi presi in considerazione, analizzando quali siano gli svantaggi e i vantaggi dell'ascolto tramite gli odierni strumenti digitali.

La tesi verrà suddivisa in quattro differenti sezioni, che copriranno i diversi fenomeni fisici sfruttati per registrare e riprodurre suoni e che presenteranno le principali innovazioni sonore effettuate dalla metà dell'Ottocento ai giorni nostri.



# Capitolo 1

## Storia dei supporti audio analogici (1857-1925)

### 1.1 Supporti audio analogici e loro composizione

Per mostrare come si sia arrivati ai dispositivi sonori moderni è necessario partire dal principio e analizzare approfonditamente il funzionamento dei primi apparecchi audio. I supporti analogici vennero utilizzati e diffusi fra il 1857, data in cui venne costruito il primo dispositivo di registrazione, e il 1925, quando la maggior parte delle case discografiche americane iniziò a registrare utilizzando i microfoni a condensatore, ed erano sostanzialmente caratterizzati da metodi di riproduzione e registrazione interamente meccanici.

In quest'epoca la registrazione era fatta generalmente tramite:

- un corno, per catturare il suono nell'ambiente circostante e canalizzare le onde sonore;
- un diaframma, collegato all'estremità del corno, in grado di vibrare alla ricezione di suono;
- un qualche tipo di utensile collegato al diaframma, generalmente con una punta, per scrivere o incidere su un materiale esterno.

Il funzionamento diventerà più chiaro analizzando i singoli dispositivi, a ogni modo è utile fare qualche osservazione già da subito.

Le modifiche più rilevanti effettuate durante questo periodo sono state fatte sul tipo di utensile e sul mezzo/materiale sul quale questo andava a incidere. Inoltre proprio questo utensile è stato utilizzato in diverse maniere e conviene già ora fare un distinguo fra i diversi approcci di incisione: quello orizzontale e quello verticale (o meglio perpendicolare). Il primo tipo era costituito da un taglio laterale dell'oggetto sul quale si desiderava incidere (carta, vetro, carta stagnola, cera, etc.) dove l'informazione acustica era data dalla distanza dalla quale si spostava orizzontalmente lo stilo. Il secondo metodo, il taglio verticale, consisteva nel creare dei solchi nel materiale, dove l'informazione era invece data dalla profondità del taglio.

In generale lo spettro di frequenza dei supporti analogici era molto ristretto e per la mancanza di amplificazione molto spesso le persone erano costrette a urlare per poter successivamente sentire qualcosa di udibile in fase di riproduzione, inoltre era inevitabile la presenza di fruscii

di sottofondo dovuti alla qualità ancora mediocre dei metodi di registrazione e dei materiali utilizzati.

È ragionevole fornire più informazioni a riguardo a queste scoperte e partire dunque dalla prima registrazione mai eseguita nella storia, così da discutere la catena di eventi alla quale questa diede origine.

## 1.2 Il fonautografo (solo registrazione)

L'esecutore della prima registrazione fatta dall'uomo fu Édouard-Léon Scott de Martinville, un nobile francese vissuto fra il 1817 ed il 1879, che di professione lavorava come editore e tipografo di manoscritti presso una casa editrice scientifica a Parigi. Il lavoro di stampatore non era particolarmente remunerativo, ma gli diede la possibilità di entrare in contatto con i diversi resoconti degli ultimi sviluppi tecnologici e delle ultime scoperte scientifiche. Proprio questa ricca fonte di informazione lo portò a ideare, inventare, e poi brevettare nel 1857, la prima macchina capace di registrare audio: il *fonautografo*.



**Figura 1.1** Édouard-Léon Scott de Martinville ritratto in  
*Les Merveilles de la science* di Louis Figuier

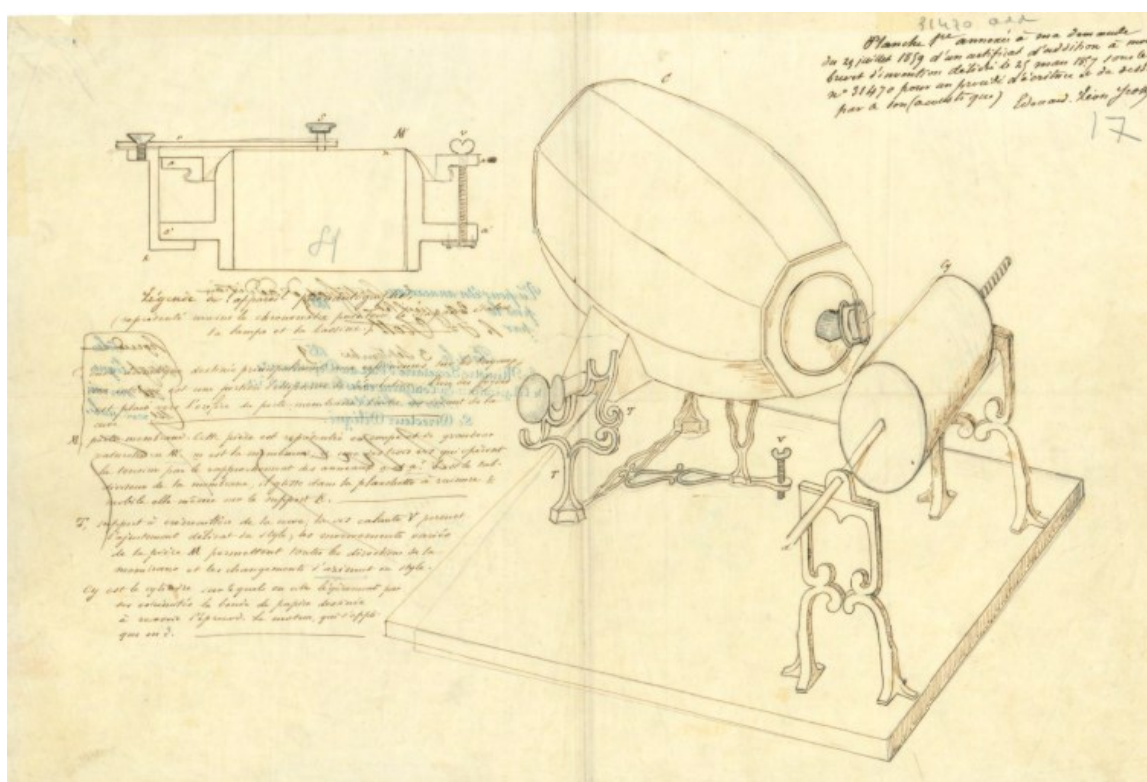
L'obiettivo di Scott de Martinville era quello di costruire un “apparato che raccogliesse e consolidasse i suoni presenti nell’aria, basato sul modello dell’orecchio umano”<sup>1</sup>. La sua idea era quella di progettare uno strumento che potesse fissare i suoni allo stesso modo con il quale

---

<sup>1</sup> <http://www.firstsounds.org/research/scott.php>

la fotografia poteva fissare le immagini, egli stesso a maggior ragione definì la sua intuizione come “la imprudente idea di fotografare il mondo”<sup>2</sup>.

La prima parte di questo strumento innovativo era composta da tre oggetti fra loro connessi: un corno, con lo scopo di raccogliere il suono presente nello spazio, un diaframma, in grado di vibrare alla ricezione di onde sonore da parte del corno, e una spatola rigida. La seconda parte era invece costituita da un cilindro rotante ricoperto da una carta annerita con nerofumo<sup>3</sup> (era possibile utilizzare anche legno o vetro, sempre anneriti). All’arrivo di un’onda sonora la vibrazione del diaframma metteva in oscillazione la spatola, che marcava orizzontalmente le onde sonore originarie sulla carta del cilindro rotante. Questi fogli con inscritte le onde sonore presero il nome di *fonoautogrammi*.<sup>4</sup>



**Figura 1.2** Schizzo del fonoautografo presente nei fogli di progetto di Scott de Martinville<sup>5</sup>

L’aspetto più strano, e anche più critico, dell’apparecchio di Scott de Martinville era proprio il fatto che non fu pensata la possibilità di riprodurre i messaggi sonori registrati, questo significa

<sup>2</sup> <https://www.nps.gov/edis/learn/historyculture/origins-of-sound-recording-edouard-leon-scott-de-martinville.htm>

<sup>3</sup> <https://www.nps.gov/edis/learn/historyculture/origins-of-sound-recording-edouard-leon-scott-de-martinville.htm>

<sup>4</sup> Édouard-Léon Scott de Martinville, *Le Problème de La Parole s’Écrivant Elle-Même*, first sounds facsimile n.8, dalla copia nella collezione di Laurent Scott de Martinville, Introduzione

<sup>5</sup> Immagine presa da [https://www.firstsounds.org/publications/facsimiles/FirstSounds\\_Facsimile\\_02.pdf](https://www.firstsounds.org/publications/facsimiles/FirstSounds_Facsimile_02.pdf)

che all'epoca la sua utilità pratica era sostanzialmente nulla. Nel 2008<sup>6</sup> un gruppo di storici dell'audio chiamati Firstsounds è riuscito a trovare diverse registrazioni fatte dallo stesso Martinville, queste sono state successivamente riprodotte con gli strumenti odierni, confermando che il fonautografo dell'epoca era effettivamente funzionante e piuttosto preciso, tanto da riuscire a riconoscere voci e melodie registrate tramite esso. Tali registrazioni sono state riconosciute come le prime registrazioni che l'umanità ha della propria voce.<sup>7</sup>

Scott de Martinville all'epoca decise di brevettare la sua invenzione, che, nonostante non ebbe il successo sperato nel mondo commerciale, divenne molto rilevante nella comunità scientifica gettando le basi per lo sviluppo dello studio dell'acustica. Il nobile continuò quindi a fare lo stampatore per il resto della sua vita e non ricevette nessun tipo di riconoscimento nemmeno dopo che Thomas Edison nel 1877 annunciò il suo fonografo, un dispositivo con funzioni simili al fonautografo.<sup>8</sup> La sua eredità culturale non è stata tuttavia trascurata in tempi recenti: il 9 ottobre 2015 infatti l'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'educazione, la scienza e la cultura (UNESCO) ha inserito i fonogrammi e manoscritti di Édouard-Léon Scott de Martinville nel suo registro “*Memorie del mondo*”<sup>9</sup>.

Lo strumento inventato da Scott de Martinville diede inizio a diversi progetti e prototipi di apparecchi simili. Un esempio rilevante di progetto fu quello di Charles Cros, connazionale di Scott de Martinville, che studiò un modo per risolvere il problema di riproduzione audio dell'apparecchio inventato da quest'ultimo. L'idea di Cross era di utilizzare la variante del fonautografo di Scott de Martinville con scrittura su vetro annerito, e di fotoincidere tale vetro in modo da produrre delle linee in rilievo che potessero essere successivamente utilizzate per riprodurre i suoni registrati. Questo apparecchio venne da lui denominato “*paleofono*”. Cros diede una copia dei suoi studi all'Académie des Sciences di Parigi il 30 aprile 1877, tre mesi prima che Edison inventasse il Fonografo, ma non realizzò mai un prototipo funzionante per motivi di carattere economico e dedicò la sua vita a campi diversi dalla registrazione sonora.<sup>10</sup>

---

<sup>6</sup> <https://www.firstsounds.org/sounds/index.php>

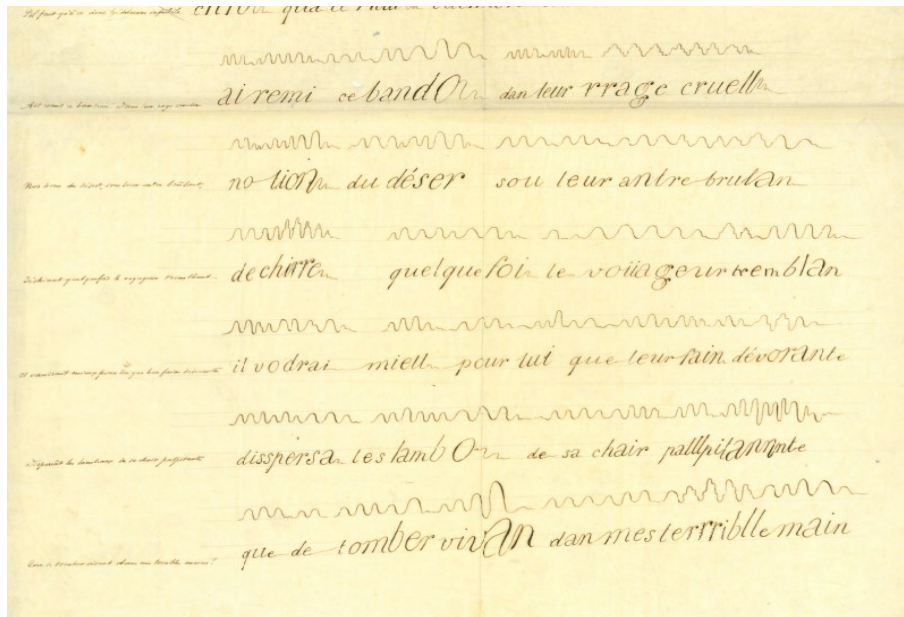
<sup>7</sup> <http://www.firstsounds.org/nrr/index.php>

<sup>8</sup> Guy, A. Marco (1993). *Encyclopedia of recorded sound in the United States*. Garland Publishing, New York (U.S.A.), p. 615.

<sup>9</sup> <http://www.firstsounds.org/nrr/index.php>

<sup>10</sup> <https://www.britannica.com/biography/Charles-Cros>





**Figura 1.3** Alcune frasi e le loro relative onde sonore cartacee trascritte da Scott de Martinville<sup>11</sup>

### 1.3 Il fonografo di Thomas Edison

Il *fonografo*, progettato da Thomas Alva Edison, fu il primo dispositivo realizzato nella storia in grado sia di registrare che di riprodurre suoni. Edison ideò questo macchinario perché potesse affiancare e migliorare due sue altre invenzioni: il telegrafo ed il telefono. Il suo obiettivo era infatti quello di costruire una macchina che potesse efficacemente trascrivere i messaggi telegrafici ricevuti in modo tale da poterli ritrasmettere eventualmente in un secondo momento, potenzialmente più di una volta.

Nel fonografo di Edison, a differenza del fonautografo illustrato in precedenza, il diaframma era collegato a una punta di incisione che, tramite vibrazione, veniva pressata contro della carta paraffinata messa in costante rapido movimento, riuscendo così tramite un'incisione verticale a restituire un messaggio sonoro. Un fonografo funzionante era quindi costituito da due unità: una usata per la registrazione, l'altra per la riproduzione e ognuna di queste era composta da un proprio diaframma e una propria punta di incisione.

Nella versione definitiva della macchina, la carta paraffinata venne sostituita con un cilindro metallico avvolto da carta stagnola, in grado di restituire una qualità sonora più fedele.<sup>12</sup>

Il primo fonografo funzionante fu realizzato dal meccanico di Edison, John Kruesi, in sole 30 ore: l'operazione ebbe successo e la macchina venne ufficialmente brevettata il 19 febbraio 1878. Edison una volta constatata la funzionalità della sua invenzione decise di portarla negli uffici di *Scientific American* a New York e di mostrarla al personale. Il numero del 22 dicembre 1877

<sup>11</sup> Immagine presa da [https://www.firstsounds.org/publications/facsimiles/FirstSounds\\_Facsimile\\_02.pdf](https://www.firstsounds.org/publications/facsimiles/FirstSounds_Facsimile_02.pdf)

<sup>12</sup> <https://www.loc.gov/collections/edison-company-motion-pictures-and-sound-recordings/articles-and-essays/history-of-edison-sound-recordings/history-of-the-cylinder-phonograph/>

di *Scientific American* riportò le seguenti parole: "Il signor Thomas A. Edison è recentemente entrato in questo ufficio, ha posizionato una piccola macchina sulla nostra scrivania, ha girato una manovella e la macchina ha chiesto informazioni sulla nostra salute, ha chiesto se ci piacesse il fonografo, ci ha informato che era molto bello e ci ha augurato una cordiale buona notte"<sup>13</sup>. L'interesse fu notevole, l'invenzione venne discussa in diversi giornali newyorkesi e successivamente anche in diverse altre testate americane.

L'invenzione di Edison ebbe in definitiva un considerevole successo, tuttavia erano evidenti dei sostanziali difetti che le impedirono di raggiungere il suo pieno potenziale commerciale:

- il fonografo era una macchina difficile da usare per via della delicatezza necessaria e per la fragilità delle sue componenti e servivano degli esperti per utilizzarla a modo;
- il cilindro avvolto con carta stagnola permetteva di registrare solo per meno di due minuti;
- la carta stagnola era in grado di resistere solo a poche riproduzioni;
- la qualità di riproduzione era molto bassa per via della natura della carta stagnola, che era la causa di una generale mancanza di nitidezza nell'articolazione dei suoni riprodotti. In particolare certe consonanti perdevano più qualità rispetto ad altre, rendendo praticamente impossibile riconoscere le frasi in uscita senza conoscere il contenuto inciso in origine.<sup>14</sup>

Visti questi problemi Edison, famoso per le sue doti imprenditoriali, finì per sospendere temporaneamente la ricerca di miglioramenti al fonografo per dedicare le sue energie all'invenzione ed alla commercializzazione della lampada a incandescenza.

Lo stesso Edison rivelò questo suo disinteresse nel numero del *Scientific American* del 27 ottobre 1887, dove disse "Ho finito il primo fonografo più di 10 anni fa. È rimasto più o meno un giocattolo. Il germe di qualcosa di meraviglioso era perfettamente visibile, ma ho provato l'impossibile e quando il business dell'illuminazione elettrica ha assunto importanza commerciale, ho gettato tutto in mare per quello".

Sebbene la principale funzione che inizialmente Edison pensò per il fonografo fosse quella di sostituire il lavoro degli stenografi, i difetti già discussi, specialmente quelli riguardanti la qualità audio, non permisero alla sua invenzione di avere successo negli uffici americani.

---

<sup>13</sup><https://www.loc.gov/collections/edison-company-motion-pictures-and-sound-recordings/articles-and-essays/history-of-edison-sound-recordings/history-of-the-cylinder-phonograph/>

<sup>14</sup>The American Catholic Quarterly Review, Jan. 1889

Il fonografo coinvolse invece una fascia di mercato dall'imprenditore inaspettata, divenendo principalmente utilizzato come oggetto di intrattenimento in spettacoli appositi oppure in alcuni luoghi comuni, come nei luna park e nelle strade, dove poteva essere utilizzato pagando rispettivamente in gettoni e in monete, anticipando quindi l'idea dei juke-box.<sup>15</sup> Edison tentò di integrare il fonografo anche nel mercato dei giocattoli per bambini, creando una serie di bambole fonografiche, tuttavia la generale fragilità del dispositivo e la pessima qualità audio resero questo investimento un fallimento.<sup>16</sup> Numerosissimi clienti riportarono i giocattoli per via di malfunzionamenti del fonografo e ancor di più li restituirono per l'inquietudine provocata dalle registrazioni stesse.



**Figura 1.4** Una Edison's Phonograph Doll, bambola con all'interno un fonografo miniaturizzato<sup>17</sup>

#### 1.4 Considerazioni sugli utilizzi del fonografo

È sempre interessante osservare come grandi invenzioni e scoperte vengano viste prima e dopo la loro distribuzione nel mercato. In particolare Thomas Edison presentò nel giornale *North*

<sup>15</sup><https://www.smithsonianmag.com/arts-culture/phonograph-changed-music-forever-180957677/>

<sup>16</sup><https://www.smithsonianmag.com/smithsonian-institution/epic-failure-thomas-edisons-talking-doll-180955442/>

<sup>17</sup>Fonte: National museum of American History

*American Review* di giugno 1878, appena 6 mesi dopo la riuscita del primo prototipo, i seguenti 10 possibili utilizzi futuri del fonografo<sup>18</sup>:

1. scrittura di lettere e dettatura senza alcun aiuto da parte di uno stenografo;
2. libri fonografici, che possano apprezzare le persone cieche senza che ci siano sforzi da parte loro;
3. l'insegnamento dell'elocuzione;
4. riproduzione di musica;
5. il "Disco di Famiglia" un registro dei modi di dire, delle reminiscenze, ecc., dei membri di una famiglia con la loro voce, e delle ultime parole dei familiari non più presenti;
6. giocattoli con funzione musicale;
7. orologi in grado di annunciare con parole articolate quando sia l'ora di andare a casa, andare ai pasti, ecc.;
8. la conservazione delle lingue mediante la riproduzione del modo corretto di pronunciare determinate parole o frasi;
9. finalità educative; come conservare le spiegazioni fatte da un insegnante, in modo che l'allievo possa farvi riferimento in qualsiasi momento, oppure registrare i dettati o altre lezioni sul fonografo in modo tale che lo studente si possa concentrare maggiormente sulla memorizzazione;
10. collegamento con il telefono, in modo da rendere il fonografo uno strumento ausiliario in grado di restituire registrazioni permanenti e inestimabili, al posto di comunicazioni momentanee e fugaci.

Facendo un parallelismo con la tecnologia digitale attuale è possibile vedere come molti di questi punti si siano effettivamente sviluppati in modo piuttosto efficace negli ultimi anni e quanto fosse accurato l'intuito visionario di Edison.

**Tabella 1.1** *Paragone fra le idee di Edison sul futuro del fonografo e ciò che è realmente accaduto nella società moderna*

<b>Idee di Edison</b>	<b>Risultati ottenuti dalle tecnologie attuali</b>
Scrittura di lettere e dettatura senza alcun aiuto da parte di uno stenografo	Dettatura tramite assistente vocale dello smartphone
Libri fonografici	Audiolibri

<sup>18</sup> <https://www.loc.gov/collections/edison-company-motion-pictures-and-sound-recordings/articles-and-essays/history-of-edison-sound-recordings/history-of-the-cylinder-phonograph/>

<b>Idee di Edison</b>	<b>Risultati ottenuti dalle tecnologie attuali</b>
Insegnamento dell'elocuzione	Sicuramente presente, ma non è una funzionalità audio che viene utilizzata comunemente.
Riproduzione di musica	Ogni applicazione presente nel nostro smartphone
Disco di Famiglia	Oggi è più comune trovare questa funzione di tipo familiare in un video
Giocattoli con funzione musicale	Piuttosto comune nel mercato dei giocattoli
Orologi per scandire la giornata	Assistenti digitali e promemoria
Preservazione delle lingue	Diversi dizionari ed enciclopedie online indicano e danno la possibilità di sentire la corretta pronuncia delle parole
Finalità educative	Moltissimi studenti registrano le lezioni alle quali assistono per poter riascoltare nuovamente certe sezioni
Registrazione di messaggi telefonici	È stata efficacemente compiuta tramite la segreteria telefonica del nostro telefono

## 1.5 Il grafofono

Nel periodo in cui Edison prese una pausa dallo sviluppo di migliorie del fonografo, si presentarono nuovi concorrenti nel mercato del fonografo. Uno di questi concorrenti, in particolare, è costituito da un trio di collaboratori formato da Alexander Graham Bell, ingegnere e inventore del telefono, suo cugino Chichester A. Bell, un ingegnere chimico, e Charles Sumner Tainter, uno scienziato specializzato nella creazione di strumenti di tipo scientifico.

Questi lavorarono a partire dal 1880 sul fonografo di Edison, e riuscirono infine ad apportare due sensibili miglioramenti alla sua idea: innanzitutto introdussero la cera (cilindri in cartone cerato) come sostituto della carta stagnola, che portò ad una maggiore fedeltà del suono e un più lungo periodo di registrazione.<sup>19</sup> Successivamente rimpiazzarono l'ago del fonografo con uno stilo fluttuante, così da incidere con meno pesantezza le registrazioni e restituire un suono con meno disturbi. C. A. Bell e Tainter brevettarono la loro macchina il 4 maggio del 1886 dandole il nome di *grafofono*. I due provarono in seguito a contattare Edison per discutere una possibile collaborazione, ma Edison rifiutò convinto di poter migliorare la sua opera da solo.

<sup>19</sup><https://www.bac-lac.gc.ca/eng/discover/films-videos-sound-recordings/virtual-gramophone/Pages/history-recorded-sound.aspx>

Infatti, vedendo i miglioramenti effettuati da parte di Bell e Tainter decise di adottare lui stesso i cilindri di cera dando vita ad un suo nuovo modello chiamato “*New Phonograph*”.<sup>20</sup> È proprio in questo periodo che, mediante l'utilizzo della cera, Edison diede sfogo alla sua creatività e trovò gli impieghi più particolari al suo fonografo, fra cui le bambole ed i fonografi-jukebox (*coin-slot phonographs*) discussi in precedenza, mettendo da parte la sua idea di fonografo come strumento da ufficio. Nella **Figura 1.5** si possono vedere diversi modelli di fonografo realizzati da Edison dopo che iniziò a sostituire la carta stagnola con la cera.

<b>EDISON PHONOGRAPHS</b>	
<b>SPRING MOTOR</b>	
THE GEM, plays the Standard Record.....	\$10.00
THE STANDARD, plays the Standard Record.....	20.00
THE HOME, plays the Standard Record.....	30.00
THE TRIUMPH, plays the Standard Record.....	50.00
THE CONCERT, plays the Concert Record.....	75.00
<b>ELECTRIC</b>	
THE VICTOR (Battery), Standard Record.....	\$60.00
THE CONQUEROR (Direct Current), Standard Record .....	75.00
THE OPERA (Battery), Concert Record .....	85.00
THE ORATORIO (Direct Current), Concert Record .....	100.00
<b>COIN-SLOT</b>	
THE BIJOU (Spring Motor), Standard Record.....	\$30.00
THE EXCELSIOR (Spring Motor), Standard Record .....	50.00
THE IMPERIAL (Battery), Standard Record .....	125.00
THE REGAL (Direct Current), Standard Record.....	125.00
THE CLIMAX (Spring Motor), Concert Record.....	125.00
THE AJAX (Battery), Concert Record.....	150.00
THE VULCAN (Direct Current), Concert Record..	150.00
Fully described in Coin-Slot Catalogue	
<p>Every Edison Phonograph bears my signature; without it no machine is genuine</p> <p style="text-align: right;">Thomas A. Edison</p>	

**Figura 1.5** Listino prezzi dei vari fonografi di Edison presenti

<sup>20</sup><https://www.loc.gov/collections/edison-company-motion-pictures-and-sound-recordings/articles-and-essays/history-of-edison-sound-recordings/history-of-the-cylinder-phonograph/>

## **1.6 Il grammofono di Emile Berliner**

Nonostante gli innumerevoli sforzi da parte dei loro creatori, né il fonografo, né il grafofono ebbero un grande successo. Un inventore tedesco naturalizzato statunitense, residente in Washington D.C., riuscì a individuare tre specifiche caratteristiche che limitavano sensibilmente le potenzialità di entrambi questi due strumenti: l'utilizzo della cera, l'approccio di incisione verticale e la forma cilindrica del supporto di registrazione.

Innanzitutto, benché fosse sicuramente un grande miglioramento rispetto alla carta stagnola, la cera era un materiale troppo morbido per poter fare delle registrazioni permanenti, la vita di una registrazione infatti superava molto di rado il centinaio di riproduzioni. In secondo luogo, secondo Berliner anche l'approccio a incisione verticale era da rivedere, questo perché le scanalature a profondità variabile formate da questo taglio spesso non erano abbastanza profonde da impedire allo stilo di riproduzione di avere dei movimenti orizzontali non desiderati lungo superficie del cilindro. Al contrario, incidendo orizzontalmente la traccia su una scanalatura a profondità costante e sufficientemente profonda lo stilo non avrebbe avuto modo di uscire dalla traccia registrata. Infine, Berliner ebbe l'idea di rimpiazzare i classici cilindri usati finora dai suoi concorrenti con un formato nuovo, compatto, facile da lavorare e più efficiente: i dischi.<sup>21</sup>

Berliner, per risolvere questi problemi, fece un passo indietro e decise quindi di studiare l'unico altro strumento dell'epoca che avesse implementato un metodo alternativo al taglio verticale: il fonoautografo di Scott de Martinville. Berliner impiegò i suoi sforzi per riprodurre una copia di questo strumento, con in mente l'obiettivo di trovare un modo per riprodurre l'audio che veniva inciso sul cilindro di vetro. Egli proseguì facendo diversi tentativi con delle tecniche di fotoincisione, (esattamente come propose di fare Charles Cros nel 1877, di cui Berliner non poteva ad ogni modo essere a conoscenza) ma, sfortunatamente, il vetro annerito si rivelò molto complesso da trattare in questa maniera e l'inventore dovette passare di conseguenza all'utilizzo di tecniche di tipo chimico.

Dopo numerosi esperimenti, Berliner riuscì a identificare un processo chimico erosivo efficace con il quale produrre un disco che sfruttasse la tecnica incisione orizzontale, questo si suddivise nei seguenti passaggi. Per prima cosa si prendeva un disco di zinco e lo si rivestiva con una miscela di cera d'api e benzina. Successivamente la traccia veniva registrata tramite incisione orizzontale su questo nuovo disco, veniva inoltre applicata della vernice sul retro di quest'ultimo. Infine il disco veniva immerso in un acido che, dopo un variabile quantitativo di

---

<sup>21</sup> <https://www.loc.gov/collections/emile-berliner/articles-and-essays/gramophone/>

tempo, incideva la traccia registrata direttamente sullo strato di zinco iniziale. Emile Berliner battezzò l'intero processo con il nome di "grammofono", anche se in seguito questo nome venne usato per riferirsi nello specifico alla macchina in grado di riprodurre i dischi fonografici derivanti da questo processo. È importante notare come, a differenza dei metodi utilizzati in precedenza, nel grammofono l'operazione di scrittura era completamente differente da quella di riproduzione e che la difficoltà dei metodi appena descritti non permise più ai consumatori di registrare le proprie tracce, ma questo non si mostrò un fattore così rilevante per il pubblico.

Berliner brevettò il suo processo l'8 novembre 1887 e dedicò i successivi anni della sua carriera a migliorarlo, in particolare, riuscì ad esempio a trovare un modo per produrre diverse copie a partire da un determinato disco. Per prima cosa era necessario galvanizzare (ricoprire con metalli particolarmente resistenti alla corrosione) il disco originale. Successivamente era necessario immergere il tutto in un acido specifico che, corrodendo il disco interno, forniva un negativo dal quale era possibile produrre centinaia di dischi, ampliando così enormemente gli orizzonti economici e sociali dell'invenzione del grammofono. Sarà necessario arrivare al 1901 perché Edison trovi un metodo per produrre in massa i cilindri di cera, ma ad ogni modo non sarà sufficiente per competere con il formato del disco e con i vantaggi che questo offriva.

In aggiunta, Berliner negli ultimi anni del diciannovesimo secolo provò diversi materiali sui quali basare la sua produzione di dischi: inizialmente pensò di utilizzare la celluloido, tuttavia questa si rivelò troppo delicata per sostenere le ripetute pressioni messe in gioco dallo stilo metallico del grammofono; successivamente passò ad un tipo di gomma dura, che, nonostante costituisse un grande miglioramento rispetto alla celluloido e nonostante gli permettesse di produrre dischi per diversi anni, presentava ancora diversi difetti acustici sulle tracce incise; infine, nel 1895, si rivolse ad una azienda chiamata "*Duranoid Company*", che realizzava componenti elettriche utilizzando un composto in gommalacca. Una volta viste le prestazioni di questo materiale firmò un accordo per utilizzarlo per produrre i dischi, inaspettatamente questo divenne lo standard per più di 50 anni.

I vantaggi del grammofono e dei suoi dischi erano parecchi rispetto agli alternativi cilindri di cera dei concorrenti. Per fare un chiaro paragone conviene riassumerli nella tabella sottostante.



**Tabella 1.2** *Confronto fra grammofono e i suoi principali concorrenti commerciali*

<b>grammofono</b>	<b>grafofono e fonografo</b>
Registrazioni robuste grazie all'utilizzo di gomma dura e di gommalacca	Registrazioni inaffidabili per via dell'utilizzo della cera
Incisione orizzontale	Incisione verticale
Possibilità di effettuare potenzialmente infinite copie di un disco con abbastanza facilità	Complicati modi di effettuare diverse copie di un cilindro che vennero sviluppati solo nel 1901
Dischi compatti e non ingombranti	Cilindri fonografici voluminosi che richiedevano un contenitore apposito per essere conservati con cura.
Spazio al centro del disco dove veniva scritto il nome della traccia musicale e gli autori	Impossibilità di riportare il nome della traccia musicale sul cilindro. Questo veniva scritto su un foglietto separato messo all'interno del contenitore del cilindro. Spesso veniva perso.
Nessun tipo di possibilità per il cliente di registrare le proprie tracce	Possibilità per il cliente di registrare le proprie tracce

È chiaro come queste grandi differenze diedero al grammofono una grandissima popolarità e costrinsero gli sviluppatori del grafofono e del fonografo ad aggiornare le proprie tecnologie (ad esempio passando a loro volta ai dischi), per poter mantenere una chance contro questo nuovo competitor.



# Capitolo 2

## Storia delle tecnologie audio elettriche (1925-1945)

### 2.1 I primi amplificatori

I primi decenni del ventesimo secolo furono caratterizzati da numerosissimi avanzamenti tecnologici e da altrettante numerose nuove scoperte nei più disparati ambiti della società. Le tecnologie audio vennero naturalmente influenzate a loro volta, infatti, i metodi analogici illustrati nella precedente parte della tesi vennero in questi anni gradualmente affiancati a strumentazioni elettriche in grado di migliorare la qualità di specifiche sezioni del processo di riproduzione. D'altro canto, il processo di registrazione pensato da Berliner rimase pressappoco invariato durante questi due decenni, anche se divenne gradualmente meno utilizzato a causa dello sviluppo commerciale dei primi microfoni elettrici.

L'idea di usare l'elettricità per produrre delle registrazioni vocali non era nuova: lo stesso Thomas Edison aveva provato in precedenza a utilizzare i segnali elettrici emessi da un telefono per registrare le conversazioni avvenute attraverso quest'ultimo, ma a causa della bassa intensità di questi segnali la sua idea si rivelò sostanzialmente inefficace. Le registrazioni prodotte elettricamente infatti risultavano troppo deboli e non erano in grado di reggere il paragone con quelle fatte tramite metodi analogici.<sup>22</sup>

Tutto cambiò nel 1906, quando Lee de Forest, un ingegnere interessato alle scienze elettriche e alle comunicazioni wireless, inventò il primo amplificatore elettrico: l'*Audion*.<sup>23</sup> Questo era un apparecchio composto da tre elementi racchiusi in un tubo di vetro con del vuoto pompato all'interno: un catodo elettricamente negativo in grado di emettere elettroni, un anodo elettricamente positivo, ed una particolare maglia metallica fra i due. Lee de Forest scoprì che una piccola variazione di carica nella maglia era fonte di un grande flusso di elettroni fra catodo e anodo. Dunque, ad una piccola variazione conseguiva un effetto maggiore, o in altre parole, amplificato.<sup>24</sup> Sfortunatamente questo primo apparecchio non era in grado di mantenere un

---

<sup>22</sup> [https://ethw.org/Electrical\\_Recording](https://ethw.org/Electrical_Recording)

<sup>23</sup> Donald G. Godfrey e A. Leigh Frederic (1998). *Historical dictionary of American radio*. Greenwood Press, Westport, Connecticut, (U.S.A.), p. 117

<sup>24</sup> Donald G. Godfrey e A. Leigh Frederic (1998). *Historical dictionary of American radio*. Greenwood Press, Westport, Connecticut, (U.S.A.), p. 28

isolamento così efficace, rimanevano perciò spesso presenti all'interno del tubo delle quantità di gas non desiderabili, che gli fecero prendere il nome *soft-vacuum tube*.<sup>25</sup>

Questo nuovo strumento comunque diede origine ad un numero incredibile di nuove tecnologie elettriche che non erano prima possibili. Protagonista di alcune di queste nuove scoperte fu la *Western Electric*, una compagnia sotto il controllo della *Bell Telephone Company*, che decise di comprare sin da subito la licenza sull'Audion. L'ingegner Harold D. Arnold della compagnia appena menzionata si mise all'opera con l'obiettivo di apportare delle migliorie all'Audion, tantoché dopo svariati esperimenti, nell'aprile del 1913<sup>26</sup>, riuscì a costruire una versione funzionante e più efficace del triodo originale. Questo amplificatore riusciva a mantenere in maniera consistente un livello di vuoto più alto, dando come risultato un livello di distorsione inferiore e una migliore amplificazione dei segnali<sup>27</sup>. L'amplificatore in questione permise la prima comunicazione telefonica *coast to coast* degli Stati Uniti e costituì in generale un tassello fondamentale nello sviluppo degli apparecchi elettronici del ventesimo secolo.

## 2.2 I primi microfoni

In quegli anni si sviluppò anche un nuovo ed efficace metodo di registrazione che sfruttava l'energia elettrica per ottenere registrazioni più pulite: il microfono a condensatore. In passato vi furono diversi tentativi nello sviluppo di microfoni, però ottennero tutti qualità decisamente mediocri e non affatto paragonabili con quella del microfono appena citato. Per fare chiarezza su questa branca della registrazione è comunque d'obbligo menzionare il primo microfono mai sviluppato nella storia: il microfono a carbone.

### 2.2.1 Il microfono a carbone

I protagonisti di questa invenzione furono due uomini già precedentemente menzionati: Emile Berliner e Thomas Edison, che, collaborando tra loro, riuscirono a costruire nel 1877 uno dei primi strumenti in grado di trasformare un'onda sonora in un segnale elettrico. Parallelamente a loro anche lo scienziato inglese David Edward Hughes giunse indipendentemente alla stessa scoperta; non è chiaro quale dei due gruppi abbia realizzato per primo questa invenzione, anche se gli storici tendono a propendere per Hughes.<sup>28</sup>

---

<sup>25</sup> Okamura S. (1994). *History of electron tubes*. Ohmsha, Ltd., Tokyo (Giappone), p.98

<sup>26</sup><https://static1.squarespace.com/static/5f0983034219c6086e8100ac/t/5f43fb680d9032798d2932b3/1598290802062/the-beginnings-western-electric-century-of-progress.pdf>

<sup>27</sup>[https://www.stokowski.org/Development\\_of\\_Electrical\\_Recording.htm](https://www.stokowski.org/Development_of_Electrical_Recording.htm)

<sup>28</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon\\_microphone](https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_microphone)

Il microfono a carbone era un apparecchio piuttosto rudimentale composto da un tubo contenente due piccole lastre metalliche con granuli di carbone fra le due; la prima piastra inoltre doveva essere sufficientemente sottile da poter essere considerata un diaframma. I granelli di carbone, agendo da resistori, permettevano una volta caricata una delle due lastre il passaggio di corrente fino a quella adiacente. Quando un'onda sonora si scontrava contro la prima piastra questa si metteva in vibrazione, effettuando compressioni e decompressioni sui granuli di carbone all'interno del microfono e quindi rispettivamente aumentandone o diminuendone la conduttività. Analizzando l'intensità del segnale elettrico sulla seconda piastra, si poteva pertanto ottenere una effettiva registrazione delle onde sonore iniziali.<sup>29</sup> Nonostante il segnale in questione avesse una buona intensità in uscita, questo primo microfono presentava diverse criticità: Il dispositivo era molto delicato, richiedeva una frequente manutenzione necessaria per mantenerlo funzionale, e in aggiunta l'utilizzo del carbone si rivelò causa intrinseca di una bassa qualità di registrazione per via del costante rumore di sottofondo a cui dava origine, questo venne denominato “*carbon hiss*”.<sup>30</sup>

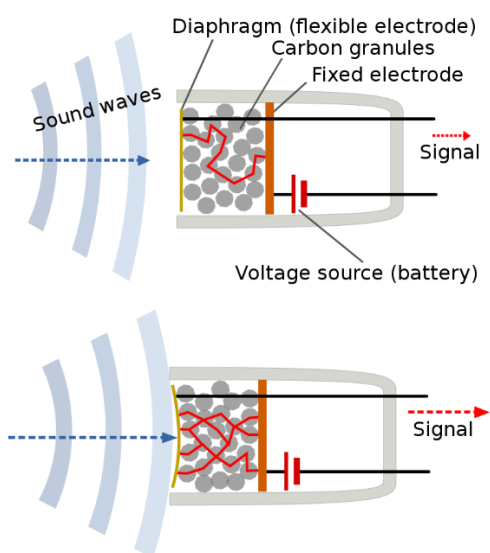


Figura 2.1 Funzionamento del microfono a carbone<sup>31</sup>

### 2.2.2 Il primo microfono a condensatore

Ritornando alla Western Electric del 1916, l'ingegnere elettronico Edward Christopher Wentz utilizzò gli studi sugli amplificatori di Harold Arnold e quelli sul microfono a carbone per sviluppare le sue idee su un nuovo innovativo modello di microfono: il microfono a

<sup>29</sup> <https://www.techwalla.com/articles/how-does-a-carbon-microphone-work>

<sup>30</sup> (agosto 1938). *Radio Craft magazine* (n.2, Vol. X). p.91

<sup>31</sup> Immagine da [https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon\\_microphone](https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_microphone)

condensatore.<sup>32</sup> Questo microfono era costituito appunto da un condensatore la cui prima armatura era in grado di svolgere anche la funzione di diaframma; le due armature del condensatore erano separate da uno strato d'aria di circa 1/1000 pollici ( $\approx 25.4 \mu\text{m}$ ) e dovevano rimanere caricate elettricamente. Nel momento in cui una persona parlava vicino al microfono il diaframma si metteva in vibrazione, dunque cambiando la distanza fra le due armature del condensatore, variava la capacità del condensatore. Queste variazioni di capacità erano davvero minime, ma se amplificate potevano raggiungere i livelli necessari a trasmettere una vera e propria conversazione, similmente ai livelli di uscita del microfono a carbone, ma senza avere i problemi dovuti al *carbon hiss*.<sup>33</sup>



**Figura 2.2** Edward Christopher Wentle con il suo microfono a condensatore<sup>34</sup>

Alcuni altri punti di forza rispetto al precedente erano la robustezza del microfono e lo spettro di frequenza, che poteva raggiungere fino a 6000 Hz: più che sufficiente per le registrazioni dell'epoca, dove solitamente non si superavano i 2400 Hz<sup>35</sup>. Questa ampia banda di frequenze, assieme alla portata del microfono, permisero di registrare fedelmente orchestre ed ensembles musicali e fu finalmente possibile sentire le consonanti sibilanti nelle registrazioni.

<sup>32</sup> [https://www.stokowski.org/Development\\_of\\_Electrical\\_Recording.htm](https://www.stokowski.org/Development_of_Electrical_Recording.htm)

<sup>33</sup> (agosto 1938). *Radio Craft magazine* (n.2, Vol. X). p.91

<sup>34</sup> Immagine di [https://www.stokowski.org/Development\\_of\\_Electrical\\_Recording.htm](https://www.stokowski.org/Development_of_Electrical_Recording.htm)

<sup>35</sup> [https://www.stokowski.org/Development\\_of\\_Electrical\\_Recording.htm](https://www.stokowski.org/Development_of_Electrical_Recording.htm)

Con questi vantaggi il microfono a condensatore ebbe una tale riuscita che divenne lo standard per le comunicazioni nel 1925, e fu il primo dispositivo audio elettrico ad avere uno sviluppo commerciale, segnando la fine dell'era delle registrazioni acustiche.<sup>36</sup> Ancora oggi i microfoni a condensatore sono fra i microfoni più diffusi e sono ritenuti la migliore scelta per le registrazioni di alta qualità richieste negli studi musicali e radiofonici

### 2.3 I cambiamenti nella società nell'era dell'audio elettrico

L'industria dei fonografi e dei dischi, finora senza concorrenti, venne messa alla prova da un nuovo fenomeno di massa iniziato nel 1920: la diffusione commerciale della radio. Questa divenne un oggetto talmente comune che molti iniziarono addirittura a montarle manualmente pezzo per pezzo. Il mercato della radio fu così stabile che dal 1929 al 1932, negli anni più duri della Grande Depressione, subì un calo di fatturato solamente del 21%<sup>37</sup>, inoltre il sistema di broadcasting che offriva questo strumento mise in crisi anche i servizi legati al giornalismo della carta stampata: nel 1939 il 70% dei cittadini americani affermò di usare la radio come fonte primaria di informazioni ed il 58% di questi la ritenevano il mezzo più affidabile. La radio dunque offriva intrattenimento, informazioni, notizie e soprattutto molti brani musicali gratuiti, tutti fattori che costituirono un grande deterrente nell'acquisto di dischi, che infatti subirono un grandissimo calo nelle vendite (l'industria fonografica passò da più di 100 milioni di registrazioni vendute nel 1927 a sole 6 milioni nel 1932).

Le compagnie fonografiche, per controbilanciare questa tendenza, iniziarono a produrre dischi di generi musicali di nicchia come il jazz o di artisti non presenti in radio, ma la vasta scelta musicale offerta dalla radio e la sua natura imprevedibile furono due fattori troppo rilevanti e portarono la radio a prevalere sul mondo fonografico. Alle compagnie di dischi serviva pertanto una nuova strategia per aumentare le proprie vendite, si giunse così alla creazione dei jukebox. Per capire il motivo per cui si arrivò all'invenzione del jukebox dobbiamo parlare di un suo antenato, i *coin operated pianos*. Questa tipologia di pianoforte era uno dei più grandi strumenti ricreativi del primo quarto del ventesimo secolo ed era in grado di riprodurre musica in maniera completamente automatica, senza alcun intervento umano, tramite degli appositi rulli di carta per autopiano. Questi tipi di pianoforte ebbero molto successo fra il 1910 e il 1925, anni in cui i fonografi analogici non erano ancora in grado di emettere musica a un volume sufficiente per coprire efficacemente i luoghi di svago, come bar e ristoranti, dove si intrattenevano molte persone dopo il lavoro ad ascoltare musica.<sup>38</sup> L'avvento della radio sostituì velocemente anche

---

<sup>36</sup> <https://www.emiarchivetrust.org/about/history-of-recording/>

<sup>37</sup> Frederik Nebeker (2009). *Dawn of the electronic age, electrical technologies in the shaping of the modern world: 1914 to 1945*. John Wiley & sons, inc., Hoboken, New Jersey (U.S.A.), p.176

<sup>38</sup> <https://www.rickcrandall.net/peerless-first-coin-pianos/>

questi strumenti musicali, costringendo il mercato degli autopiani a reinventarsi (si stima infatti che la vendita di pianoforti, che nel 1922 aveva raggiunto 111 milioni di dollari, due anni dopo si fosse ridotta a soli 42 milioni <sup>39</sup>).

Nel 1927 la *Automatic Music Instrument (AMI) Company of Grand Rapids* inventò il primo Jukebox, ovvero la prima macchina amplificata elettronicamente con molteplici brani musicali integrati.<sup>40</sup> I Jukebox ebbero un successo strepitoso, specialmente tra le persone meno abbienti che non potevano permettersi l'acquisto di una radio, inoltre l'alta qualità della musica e la caratteristica di non avere interruzioni pubblicitarie li fecero apprezzare da tutti, e il fatto che fossero a pagamento fu una caratteristica vantaggiosa per i locali pubblici.

L'industria fonografica, per opporsi alla radio, sviluppò nuovi modelli di fonografo da affiancare alle recenti registrazioni audio microfoniche. I dischi prodotti elettricamente erano per natura molto diversi rispetto a quelli analogici, e non erano affatto pensati per essere riprodotti tramite fonografi acustici, che davano appunto frequentemente origine a suoni forti e striduli. Per ovviare a questo problema, da un lato vennero sviluppati dei modelli di fonografi acustici pensati per la riproduzione questi nuovi dischi, come il Victor Orthophonic Victrola nel 1925, dall'altro altre aziende, come la Brunswick Company, costruirono dei fonografi completamente elettrici, che per riprodurre i suoni utilizzavano giradischi elettrici, amplificatori e altoparlanti.<sup>41</sup>

Nel 1930 la casa discografica RCA Victor annunciò inoltre il primo *long-playing record* (LP), ovvero il primo disco realizzato in vinile, che venne commercializzato con il nome commerciale di "*Program Transcription*".<sup>42</sup> Nonostante il materiale fosse migliore rispetto alla gommalacca per diversi aspetti, questo nuovo modello di disco uscì proprio negli anni della grande depressione e l'elevato costo iniziale e la vendita delle radio lo resero all'epoca un fallimento. Bisognerà aspettare fino agli anni Cinquanta per vedere questi dischi avere il successo di cui siamo oggi a conoscenza.

Durante e dopo la grande depressione vi furono costanti miglioramenti su ogni singola tecnologia elettrica presentata in questo capitolo, tuttavia non vennero apportati cambiamenti radicali al loro funzionamento di base. Per avere un nuovo cambiamento sonoro bisognerà aspettare la fine della Seconda guerra mondiale, nel 1945.

---

<sup>39</sup> Frederik Nebeker (2009). *Dawn of the electronic age, electrical technologies in the shaping of the modern world: 1914 to 1945*. John Wiley & sons, inc., Hoboken, New Jersey (U.S.A.), p.177

<sup>40</sup> Donald G. Godfrey e A. Leigh Frederic (1998). *Historical dictionary of American radio*. Greenwood Press, Westport, Connecticut (U.S.A.), p.221

<sup>41</sup> Millard Andre (1996). *America on Record: A History of Recorded Sound* (2<sup>nd</sup> ed.). Cambridge University press, Cambridge (Regno Unito), p.143.

<sup>42</sup> <https://web.archive.org/web/20051105045015/http://ronpenndorf.com/journalofrecordedmusic5.html>



# Capitolo 3

## Storia delle tecnologie audio magnetiche (1945-1980)

### 3.1 Il telegrafo

Contemporaneamente alle scoperte americane sulle registrazioni analogiche ed elettriche, nell'Europa del Novecento ci furono interessanti sviluppi in una tecnica di registrazione completamente nuova e diversa dalle precedenti: la registrazione magnetica. Rispetto alle incisioni su disco, questa procedura e gli strumenti da lei implementati permettevano durate di registrazione sostanzialmente più lunghe e garantivano la possibilità di cancellare e modificare le registrazioni molto facilmente. Ciò nonostante, almeno nella prima parte del secolo, la qualità acustica era peggiore rispetto a quella che erano in grado di offrire i dischi in gommalacca, fu dunque necessario qualche decennio di sviluppi perché le registrazioni magnetiche sovrastassero le concorrenti.

Il primo registratore magnetico fu costruito dall'ingegnere danese Valdemar Poulsen nel 1898. Questi non era il primo a teorizzare l'utilizzo delle proprietà magnetiche per questi scopi, infatti Oberlin Smith, un ingegnere meccanico americano, pubblicò nel settimanale *"Electrical World"* dell'8 settembre 1888 un dettagliato studio su questi principi, ma a ogni modo non realizzò mai alcun reale dispositivo per concretizzare le sue idee.<sup>43</sup>

Valdemar Poulsen negli ultimi anni del diciannovesimo secolo aveva un lavoro che implicava la risoluzione di problemi del dipartimento tecnico "Copenhagen Telephone Company (KTAS)". Proprio grazie a questo lavoro, venne spesso a contatto con le due tecnologie più promettenti dell'epoca, ovvero quella del telegrafo e quella del telefono, con le quali sviluppò una certa familiarità. Infastidito dal fatto che il telefono perdesse la sua utilità nel momento in cui la persona dall'altro capo non fosse nelle vicinanze, egli iniziò a sperimentare con le diverse applicazioni dei fenomeni elettromagnetici sui materiali metallici, che lo portarono a costruire, forse seguendo le linee di progetto di O. Smith, un dispositivo di registrazione completamente nuovo a cui diede il nome di "telegrafo".<sup>44</sup>

---

<sup>43</sup> Hebert F., Blish J., Knight N.L., Ley W. e Budrys A. *Galaxy Magazine* (n. di Agosto 1965), Galaxy Publishing Corporation, p.140.

<sup>44</sup> [https://sts.kahaku.go.jp/diversity/document/system/pdf/073\\_e.pdf](https://sts.kahaku.go.jp/diversity/document/system/pdf/073_e.pdf)

Strutturalmente il dispositivo assomigliava al fonografo di Edison, ma presentava una sostanziale differenza: il cilindro non era avvolto né nella carta stagnola, né nella cera, bensì da un filo d'acciaio. In aggiunta, a contatto con il filo doveva essere presente un elettromagnete, ovvero lo strumento che effettivamente andava a registrare la traccia sul filo. Utilizzando il segnale elettrico emesso dal microfono di un telefono come fonte elettrica per l'elettromagnete e facendo contemporaneamente girare il cilindro a una velocità costante venivano pertanto registrate le parole sul filo stesso, mentre, collegando successivamente lo strumento a un auricolare da telefono e facendo girare il cilindro nella stessa direzione alla stessa velocità di prima, era possibile effettivamente sentire le parole registrate in precedenza.<sup>45</sup>

Poulsen brevettò la sua invenzione in Danimarca, negli Stati Uniti ed in alcuni altri Paesi europei chiave nei quali fece diverse dimostrazioni del suo strumento. Il telegrafono sembrava promettente e riuscì addirittura a portarlo all'esposizione universale di Parigi nel 1900, dove ebbe l'occasione di registrare il re Franz Josef d'Austria<sup>46</sup>; al giorno d'oggi tale registrazione è ancora reperibile e sembra essere la registrazione magnetica più antica rimasta al mondo. Nonostante questi successi pubblicitari e la incredibile durata possibile per le registrazioni (che potevano raggiungere fino ai 30 minuti<sup>47</sup>), la scarsa qualità audio e la facilità con la quale le varie singole componenti del telegrafono smettevano di far funzionare l'intero meccanismo la resero un'invenzione poco affidabile. Sebbene il dispositivo ricevette diverse migliorie durante gli anni successivi alla sua invenzione, questo non riuscì comunque a reggere il confronto con il grammofo a dischi di Berliner e non venne quindi mai considerato adatto all'ambito professionale. Anche in America, dove Poulsen riuscì a vendere maggiormente il suo prodotto, l'invenzione non vide nessun tipo di futuro e la tecnica di registrazione magnetica venne abbandonata fino al 1945.

### 3.2 Il magnetofono

Nel frattempo, nella Germania degli anni Venti venne fatto un importante miglioramento alla macchina di Poulsen che mise termine all'utilizzo del filo d'acciaio diventando il mezzo di registrazione standard per tutte le tecnologie magnetiche future: il nastro magnetico.

Stranamente l'idea di questa invenzione ebbe inizio da una richiesta proveniente dalle industrie di sigarette, che all'epoca stavano vendendo più che mai, di trovare un'alternativa economica alla decorativa banda fatta in foglia d'oro che i marchi più costosi mettevano sulla punta delle loro sigarette. Queste industrie si rivolsero anche a Fritz Pfelemer, un ingegnere d'origine

---

<sup>45</sup> Eric D.Daniel, C. Denis Mee e Mark H.Clark (1999). *Magnetic Recording: the first 100 years*. IEEE Press, Piscataway, New Jersey (U.S.A.), p.15

<sup>46</sup> <https://lemelson.mit.edu/resources/valdemar-poulsen>

<sup>47</sup> <https://www.britannica.com/biography/Valdemar-Poulsen>

austriaca ma residente in Germania, che era solito lavorare con tipi di carta particolari, tanto che riuscì effettivamente a formare una fascia di color dorato sulla carta delle sigarette sfruttando della polvere di bronzo. Dal momento che questi era interessato anche al mondo della registrazione magnetica ed essendo già familiare con i telegrafoni, pensò di usare lo stesso metodo di rivestire la carta per migliorare la loro qualità. Pfleumer incollò una polvere di ferro su una striscia di carta, creando il primo nastro magnetico della storia; poco dopo aggiunse anche un registratore a nastro da affiancare a questo. Nonostante la bassa qualità audio, il dispositivo sembrava promettente: con un nastro di 300 metri si poteva raggiungere una durata di registrazione di 20 minuti, in aggiunta il nastro era facile da aggiustare in caso di problemi usando un po' di colla ed era più leggero e meno costoso del filo di acciaio precedentemente utilizzato da Poulsen,<sup>48</sup> inoltre la natura magnetica della registrazione, a differenza delle tecniche di incisione audio, dava la possibilità di modificare o cancellare specifiche parti del nastro.<sup>49</sup> Pfleumer brevettò la sua invenzione il 31 gennaio 1928 e, dopo quattro anni, trovò un'azienda che nonostante le basse performance sonore del dispositivo era disposta a comprare i diritti del brevetto da Pfleumer. Questa azienda, la Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG), dedicò in particolare un settore apposito al miglioramento delle registrazioni magnetiche, e appoggiandosi alla azienda chimica IG Farben per migliorare la qualità di produzione del nastro, sviluppò nel 1934 il primo prodotto commercializzabile derivato della macchina di Pfleumer: il Magnetofono (per la precisione Magnetofono K1). Dopo ulteriori miglioramenti, quali la separazione fisica delle tre componenti principali del dispositivo (amplificatore, l'altoparlante e il meccanismo principale) in tre zone chiuse differenti, l'AEG mostrò al pubblico il suo apparecchio all'Internationale Funkausstellung Berlin, raggiungendo un discreto successo.<sup>50</sup> Dopo il primo modello di magnetofono ne seguirono diversi altri,<sup>51</sup> e assieme a questi vennero introdotti ulteriori accorgimenti che resero le registrazioni magnetiche superiori a qualsiasi alternativa, specialmente quando, nel 1942, venne rimosso completamente il rumore di sottofondo caratteristico delle registrazioni d'epoca, facendole diventare indistinguibili dalle trasmissioni in diretta. Hitler stesso sfruttò questa peculiarità per confondere l'intelligence nemica durante il periodo bellico, mandando in onda nella radio di una determinata città un suo discorso preregistrato mentre si trovava in una città differente.<sup>52</sup>

---

<sup>48</sup> <https://ethw.org/Telegraphone>

<sup>49</sup> Eric D.Daniel, C. Denis Mee e Mark H.Clark (1999). *Magnetic Recording: the first 100 years*. IEEE Press, Piscataway, New Jersey (U.S.A.), 47-48

<sup>50</sup> [https://sts.kahaku.go.jp/diversity/document/system/pdf/073\\_e.pdf](https://sts.kahaku.go.jp/diversity/document/system/pdf/073_e.pdf)

<sup>51</sup> Eric D.Daniel, C. Denis Mee e Mark H.Clark (1999). *Magnetic Recording: the first 100 years*. IEEE Press, Piscataway, New Jersey (U.S.A.), p.65

<sup>52</sup> *New Scientist* (n. del 9 febbraio 1984, No 1396). p.45.

Contrariamente a quanto succedeva in Germania, nei Paesi degli Alleati le tecnologie magnetiche non furono scoperte fino alla fine della guerra, quando diffondendosi velocemente e soppiantando i media precedenti diedero inizio ad all'era magnetica della registrazione.<sup>53</sup>



*Figura 3.1 Magnetofono ritrovato in una stazione radio tedesca, costruito dopo il 1942, Museo storico militare di artiglieria, del genio e del corpo delle comunicazioni di San Pietroburgo<sup>54</sup>*

### 3.3 Gli sviluppi americani

Quando si dà uno sguardo alla diffusione sul mercato di prodotti costruiti sulla base di nuove invenzioni tecnologiche è frequente vedere le aziende produttrici fare minimi aggiustamenti e modifiche ai prodotti, che non apportano realmente grandi novità ai concetti principali, ma che, per motivi di marketing e di concorrenza, spesso sono ugualmente utili per le vendite. I produttori di registratori magnetici non fecero eccezione: quando i primi registratori magnetici funzionali vennero sviluppati in America, infatti, diverse compagnie investirono in questi prodotti. Molte di queste impiegarono i loro sforzi economici per migliorare le tecnologie stesse: vennero sfornati modelli su modelli, ma ad ogni modo l'impatto che questi ebbero sulla persona comune rimase piuttosto trascurabile. Tre di questi sviluppi ebbero tuttavia effettivamente degli

<sup>53</sup> <https://www.britannica.com/technology/magnetic-recording>

<sup>54</sup> Immagine presa da [https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetophon#/media/File:Ton\\_S.b.\\_tape\\_unit.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetophon#/media/File:Ton_S.b._tape_unit.jpg)

impatti considerevoli sulla società e conviene dedicare loro qualche parola: la fabbricazione dei registratori multitraccia, i primi formati a cassetta e i primi Walkman.<sup>55</sup>

La registrazione stereo era già una realtà nella Germania della Seconda guerra mondiale, ma registrare più tracce in differita era completamente un altro discorso. Il chitarrista e inventore Les Paul (Lester William Polfuss) fu il primo a lavorare in questo ambito inventando la tecnica della sovrapposizione eseguita attraverso il diffuso modello americano di registratore “Ampex Model 300”. Il suo metodo consisteva in due fasi: inizialmente Les Paul registrava normalmente una traccia su un nastro magnetico; dopo, in un secondo momento, metteva questa traccia in riproduzione in modo tale che la testina di registrazione potesse catturarne il suono, contemporaneamente collegava delle cuffie al dispositivo in modo da sentire a sua volta la traccia precedente. In questo modo, era possibile suonare sopra alla prima registrazione sovrapponendo in maniera un po’ rudimentale due tracce musicali. Il problema di questa tecnica era che naturalmente a ogni iterazione del processo un minimo errore dello strumentista costringeva a iniziare da capo l’intero processo, inoltre ogni sovrapposizione comportava rumore di sottofondo e distorsioni aggiuntive, che non rendeva quindi i brani adatti a essere distribuiti al pubblico. Les Paul, dunque, fece richiesta alla “Ampex Corporation”, l’azienda che costruì il registratore in questione, di creare un dispositivo in grado di supportare diverse tracce musicali senza avere però i fastidiosi rumori di sottofondo a cui era abituato. Questa venne presto soddisfatta dall’ingegnere Ross H. Snyder nel 1956, quando dopo aver inventato il sistema di registrazione multitraccia “*Sel-Sync*”, costruì per la Ampex il modello “Octopus” a 8 tracce.<sup>56</sup> Le conseguenze di questa modalità di registrazione, assieme agli sviluppi sui primi effetti eco (*Tape echo*), ebbero un effetto enorme sulla musica e sugli spot pubblicitari del tempo, allontanando il pubblico dall’ audio naturale, dal vivo e avvicinandolo a quello delle registrazioni con suoni elaborati e doppiati a cui siamo inconsciamente abituati tutt’oggi.

Bisogna successivamente illustrare le due invenzioni che risolsero i problemi di trasportabilità del nastro magnetico e che lo resero il mezzo audio preferito dalle masse. La prima di queste è l’audiocassetta, inventata nel 1962 dall’ingegnere olandese Lou Ottens (Lodewijk Frederik Ottens) della compagnia tedesca Philips. La facilità di utilizzo, il basso rischio di inceppamento dovuto alla compresenza di due bobine e l’alta compatibilità di questo formato, che poteva essere riprodotto sia in mono che in stereo, saturarono presto il mercato dei dispositivi magnetici spazzando via i concorrenti, diventando di norma non solo nelle case, ma nel corso degli anni Settanta e degli anni Ottanta anche nelle automobili. Un’altra mossa vincente della

---

<sup>55</sup> Eric D. Daniel, C. Denis Mee e Mark H. Clark (1999). *Magnetic Recording: the first 100 years*. IEEE Press, Piscataway, New Jersey (U.S.A.), p.14

<sup>56</sup> [http://aes-media.org/historical/pdf/snyder\\_sel-sync.pdf](http://aes-media.org/historical/pdf/snyder_sel-sync.pdf)

Philips fu quella di rendere la licenza dell'audiocassetta libera e gratuita, dando un incremento sostanziale alla diffusione globale di questo dispositivo.<sup>57</sup>

La seconda invenzione da presentare brevemente è quella del Walkman, uno dei lettori di cassette più famosi al mondo, che per la prima volta permetteva di portare la musica fuori casa. Il primo modello sviluppato fu il TPS-L2, costruito nel 1979 all'interno della compagnia giapponese Sony da Akio Morita, Masaru Ibuka e Kozo Ōsone, le cuffie ultraleggere con il quale veniva venduto e la sua compattezza resero l'ascolto di musica una cosa personale, privata e possibile in qualsiasi momento, modificando permanentemente il nostro modo di ascoltarla. Nonostante molti credessero che senza la funzione di registrazione il Walkman non avrebbe venduto, questa non fu un fattore determinante nelle vendite, esattamente come fu in passato per i dischi di Berliner.<sup>58</sup> Queste diverse invenzioni portarono le musicassette a superare i dischi in vinile LP (Long playing) nel 1982, segnando il declino dei dischi e dei fonografi.<sup>59</sup>

### 3.4 Applicazioni delle tecnologie magnetiche

Se inizialmente l'impatto dei dispositivi audio magnetici fu sostanzialmente trascurabile, è chiaro che con il passare degli anni le cose cambiarono drasticamente, le categorie interessate divennero diverse. In primo luogo ne beneficiò l'ambito dell'intrattenimento, infatti le i musicisti, i produttori di film e soprattutto i conduttori radiofonici ebbero grandi interessi nell'avere delle registrazioni ben definite, di lunga durata e facili da modificare o cancellare, tutte caratteristiche nuove e commercialmente appetibili. In secondo luogo, nel campo del business furono sviluppate delle applicazioni specifiche di questi registratori magnetici, come per esempio le prime segreterie telefoniche, che iniziarono già da allora a rimpiazzare gli operatori umani nei centri di assistenza. Le tecnologie magnetiche furono altresì utili per registrare conversazioni importanti, una funzione che magari non richiedeva una qualità sonora eccellente, ma che aveva invece sicuramente bisogno di macchine affidabili e in grado di effettuare registrazioni potenzialmente di lunga durata. Queste conversazioni potevano essere per esempio chiamate dei cittadini ai numeri di emergenza, comunicazioni militari o intercettazioni telefoniche in ambiti polizieschi. Ultimi, ma non per importanza, anche i consumatori beneficiarono di tali innovazioni, infatti grazie alla compattezza ed alla facilità delle soluzioni di tipo magnetico era sempre più facile ascoltare le tracce desiderate nel posto e

---

<sup>57</sup> [https://sts.kahaku.go.jp/diversity/document/system/pdf/073\\_e.pdf](https://sts.kahaku.go.jp/diversity/document/system/pdf/073_e.pdf) p.216-217

<sup>58</sup> <https://www.sony.com/en/SonyInfo/CorporateInfo/History/sonyhistory-e.html>

<sup>59</sup> Donald G. godfrey e A. Leigh Frederic (1998). Historical dictionary of American radio. Greenwood Press, Westport, Connecticut (USA). 287-288.

nel momento desiderato, con dispositivi abbastanza economici in grado di offrire un tipo completamente diverso di robustezza rispetto ai fonografi ed ai loro dischi.<sup>60</sup>

---

<sup>60</sup> Eric D.Daniel, C. Denis Mee e Mark H.Clark (1999). *Magnetic Recording: the first 100 years*. IEEE Press, Piscataway, New Jersey (U.S.A.), p.13





# Capitolo 4

## Storia delle tecnologie audio digitali (dal 1980 a oggi)

Entriamo nel 1980 nell'era digitale della registrazione, caratterizzata da metodi di registrazione completamente differenti rispetto a quelli visti finora. Gli incredibili progressi scientifici degli ultimi decenni infatti portarono allo sviluppo del CD, dei formati audio per dispositivi elettronici e dei servizi di streaming musicale, che rimangono tuttora una realtà consolidata.

### 4.1 Il funzionamento delle registrazioni digitali

La principale differenza fra i metodi di registrazione presentati in precedenza e quelli digitali sta nella natura del segnale stesso: i segnali analogici infatti rappresentano fedelmente vere e proprie onde sonore come quelle incise sui dischi in vinile, e sono dunque continue; vi sono poi i segnali digitali, ovvero segnali in codice binario che trasportano le informazioni di una serie di punti campionati ad intervalli di tempo regolari, questi se messi insieme rappresentano l'onda originale, ma costituiscono un segnale intrinsecamente differente da quello analogico.

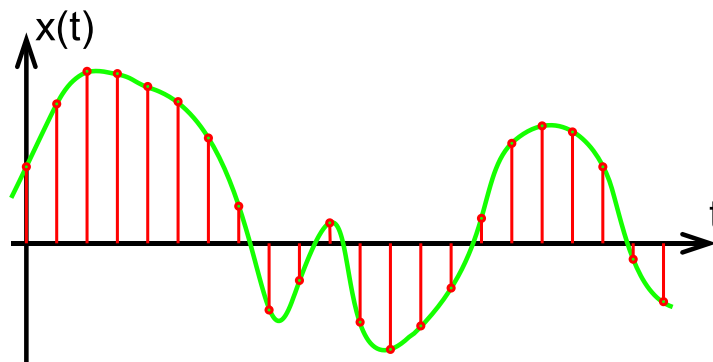


Figura 4.1 Campionamento di un'onda sonora <sup>61</sup>

---

<sup>61</sup> Immagine da [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Signal\\_Sampling.svg#/media/File:Sampled\\_signal.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Signal_Sampling.svg#/media/File:Sampled_signal.svg)

Per questa differenza nel tipo di onda veicolata, per effettuare una registrazione digitale è necessario uno strumento che effettui il campionamento dell'onda analogica, strumento chiamato convertitore analogico-digitale (A/D), che trasforma il segnale audio elettrico proveniente a esempio da un microfono in un segnale digitale.<sup>62</sup>

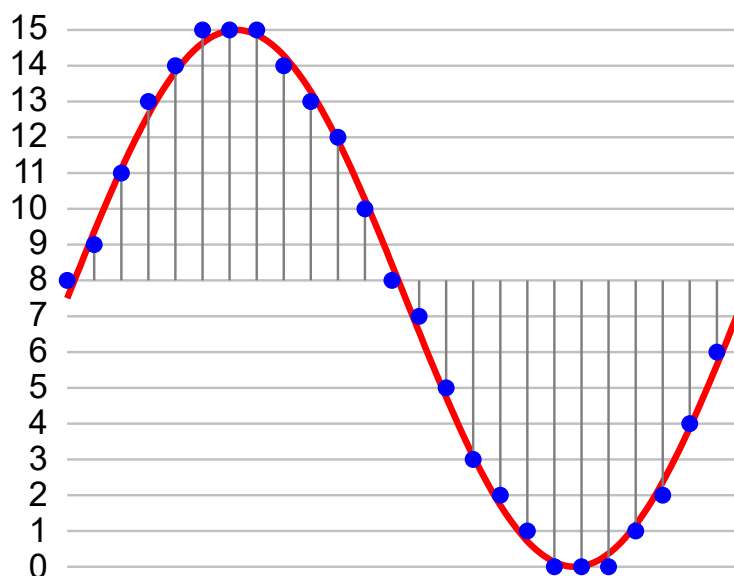
Il principale metodo di campionamento utilizzato per la conversione A/D è la modulazione a impulsi codificati (in inglese *pulse-code modulation*), in breve chiamata PCM. Venne utilizzata per la prima volta nel 1937 da Alec Reeves, un ingegnere elettrico inglese che al tempo stava lavorando nei laboratori Parigini di “Le Matériel Téléphonique”<sup>63</sup>, all'inizio questa tecnica risultò troppo avanzata per i tempi e non fu molto considerata dalla comunità scientifica perché gli apparecchi erano costosi e troppo specifici. La PCM venne successivamente ripresa e sfruttata in modo produttivo all'inizio degli anni Sessanta, con le prime produzioni di massa di transistor, rendendola tecnica di base per invenzioni quali il CD e molti formati musicali per computer e telefoni.

La PCM consiste nella rappresentazione di segnali analogici tramite una serie punti, ovvero, in altre parole, nel fornire una rappresentazione discreta dell'onda analogica originale arrivata in ingresso. L'ampiezza di ogni singolo campione dell'onda analogica viene rappresentata da un numero bit che indicano la sua ampiezza nell'onda sonora digitale; in questa operazione è inevitabile che vi sia un certo grado di approssimazione, perciò è conveniente utilizzare un sistema che abbia 16 o più bit per campione, in grado di restituire una fedeltà sonora più che sufficiente per l'orecchio umano. Il numero di bit utilizzati per rappresentare l'ampiezza di ogni singolo campione prende il nome di “profondità di bit” ed è uno dei criteri per giudicare la qualità di un segnale sonoro digitale.

---

<sup>62</sup><https://www.encyclopedia.com/science/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/digital-recording>

<sup>63</sup>John Bray (2009). *Innovation and the communications Revolution: from the Victorian pioneers to the broadband Internet*. The institution of Engineering and Technology, Londra (Regno Unito), p.173.



**Figura 4.2** Campionamento e discretizzazione di un'onda sonora con profondità di bit audio di 4 bit<sup>64</sup>

Oltre ad una buona profondità di bit, per avere una buona registrazione digitale serve avere anche un'alta frequenza di campionamento, ovvero è necessario che la distanza fra campioni sia la minore possibile. Con frequenze troppo basse infatti potrebbe non essere possibile ricostruire con certezza il segnale originale per via del teorema del campionamento di Nyquist-Shannon, che prevede che la minima frequenza di campionamento possibile per ricostruire l'onda sia esattamente il doppio della frequenza massima del segnale originale.

Una volta codificata una registrazione, in fase di lettura le tracce immagazzinate nel mezzo digitale scelto hanno bisogno di essere inevitabilmente convertite in segnali analogici per poter essere nuovamente udibili. Questo richiede che un convertitore digitale analogico (D/A) faccia processo inverso a quello appena illustrato, trasformando perciò le sequenze di bit in onde sonore, che verranno poi amplificate ed inviate al dispositivo di riproduzione desiderato.

Un'altra particolarità dell'approccio digitale è che, dal momento che il suono riprodotto non ha origine dal segnale analogico iniziale, ma da un nuovo segnale digitale fatto di specifici bit, non è praticamente soggetto ai rumori o ai disturbi comuni dei dispositivi analogici e magnetici, molti sistemi di registrazione attuali inoltre integrano anche metodi per eliminare eventuali segnali interferenti, garantendo quindi prestazioni eccellenti.<sup>65</sup> Questi file tuttavia presentano un problema completamente nuovo, ovvero la possibilità che uno o più bit vengano codificati erroneamente durante il processo di conversione A/D, portando quindi a rumori o addirittura a errori in fase riproduzione. Per evitare ciò le tracce multimediali moderne utilizzano degli

<sup>64</sup>Immagine presa da [https://it.wikipedia.org/wiki/Modulazione\\_a\\_impulsi\\_codificati#/media/File:Pcm.svg](https://it.wikipedia.org/wiki/Modulazione_a_impulsi_codificati#/media/File:Pcm.svg)

<sup>65</sup> <https://www.britannica.com/technology/digital-sound-recording>

appositi codici di correzione che, attraverso meccanismi quali la ridondanza di determinate parti di codice, rendono la traccia più robusta a costo di un appesantimento del file originale.<sup>66</sup>

Un secondo vantaggio del digitale inoltre è che, per via della univoca rappresentazione in codice binario, ogni copia di un file multimediale è un clone completamente identico al file originale, al contrario dei mezzi analogici, dove copiare una traccia portava a inevitabili aggiunte di rumori, distorsioni ed infedeltà acustiche.<sup>67</sup>

## 4.2 I supporti digitali fisici

Dal 1980 ai primi anni del nuovo millennio le industrie discografiche spinsero verso l'abbandono delle cassette e verso l'adozione dei nuovi promettenti mezzi digitali. I protagonisti di questo ventennio furono i supporti digitali di tipo fisico, che finirono per segnare la fine dell'era delle cassette e dei vinili. Nelle successive pagine verranno descritti i due principali mezzi digitali fisici di quest'epoca.

### 4.2.1 Le qualità del CD

Il Compact disc è stato l'ultimo grande supporto audio fisico di successo della storia, inventato tramite la cooperazione di Philips Electronics NV e Sony Corporation nel 1980, e diffuso commercialmente nel 1982, questo rimpiazzò quasi completamente tutti i sistemi di memorizzazione audio precedenti per le sue incredibili qualità. I dischi ad audio digitale si mostrarono a tutti gli effetti superiori rispetto ai concorrenti per i loro molteplici vantaggi: il primo di questi era la resistenza ai graffi ed all'usura, problema che riguardava da vicino tutti i tipi di dischi fonografici. Persino i più moderni vinili nonostante la robustezza erano più che suscettibili a segni e graffi, non era raro infatti che i dischi più ascoltati sviluppassero con il tempo delle parti musicali più distorte del normale, oppure che, nei casi più estremi, si iniziassero a sviluppare delle zone nelle quali lo stilo veniva sbalzato in altre posizioni, potenzialmente creando un loop se questo veniva rimandato ad una posizione temporalmente precedente.

Il secondo vantaggio del disco era la sua incredibile durata, che poteva raggiungere fino a 90 minuti di registrazione, superando qualsiasi mezzo precedente nonostante le relativamente ridotte dimensioni. In aggiunta la compattezza e la portabilità che il CD offriva, oltre

---

<sup>66</sup> <https://www.encyclopedia.com/science/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/digital-recording>

<sup>67</sup> Eric D.Daniel, C. Denis Mee e Mark H.Clark (1999). *Magnetic Recording: the first 100 years*. IEEE Press, Piscataway, New Jersey (U.S.A.), p.12.

all'incredibile facilità ed efficacia con cui in futuro divenne possibile fare delle copie, erano ottime caratteristiche che aiutarono la sua diffusione.<sup>68</sup>

Infine il formato del CD restituiva in generale un maggiore range dinamico, attorno ai 90 dB, una quantità di rumore sostanzialmente nulla (con il suo rapporto segnale-rumore di 96 dB viene considerato “*noiseless*”) e un estensivo range di frequenze in grado di coprire sia suoni inferiori ai 20 Hz che superiori ai 20.000 Hz, coprendo un range maggiore di quello dell'orecchio umano.<sup>69</sup> Per ottenere questo enorme spettro di frequenze venne al tempo scelto convenzionalmente di campionare i dati ad una frequenza di 44.100 Hz, più del doppio della banda interessata dal CD. È importante anche citare il fatto che il CD non utilizzi alcun tipo di compressione di dati, qualità che assieme alla profondità di bit di 16 bit, riescono a restituire con altissima fedeltà i suoni memorizzati.

#### 4.2.2 Incisione e riproduzione di un CD

Un CD standard è costruito con un diametro di 12 cm e uno spessore di 1,2 mm (esiste anche un formato di compact disc alternativo chiamato mini-CD, con diametro di 8 cm ed un terzo della capacità) ed è composto da un grande strato di policarbonato, uno strato metallico riflettente e una superficie protettiva di plastica acrilica.

Il primo passo per l'incisione di un disco è dato dalla copertura di un disco di vetro con un rivestimento fotosensibile, una volta completata l'unione fra questi due strati viene quindi passato un raggio laser a luce blu, che, lasciando minuscole depressioni dell'ordine dei micrometri sulla superficie, incide a intermittenza il disco. L'intera traccia viene registrata seguendo la forma di una spirale che procede dall'interno verso l'esterno del disco, con una spaziatura fra scanalature adiacenti di 1,6 micrometri. Una volta finito il processo, il tutto viene ricoperto con un sottile strato di nickel, formando il “*disc master*”, dal quale negativo andranno poi a essere prodotti una serie di dischi chiamati “*mother*”, i quali andranno incontro allo stesso processo di negativizzazione, formando gli “*stamper*”, dai quali vengono finalmente prodotti comuni CD. L'interno di ogni stamper viene infatti ricoperto di policarbonato, formando lo scheletro del Compact disc, questo viene poi esposto ad un getto di alluminio vaporizzato che forma lo strato riflettente del disco e infine ricoperto da uno strato di plastica acrilica a scopo

---

<sup>68</sup> Donald G. Godfrey e A. Leigh Frederic (1998). *Historical dictionary of American radio*. Greenwood Press, Westport, Connecticut (U.S.A.), p. 89.

<sup>69</sup> Millard Andre (1996). *America on Record: A History of Recorded Sound* (2nd ed.). Cambridge University press, Cambridge (Inghilterra), p.353.

protettivo. L'intero processo è estremamente preciso e delicato, e viene per questo fatto in ambienti estremamente puliti e monitorati.<sup>70</sup>

La riproduzione del disco d'altro canto avviene sostanzialmente in maniera contraria: un laser infrarosso con punto focale di 1 micrometro di diametro viene sparato contro il CD mentre il disco si trova in rotazione (la velocità di rotazione in questa fase varia gradualmente da 500 a 200 rivoluzioni al minuto a seconda di quanto distante sia il laser a rispetto al centro del disco in quel momento, in modo da leggere sempre lo stesso numero di campioni per minuto). Se il laser colpisce una zona piana del disco, viene riflesso e catturato da un fotodiodo che genera quindi un impulso elettrico, al contrario, se il laser mira ad una zona incisa del disco, avendo queste zone una profondità approssimativamente pari a un quarto di lunghezza d'onda del laser, vengono riflesse in opposizione di fase contrastando il raggio iniziale, perciò il fotodiodo non viene stimolato. Il segnale in codice binario letto in output dal fotodiodo viene dunque mandato in una memoria di computer con criterio "*first-in first-out*", dove in fase di ascolto viene prima convertito in segnale analogico e poi amplificato ed inviato ad un dispositivo audio di uscita come cuffie o altoparlanti.<sup>71</sup> A differenza dei supporti audio precedenti, dove in fase di riproduzione era sempre necessario avere una qualche sorta di contatto fisico per sentire i suoni, come ad esempio quello di uno stilo su un disco, l'utilizzo del laser non implica alcun tipo di sfregamento ed è esattamente la ragione per la quale i dischi hanno una deteriorabilità sostanzialmente nulla.<sup>72</sup>

### 4.2.3 I Digital Audio Tape

Negli ultimi due decenni del Ventesimo secolo furono sviluppati anche dei supporti audio ibridi, che combinavano il flusso di dati digitale con il formato di dispositivi già conosciuti, un prodotto in particolare fu quello inventato dalla compagnia Sony nel 1987: il "*Digital Audio Tape*" (DAT). Questo formato era molto simile a una cassetta, ma sfruttava un sistema di registrazione molto differente, che abbandonava il sistema di registrazione magnetico a favore di uno digitale, con tutte le migliorie che ne conseguono. I lettori di DAT infatti andavano a leggere i dati scritti in codice binario presenti nel nastro della cassetta e, mediante l'utilizzo di un microprocessore in grado di effettuare una conversione A/D e D/A dei segnali potevano effettuare entrambe le fasi di registrazione e di riproduzione. Il formato ad ogni modo non fu molto pubblicizzato e venduto per paura che i consumatori facessero delle copie pirata di questi

---

<sup>70</sup> <https://www.britannica.com/technology/compact-disc>

<sup>71</sup> <https://www.britannica.com/technology/sound-recording>

<sup>72</sup> <https://www.britannica.com/technology/compact-disc>

nastri, fenomeno che aveva coinvolto le cassette analogiche qualche anno prima, mandando in crisi il mercato musicale, cosa che per il momento non sembrava riguardare il nuovo compact disc.<sup>73</sup>

All'inizio degli anni Novanta vennero inoltre sviluppati i *Digital compact cassette recorders* (DCC), capaci di riprodurre sia cassette di tipo magnetico, che di tipo digitale, ma anche quelli non videro grandi sviluppi commerciali<sup>74</sup>, specialmente dopo la ufficiale dismissione delle DAT da parte di Sony nel dicembre 2005.<sup>75</sup>

In conseguenza a tutte queste considerazioni, il formato fisico che finì per diffondersi maggiormente fu il CD, che, nonostante la modesta crescita iniziale dovuta a prezzi ancora poco abbordabili per i consumatori, riportò ugualmente una crescita costante e, con il graduale abbassamento dei costi di produzione e d'acquisto, finì per sorpassare nelle vendite sia i vinili nel 1988, che le cassette nel 1991.

### 4.3 I formati audio contemporanei

A partire dal 2000 tuttavia anche i CD iniziarono a mostrare un costante declino, lo sviluppo dei file digitali audio ha infatti fatto prendere una piega completamente inaspettata al mercato discografico, che ha portato i download di file musicali da internet e i servizi di streaming musicale e video a rimpiazzare progressivamente i CD.

Per via della enorme quantità di file che i nostri dispositivi elettronici devono contenere, è diventato cruciale per le industrie musicali distribuire le canzoni in maniera compressa: infatti, specialmente nelle applicazioni di streaming, avere dei file meno pesanti permette all'ascoltatore di accedere più velocemente alle proprie tracce, e alla azienda fornitrice di memorizzare molte più canzoni in database. Negli ultimi quarant'anni sono stati pertanto sviluppati diversi sistemi di compressione e di elaborazione di dati digitali, che possiamo suddividere in tre macrocategorie di formati audio: non compressi, *lossless* e *lossy*.

I formati non compressi sono quelli in grado di offrire la massima qualità sonora e sono i più comuni negli studi di registrazione e nei programmi di editing audio. Dal momento che in questi non avviene alcun tipo di compressione dati, i file risultanti sono anche i più pesanti con cui si può lavorare, e per il consumatore musicale medio, che ha salvato nel proprio dispositivo una manciata di decine di brani, risultano solamente più pesanti e più scomodi dei brani compressi. La maggioranza delle persone inoltre ascolta la musica attraverso cuffie o casse audio

---

<sup>73</sup> [https://www.retrothing.com/2006/05/whatever\\_happen.html](https://www.retrothing.com/2006/05/whatever_happen.html)

<sup>74</sup> <https://www.britannica.com/technology/digital-sound-recording>

<sup>75</sup> [https://www.retrothing.com/2006/05/whatever\\_happen.html](https://www.retrothing.com/2006/05/whatever_happen.html)

economiche che non restituiscono quelle minime differenze in qualità sonora che esistono fra i vari formati, perciò a meno di casi eccezionali, il consumatore non entra solitamente in contatto con questi tipi di file. Due esempi di questi formati sono l'Audio Interchange File Format (.AIFF), uno dei primi formati sviluppati in assoluto, sviluppato dalla Apple Inc. nel 1988, e il Waveform Audio File Format (.WAV), che è funzionalmente simile al precedente, tranne che per l'aggiunta di una parte di codice dedicata alla descrizione del tempo, rendendolo più preciso per operazioni di sincronizzazione audio-audio o audio-video.

I formati lossless d'altro canto effettuano delle compressioni che permettono sempre la ricostruzione del file originale senza alcuna perdita di qualità. Un esempio di questi è il Free Lossless Audio Codec (FLAC), che comprime in media a file con dimensioni pari al 55% del file originale.<sup>76</sup> Questi formati costituiscono una via di mezzo e sono i preferiti dagli audiofili, che possono godere contemporaneamente della qualità originale dei brani e di un ragionevole livello di compressione.

Infine vi sono i formati di tipo lossy, come l'MPEG-1 Audio Layer III (MP3) e l'Advanced Audio Coding (AAC), che nella conversione eliminano una quantità di dati tale da non rendere possibile la decompressione alle dimensioni del file originale, perdendo quindi inevitabilmente la presenza di alcune onde sonore. Le tecniche lossy permettono di raggiungere dimensioni estremamente ridotte tramite l'eliminazione di informazioni non utili o non percettibili dall'orecchio umano. Degli studi di psicoacustica hanno infatti mostrato che nel momento in cui vengono riprodotti due suoni temporalmente distanti fra loro pochi millisecondi, l'orecchio umano cattura solo quello più forte; similmente, se un suono flebile viene coperto da uno più intenso, il nostro cervello tende a concentrarsi sul secondo, dunque in fase di conversione è possibile dedicare meno bit per esprimere il suono che viene coperto. In aggiunta, per risparmiare ulteriori megabyte di spazio di memoria, è conveniente rimuovere completamente le frequenze più elevate dalle registrazioni, che non darebbero ugualmente alcun tipo di informazione utile.<sup>77</sup> Sfruttando queste caratteristiche del nostro sistema uditivo si riescono quindi a risparmiare sostanziali quantità di dati, il formato MP3 ad esempio comprime le tracce fino a un decimo del loro peso originale, motivo principale della sua popolarità. Nel 2001 Apple sfruttò proprio questo formato nel nuovo dispositivo multimediale iPod, che dava per la prima volta l'opportunità ai consumatori di scaricare brani musicali sul proprio dispositivo a prezzi relativamente bassi tramite la piattaforma iTunes. Il primo iPod aveva una capacità di soli 5 GB, e considerando la scarsa velocità in download dell'epoca, Apple decise di adottare un formato lossy per sfruttare quello spazio al massimo, riuscendo a spingere il limite di capacità del

---

<sup>76</sup> <https://hbfs.wordpress.com/2012/02/07/looking-at-flac-compression-ratios/>

<sup>77</sup> <https://ledgernote.com/blog/q-and-a/how-does-mp3-compression-work/>



dispositivo a circa mille canzoni.<sup>78</sup> Questi formati sono anche i più sfruttati dalle aziende di streaming musicale e video, come Spotify e YouTube, per la ragione che, se utilizzati alla fine della catena di produzione, la differenza di qualità risulta fundamentalmente impercettibile (perlomeno a bit rate uguale o superiore a 128 kbps), dunque si prestano bene all'approccio on-demand fornito ai consumatori, evitando i problemi di buffering audio che si avrebbero con il download di quantità di dati maggiori.<sup>79</sup> Al contrario, questi formati sono pessimi per registrazioni professionali: infatti, specialmente nelle collaborazioni fra professionisti dove è necessario inviare singoli file avanti e indietro più volte, le compressioni lossy effettuano una compressione a ogni esportazione, conducendo quindi alla lunga a una perdita ben udibile di qualità sonora.<sup>80</sup>

Le registrazioni professionali inoltre richiedono in fase di editing audio delle tracce con un bit rate piuttosto elevato, che i file con queste estensioni non possono efficacemente offrire. Nel migliore dei casi un file MP3 infatti può raggiungere un bit rate di 320 kbps, ma rimane ascoltabile senza troppi problemi fino ad un 96 kbps, d'altro canto le tracce audio non compresse presenti a esempio nei CD girano a ben 1411 kbps e sono dunque più prestanti a questi tipi di modifiche in studio<sup>81</sup>. I formati lossy per di più possono avere un bit rate costante o variabile a seconda del tipo di compressione che si utilizza, nell'ultimo caso viene utilizzata una profondità di bit inferiore per descrivere le parti più silenziose della traccia acustica, diminuendo così complessivamente i bit per secondo e risparmiando nella quantità di dati scaricati.<sup>82</sup>

---

<sup>78</sup> <https://www.theatlantic.com/business/archive/2012/03/from-walkman-to-ipod-what-music-tech-teaches-us-about-innovation/253158/>

<sup>79</sup> <https://artists.spotify.com/help/article/audio-file-formats>

<sup>80</sup> <https://www.adobe.com/creativecloud/video/discover/best-audio-format.html>

<sup>81</sup> <https://www.adobe.com/it/creativecloud/video/discover/audio-bitrate.html>

<sup>82</sup> <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/z7vc7ty/revision/5>



# Conclusioni

Analizzando le tecnologie di oggi e la loro efficacia sembrerebbe scontato considerare le tecnologie audio digitali come i mezzi sonori perfetti: comodi, privi di difetti e disponibili contemporaneamente su qualsiasi dispositivo multimediale desiderato. Ebbene la realtà però ci pone davanti a una tendenza molto diversa, è infatti il sedicesimo anno consecutivo che le vendite di vinili aumentano e in particolare nel 2021 queste hanno addirittura superato le vendite dei CD.<sup>83</sup> Come è possibile quindi che un mezzo pensato più di novant'anni fa superi uno che ha visto il suo picco più alto agli inizi del 2000? I motivi dietro al cosiddetto "*Vinyl revival*" sono diversi. Prima di tutto la nostalgia dei vecchi appassionati utilizzatori di vinili gioca sicuramente un grande ruolo. Egualmente importante è il desiderio di una parte di popolazione di voler sentire dei suoni più autentici e meno artificiali, specialmente per quanto riguarda brani originalmente composti e registrati su vinile. Infine, ha sicuramente importanza anche l'aspetto collezionistico per il disco in vinile, che trova interesse anche negli ascoltatori più giovani.

Comunque sia, quello che è possibile dire con certezza è che nel corso degli scorsi decenni il mondo radiofonico e quello musicale hanno subito delle radicali trasformazioni, che in un modo o nell'altro hanno portato tutti noi ad avere un approccio molto più individuale con i dispositivi acustici rispetto a cent'anni fa. È incredibile pensare come tempo fa le famiglie e gli amici si trovasse per ascoltare assieme i programmi radio o gli ultimi vinili usciti, o ancora come le persone spendessero il loro tempo a registrare cassette personalizzate da dare a qualcuno. L'intrattenimento sonoro è passato dall'aver un utilizzo di tipo collettivo, associato quindi a punti di ritrovo sociale, a uno principalmente personale o di isolamento, derivato dall'invenzione delle cuffiette, degli smartphone personali e dei servizi di streaming musicale personalizzati per il singolo individuo.

Nonostante accedere alla musica sia più semplice che mai, alla fine questi incredibili progressi nel campo audio hanno portato alla perdita di quella idea di aggregazione che era una volta comune, che forse rappresenta la chiave per capire il ritorno del vinile. Per rimanere il più possibile oggettivi, è giusto precisare che i servizi di streaming musicale costituiscono al momento una grandissima parte delle vendite annue in ambito sonoro e che per l'appunto i vinili rappresentano solo il 4,7% di queste, un numero non ancora così competitivo, ma non affatto trascurabile.

---

<sup>83</sup> <https://www.macitynet.it/oltre-al-vinile-nel-2021-e-tornato-anche-il-cd/>

In definitiva, non ritengo opportuno trarre una forte conclusione sul miglior supporto audio, l'unica cosa realmente sicura è l'incredibile precisione data dai file digitali in fase di riproduzione, fattore che sembra comunque recentemente andare in conflitto con i gusti di una sostanziale parte di utenza. Spero in ogni caso di essere riuscito ad illustrare in modo chiaro i processi e gli sviluppi delle principali invenzioni sonore nel corso della storia, di avere offerto qualche spunto di riflessione sulla cultura relativa a questi e di aver dato un'idea di come si sia giunti ai dispositivi audio moderni.

# Riferimenti bibliografici

1. Édouard-Léon Scott de martinville. *Le Problème de La Parole s'Écrivant Elle-Même*, (first sounds facsimile n.8 dalla copia nella collezione di Laurent Scott de Martinville).  
Introduzione
2. Guy, A. Marco (1993). *Encyclopedia of recorded sound in the United States*. Garland Publishing, New York (U.S.A.).
3. *The American Catholic Quarterly Review* (n. di gennaio 1889)
4. Donald G.godfrey e A.Leigh Frederic (1998). *Historical dictionary of American radio*. Greenwood Press, Westport, Connecticut (U.S.A.).
5. Okamura S. (1994). *History of electron tubes*. Ohmsha, Ltd., Tokyo (Giappone).
6. *Radio Craft magazine* (n.2, Vol. X, n. di agosto 1938).
7. Frederik Nebeker (2009). *Dawn of the electronic age, electrical technologies in the shaping of the modern world: 1914 to 1945*. John Wiley & sons, inc., Hoboken, New Jersey (U.S.A.).
8. Millard Andre (1996). *America on Record: A History of Recorded Sound* (2<sup>nd</sup> ed.). Cambridge University press, Cambridge (Regno Unito).
9. Hebert F., Blish J., Knight N.L., Ley W. e A. Budrys. *Galaxy Magazine* (n. di Agosto 1965), Galaxy Publishing Corporation.
10. Eric D.Daniel, C. Denis Mee e Mark H.Clark (1999). *Magnetic Recording: the first 100 years*. IEEE Press, Piscataway, New Jersey (U.S.A.).
11. *New Scientist* (No 1396, 9 febbraio 1984).
12. John Bray (2009). *Innovation and the communications Revolution: from the Victorian pioneers to the broadband Internet*. The institution of Engineering and Technology, Londra (Regno Unito).

Siti web:

- <http://www.firstsounds.org/research/scott.php> (20/07/2022)
- <https://www.nps.gov/edis/learn/historyculture/origins-of-sound-recording-edouard-leon-scott-de-martinville.htm> (20/07/2022)
- [https://www.firstsounds.org/publications/facsimiles/FirstSounds\\_Facsimile\\_02.pdf](https://www.firstsounds.org/publications/facsimiles/FirstSounds_Facsimile_02.pdf)  
(20/07/2022)
- <https://www.firstsounds.org/sounds/index.php> (20/07/2022)
- <http://www.firstsounds.org/nrr/index.php> (20/07/2022)
- <https://www.britannica.com/biography/Charles-Cros> (25/07/2022)
- <https://www.loc.gov/collections/edison-company-motion-pictures-and-sound-recordings/articles-and-essays/history-of-edison-sound-recordings/history-of-the-cylinder-phonograph/> (26/07/2022)
- <https://www.smithsonianmag.com/arts-culture/phonograph-changed-music-forever-180957677/> (26/07/2022)
- <https://www.smithsonianmag.com/smithsonian-institution/epic-failure-thomas-edisons-talking-doll-180955442/> (01/08/2022)
- <https://www.bac-lac.gc.ca/eng/discover/films-videos-sound-recordings/virtual-gramophone/Pages/history-recorded-sound.aspx> (11/08/2022)
- <https://www.loc.gov/collections/emile-berliner/articles-and-essays/gramophone/> (11/08/2022)
- [https://ethw.org/Electrical\\_Recording](https://ethw.org/Electrical_Recording) (12/08/2022)
- <https://static1.squarespace.com/static/5f0983034219c6086e8100ac/t/5f43fb680d9032798d2932b3/1598290802062/the-beginnings-western-electric-century-of-progress.pdf> (13/08/2022)
- [https://www.stokowski.org/Development\\_of\\_Electrical\\_Recording.htm](https://www.stokowski.org/Development_of_Electrical_Recording.htm) (14/08/2022)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon\\_microphone](https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_microphone) (13/08/2022)
- <https://www.techwalla.com/articles/how-does-a-carbon-microphone-work> (13/08/2022)
- <https://www.emiarchivetrust.org/about/history-of-recording/> (14/08/2022)
- <https://www.rickcrandall.net/peerless-first-coin-pianos/> (15/08/2022)
- <https://web.archive.org/web/20051105045015/http://ronpenndorf.com/journalofrecordedmusic5.html> (15/08/2022)
- [https://sts.kahaku.go.jp/diversity/document/system/pdf/073\\_e.pdf](https://sts.kahaku.go.jp/diversity/document/system/pdf/073_e.pdf) (18/08/2022)
- <https://lemelson.mit.edu/resources/valdemar-poulsen> (18/08/2022)
- <https://www.britannica.com/biography/Valdemar-Poulsen> (18/08/2022)
- <https://ethw.org/Telegraphone> (19/08/2022)

<https://www.britannica.com/technology/magnetic-recording> (20/08/2022)

[http://aes-media.org/historical/pdf/snyder\\_sel-sync.pdf](http://aes-media.org/historical/pdf/snyder_sel-sync.pdf) (20/08/2022)

<https://www.sony.com/en/SonyInfo/CorporateInfo/History/sonyhistory-e.html> (20/08/2022)

<https://www.encyclopedia.com/science/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/digital-recording> (22/08/2022)

<https://www.britannica.com/technology/digital-sound-recording> (25/08/2022)

[https://www.retrothing.com/2006/05/whatever\\_happen.html](https://www.retrothing.com/2006/05/whatever_happen.html) (26/08/2022)

<https://www.britannica.com/technology/compact-disc> (25/08/2022)

<https://www.britannica.com/technology/sound-recording> (25/08/2022)

<https://hbfs.wordpress.com/2012/02/07/looking-at-flac-compression-ratios/> (27/08/2022)

<https://ledgernote.com/blog/q-and-a/how-does-mp3-compression-work/> (28/08/2022)

<https://www.theatlantic.com/business/archive/2012/03/from-walkman-to-ipod-what-music-tech-teaches-us-about-innovation/253158/> (28/08/2022)

<https://artists.spotify.com/help/article/audio-file-formats> (28/08/2022)

<https://www.adobe.com/creativecloud/video/discover/best-audio-format.html> (27/08/2022)

<https://www.adobe.com/it/creativecloud/video/discover/audio-bitrate.html> (28/08/2022)

<https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/z7vc7ty/revision/5> (28/08/2022)

<https://www.macitynet.it/oltre-al-vinile-nel-2021-e-tornato-anche-il-cd/> (02/09/2022)