



# INFORMATICA MUSICALE

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CATANIA**  
**DIPARTIMENTO DI MATEMATICA E INFORMATICA**  
**LAUREA TRIENNALE IN INFORMATICA**  
**A.A. 2020/21**  
**Prof. Filippo L.M. Milotta**

**ID PROGETTO:** <01>

**TITOLO PROGETTO:** <L'Olofonia>

**AUTORE 1:** <Gaglio Flavia>

## Indice

<b>1. Obiettivi del progetto.....</b>	<b>3</b>
1.1. Studiare la nascita dell'olofonia.....	3
1.2. Comprendere le funzioni e le capacità simulative dell'olofono e come si registra in olofonia.....	3
1.3. Valutare i vantaggi e gli svantaggi.....	4
1.4. Conoscere gli artisti che hanno utilizzato questa tecnica.....	4
1.5. Informarsi in merito ai riferimenti culturali dell'argomento trattato.....	5
<b>2. Riferimenti Bibliografici.....</b>	<b>7</b>
2.1. Storia, principio e controversie dell'olofonia. Artisti che hanno utilizzato questo metodo:.....	7
2.2. Tecnica di registrazione binaurale, binauralità e stereofonia:.....	7
2.3. Approfondimenti e curiosità relativi all'olofonia:.....	7
2.4. Come si registra in olofonia:.....	7
2.4. Sperimentazioni.....	7
<b>3. Argomenti Teorici Trattati.....</b>	<b>8</b>
3.1. Modalità di registrazione olofonica.....	8
3.2. Correlazione e confronto con l'audio binaurale.....	8

3.3. Controversie del metodo.....	8
3.4. La tecnica olofonica: teoria e sperimentazione.....	9

# 1. Obiettivi del progetto

## 1.1. Studiare la nascita dell'olofonia

La storia, e soprattutto quella dell'umanità ci insegna che si è sempre fatto il possibile per sfruttare il genio di uomini che hanno contribuito all'evoluzione del mondo scientifico e tecnologico.

Nel 19esimo secolo, grazie al medico Hermann von Helmholtz e al fisico John William Strutt Rayleigh, è stato permesso studiare la propagazione delle onde e il comportamento dell'energia sonora.

Intorno al 1877 le invenzioni del microfono e del fonografo hanno dato il via ad un nuovo stadio tecnologico con la finalità di registrare su un supporto fisico fenomeni sonori facenti parte della nostra realtà quotidiana; così, anno dopo anno, il microfono si è evoluto sempre di più fino a dare vita a diversi processi di ripresa sonora.

Da ciò, intorno agli anni '80 nasce la tecnica olofonica: l'ingegnere elettronico e ricercatore italo-argentino Hugo Zuccarelli applicò il modello olografico ai fenomeni acustici; era incuriosito dal fatto che le persone (anche quelle sorde da un orecchio) fossero capaci di localizzare la sorgente sonora senza indirizzare la propria attenzione verso essa. Le sue conclusioni vennero poi sviluppate da Umberto Maggi, ex bassista de "I Nomadi", che conobbe Zuccarelli quando quest'ultimo era un promettente studente del Politecnico di Milano alle prese con le ricerche per la registrazione audio perfetta. Così Zuccarelli, Maggi e il figlio Maurizio ideano l'olofono.

## 1.2. Comprendere le funzioni e le capacità simulative dell'olofono e come si registra in olofonia

Termine di derivazione greca formato dalle parole holos (tutto) e fonia (suono, voce) l'olofonia permette di registrare effetti sonori e di riprodurli in maniera simile a come viene percepito dall'apparato uditivo umano. Il suono non viene percepito sui padiglioni stereo delle cuffie o degli auricolari utilizzati per l'ascolto, ma sembra provenire addirittura fuori dalla testa, quasi nelle esatte coordinate spaziali di registrazione

Nel 1983 Zuccarelli pubblica, nel Regno Unito, un disco prodotto dalla CBS con incisi effetti sonori olofonici di scatole di fiammiferi che si chiudono, tagli di capelli e soffi, aerei in volo, sacchetti di plastica, fuochi d'artificio, tuoni e veicoli di varia natura.

Ma come si registra in olofonia? Il metodo è ritratto dal particolare microfono utilizzato nel corso delle registrazioni. Inventato dagli stessi Zuccarelli e Maggi, l'olofono è realizzato con la testa di un manichino e due sensori di registrazione all'interno dei padiglioni auricolari. Questi due sensori (due microfoni molto sensibili) registrano l'audio in maniera sferica, riuscendo a captare e catturare ogni minima sfaccettatura sonora. Il risultato offre un'esperienza audio del tutto innovativa: i suoni registrati sembrano provenire dallo spazio circostante (da sinistra, da davanti e da dietro, dall'alto e dal basso). L'effetto che si ottiene è molto realistico e consente di percepire la posizione delle sorgenti sonore, la loro distanza e intensità.

I microfoni Holophone si basano sulla teoria dell'HRTF (Head Related Transfer Function), considerabile come un perfezionamento delle ricerche sulla teoria Duplex. Quest'ultima si fonda sulla stima del fenomeno della localizzazione spaziale di eventi sonori da parte dell'orecchio umano.

### 1.3. Valutare i vantaggi e gli svantaggi

Sono molti i pro di questa modalità di registrazione, ma altrettanti i contro. Nonostante i circa 30 anni di vita, questa tecnica non è ancora riuscita a trovare un'ampia utilizzazione nel mondo discografico o cinematografico. Un altro svantaggio è, almeno per il momento, è la modalità di riproduzione: per poter apprezzare a pieno la profondità e la corposità dei suoni olofonici è necessario indossare delle cuffie o degli auricolari: le normali casse audio stereo, infatti, non sono in grado di riprodurre gli effetti sonori dell'olofonia.

I pro sono fortunatamente più numerosi dei contro, infatti:

- Il salto di qualità dal suono Mono a quello Stereo fu grandioso ma non paragonabile a quello successivo (parlando in termini di innovazione) che ci ha portato alla tecnologia olofonica.
- L'olofonia permette una registrazione audio tale da poter riprodurre il suono in modo che sia percepito come se fosse tridimensionale.
- Il suono monofonico viene percepito come proveniente da un'unica direzione frontale; quello stereofonico come proveniente da destra e da sinistra mentre con quello olofonico la direzione di provenienza percepita è multipla: frontale, da sinistra, da destra, dal basso e dall'alto.
- Il suono Olofonico ha il grande vantaggio di non richiedere strumentazioni particolari per poter essere riprodotto. L'ascolto può avvenire con un normale impianto stereo a due canali, oppure tramite delle cuffie stereo.
- La tecnica Olofonica ha molti campi di impiego, ad esempio con i bambini, mettendo l'enfasi sul creare effetti piacevoli a scopo formativo/educativo.
- Con l'Olofonia si percepisce una sensazione di ascolto veramente notevole con la fonte dei suoni nelle esatte coordinate spaziali di registrazione. In altre parole il suono diventa tridimensionale.
- Simula il funzionamento dell'orecchio in fase di registrazione, tenendo conto di come avviene la decodifica dei suoni a livello cerebrale ed è per questo che l'ascoltatore riesce poi a ricostruire un'immagine sonora tridimensionale, proprio come fanno gli occhi di fronte a un ologramma.

### 1.4. Conoscere gli artisti che hanno utilizzato questa tecnica

Il sistema olofonico è stato spesso impiegato anche in colonne sonore, televisione e parchi a tema. Sono molti gli artisti che hanno utilizzato il metodo olofonico nelle loro canzoni. Tra questi ricordiamo:

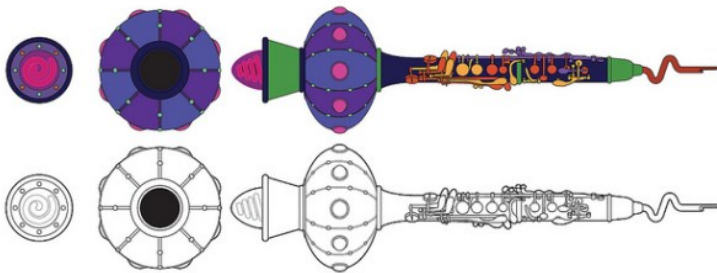
- Pink Floyd, "The Final Cut", (1982)
- Jon Anderson (storica voce del gruppo di rock progressivo Yes)
- Peter Gabriel (prima cantante dei Genesis, poi solista)
- Paul McCartney
- Lucio Dalla
- George Michael

- Michael Jackson
- Roger Waters, "The Pros and Cons of Hitch Hiking" (1984)
- Psychic TV, "Dreams Less Sweet" (1983).
- Gianni Togni, "Casa mia" (1984).
- Zucchero, "Oro, incenso e birra" (1989).
- Alice, "Il profumo del silenzio" (1983).
- Pearl Jam, "Binaural" (2000).
- Lady Gaga, "ARTPOP" (2013).
- Tokio Hotel, "Humanoid" (2009).

### 1.5. Informarsi in merito ai riferimenti culturali dell'argomento trattato

In diverse puntate di Futurama vediamo comparire l'olofono. Nella sitcom è rappresentato come uno strumento somigliante ad un clarinetto, con una sfera schiacciata al posto della campana. Con esso è possibile riprodurre il suono di qualsiasi strumento (tranne, sembra, quelli a percussione) e suonare diversi motivi contemporaneamente, fino a riprodurre l'esecuzione di una piccola orchestra.

Tra l'altro, è in grado di creare una simulazione visiva tridimensionale attinente alla musica suonata. A causa di queste sue caratteristiche, "sono pochissime nell'universo le persone che sanno suonarlo, e non sono certo un granché". L'unico che vi riesce ineccepibilmente è lo stesso Fry, in due diverse puntate e per due diverse ragioni: la prima volta a causa di parassiti interni che gli aumentano le capacità psico-motorie; la seconda, nell'ultima puntata in assoluto, poiché ha ottenuto le mani artificiali del robo-Diavolo. L'olofono inoltre viene sempre citato nella serie per bambini "Pingu".



Una replica dell'olofono di Futurama



I genitori di Pingu che imprecano contro l'olofono

## 2. Riferimenti Bibliografici

**2.1. Storia, principio e controversie dell'olofonia. Artisti che hanno utilizzato questo metodo:**

<https://it.wikipedia.org/wiki/Olofonia>

**2.2. Tecnica di registrazione binaurale, binauralità e stereofonia:**

[https://it.wikipedia.org/wiki/Registrazione\\_binaurale](https://it.wikipedia.org/wiki/Registrazione_binaurale)

**2.3. Approfondimenti e curiosità relativi all'olofonia:**

<http://holophone.com/>

**2.4. Come si registra in olofonia:**

<https://www.fastweb.it/web-e-digital/che-cos-e-l-olofonia>

**2.4. Sperimentazioni**

<http://www.crit.rai.it/eletel/2007-2/72-3.pdf>

### 3. Argomenti Teorici Trattati

#### 3.1. Modalità di registrazione olofonica

Come anticipato precedentemente, la registrazione olofonica avviene tramite i microfoni Holophone, che si basano sulla teoria dell'HRTF (Head Related Transfer Function), un miglioramento delle ricerche sulla teoria Duplex. Quest'ultima si fonda sulla stima del fenomeno della localizzazione spaziale di eventi sonori da parte dell'orecchio umano. La teoria Duplex spiega solo la capacità di localizzazione spaziale della sorgente se questa si trova sullo stesso piano dell'osservatore. Ma così, con questa teoria, se si prova a localizzare una sorgente sonora sul piano mediano (ovvero con angolo di elevazione differente rispetto alla testa) è possibile arrivare a percepire infiniti punti alla stessa distanza dall'orecchio. Per registrare in olofonia vengono piazzati due microfoni olofonici all'altezza dei timpani di un manichino. In questo modo si emula quasi perfettamente la ricezione del suono dell'orecchio umano.

#### 3.2. Correlazione e confronto con l'audio binaurale

Sembra che studi simili vennero condotti già negli anni '60 e '70, in cui vide l'alba la tecnica chiamata registrazione binaurale, che effettivamente sembra anticipare in tutto l'Olofonia.

L'Olofonia infatti sfrutta il principio della registrazione binaurale (in pratica "a due orecchi"). Questo metodo prevede la registrazione tridimensionale del suono, con una altissima fedeltà nella riproduzione che viene percepito nelle esatte coordinate spaziali nelle quali fu prodotto originariamente. La registrazione in modalità binaurale prevede sempre l'utilizzo di un microfono olofonico a forma di testa di manichino. Lo scopo è di riprodurre la testa umana e di conseguenza anche gli effetti di assorbimento sonoro che si creano quando le onde colpiscono la testa e arrivano alle orecchie (che nel caso del manichino sono due microfoni). La testa simula fedelmente anche la forma dei padiglioni auricolari e dei canali uditivi, al fine di permettere ai microfoni di captare il suono esattamente come risulta equalizzato all'interno dell'apparato uditivo.

La registrazione binaurale ottimale prevede l'utilizzo di cuffie, con le quali l'ascolto è veramente in 3d e ricrea le stesse sensazioni "live" del suono prodotto in origine.

#### 3.3. Controversie del metodo

Pur provando a riprodurre nel modo più accurato possibile l'ascolto umano, non è ancora stato possibile raggiungere la perfezione sonora nell'identica riproduzione delle coordinate spaziali del suono. Quindi fin da subito si percepisce che mancano completamente delle coordinate sonore, oppure esse sono molto deboli. Possiamo dire che manca completamente un evidente fronte sonoro; non si sentono suoni provenienti dal basso; i suoni provenienti dall'alto non riescono a dare profondità. In commercio non esistono ancora casse che riescano a riprodurre l'oloofonia, pertanto il suo ascolto si può apprezzare esclusivamente con l'utilizzo di semplici cuffie stereofoniche. In fase di registrazione il sistema olofonico simula l'apparato uditivo umano, nella sua parte meccanica codifica un segnale binaurale. Successivamente l'ascoltatore lo decodifica col sistema neuronale.

### 3.4. La tecnica olofonica: teoria e sperimentazione

Sinteticamente ricordiamo l'itinerario storico per arrivare ad ottenere un suono totale e spaziale. Nel 1940 Disney introdusse il suono surround nei cinema in occasione della sua produzione "Fantasia", servendosi di tre speaker dietro lo schermo e altri posti posteriormente. Negli anni 50 iniziò a prendere piede la registrazione stereofonica e negli anni '70 George Lucas, con Star Wars, introdusse il Dolby Stereo che venne poi modificato fino a portare ai canali left, right, center e rear.

Il Centro Ricerche ha effettuato delle sperimentazioni con il microfono olofonico: la prima era volta a verificare il "clean" strumentale di un'orchestra. Poi, presso l'Auditorium Rai di Torino, venne posizionato un microfono all'altezza di 3,5m alle spalle del direttore d'orchestra e rivolto verso il centro del palcoscenico. Le uscite del microfono vennero collegate al mixer che preamplificava i segnali prima di inviarli in registrazione in un registratore digitale; dopo aver ottenuto la registrazione su otto tracce separate del nastro digitale, queste vennero acquisite tramite un Macintosh PowerPC G5 (computer desktop full tower prodotto da Apple). Con il programma "Soundtrack" vennero poi indirizzati i segnali sui 5.1 speaker in regia. Dal risultato sembra di essere all'interno dell'orchestra.

La seconda sperimentazione fu effettuata allo Stadio Olimpico di Torino, con lo scopo di riprendere degli effetti. Oltre a quella sonora, ci fu anche la ripresa video in alta definizione. Questa volta la ripresa fu effettuata dietro una delle due porte e per poter registrare l'audio in camera ci si servì di un codificatore (permetteva di codificare sei canali del microfono). Una volta in regia, questi canali vennero decodificati tramite un decoder. In questa occasione il risultato è stato stupefacente per l'impressione avuta sulla realtà degli effetti riprodotti.