



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MACERATA**

**FACOLTA' DI SCIENZE DELLA COMUNICAZIONE**

**Corso di laurea in Scienze della Comunicazione**

**Tesi in  
Comunicazione Musicale**

***I suoni di Wall Street.***

**Sonificazione di un fenomeno come strumento per comunicare?**

**Chiarissimo  
Paolo Marzocchi**

**Laureando  
Lorenzo Aquili**

**Anno Accademico 2005-2006**

*Alla mia famiglia*

*Epigrafe per un libro condannato*

*Lettore quieto e bucolico,  
sobrio ed ingenuo uomo di bene,  
getta questo libro saturnino,  
orgiastico e melanconico.*

*Se non hai studiato retorica  
da Satana, il furbo decano,  
gettalo! Non ci capiresti nulla,  
o mi crederesti isterico.*

*Ma se, senza lasciarsi affascinare,  
il tuo occhio sa immergersi negli abissi,  
leggimi, per apprendere ad amarmi;*

*Anima curiosa che soffri  
e vai cercando il tuo paradiso,  
Compatiscimi! ... Altrimenti, ti maledico!<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup> Trad. it. mia di “*Épigraphe pour un livre condamné*”, tratto da *Les fleurs du mal (suppléments à)*, di Charles Baudelaire.

# INDICE

Introduzione	pag. 1
Capitolo 1. Suono, Rumore, Silenzio	5
1.1 Il silenzio	8
1.2 Il suono	23
1.3 Il rumore	31
Capitolo 2. Sonificazione: la storia	45
2.1 Il codice Morse	53
2.2 Il <i>sonar</i>	60
2.3 La sonificazione nell'aeronautica	63
2.4 Applicazioni in medicina	68
2.4.1 L'ecografia	71
2.4.2 L'ecografia in ginecologia e ostetricia	76
2.4.3 L'ecocardiografia	78
2.4.4 L'eco-Doppler	81
2.5 La sonificazione in aiuto ai non vedenti	86
Capitolo 3. La sonificazione	93
3.1 I benefici della sonificazione	108
3.2 La sonificazione applicata ad altre interfacce	111
3.3 Non solo benefici: alcuni problemi rilevati	117

Capitolo 4. Sonificazione applicata: alcuni casi di studio	121
4.1 I suoni dello Spazio	122
4.2 <i>Listening to the mind listening</i>	128
4.3 L'incredibile reso possibile grazie alla comunicazione cervello-calcolatore	131
4.4 La Borsa, ultimo Oracolo	134
Conclusioni	150
Bibliografia	153
Sitografia	171
Appendice	176
Glossario	179
Ringraziamenti	194

# INTRODUZIONE

«*Sonification is the use of nonspeech audio to convey information*»<sup>1</sup>. Questa è la definizione di *sonification* (in italiano sonificazione) che ci da l'ICAD (*International Community for Auditory Display*, che potremmo rendere come la Comunità internazionale per l'esposizione uditiva<sup>2</sup>)<sup>3</sup>.

Traducendo<sup>4</sup> la definizione, si potrebbe dire che la sonificazione è l'utilizzo della *comunicazione acustica non verbale*<sup>5</sup> per trasmettere informazioni, utilizzando quindi l'audio ma senza l'ausilio di parole, ovvero si è pensato di poter sfruttare la proprietà comunicativa del suono («*communicative properties of sound*»<sup>6</sup>).

Qualcuno si potrebbe chiedere, obiettare o concludere che esiste da sempre una “sonificazione naturale” ed ogni suono che udiamo ne è un esempio, portando come dimostrazione per confermare la loro tesi, qualunque esperienza uditiva della vita quotidiana: se udiamo numerosi mezzi dal motore a scoppio in moto ma che non si muovono e clacson, potremmo affermare senza dubbio che siamo imbottigliati

---

<sup>1</sup> Cfr. <http://www.icad.org>.

<sup>2</sup> Trad. it. mia.

<sup>3</sup> L'ICAD è la comunità più autorevole sull'argomento, che riunisce ricercatori che lavorano sul tema di come si possano trasmettere informazioni attraverso il canale uditivo, senza l'utilizzo di parole. I ricercatori provengono da tutto il mondo e dai più disparati campi: chimica, matematica, statistica, geologia, sismologia, fisica, musica (nella musicologia, musicoterapia e composizione) aeronautica (anche spaziale), biologia, psicologia, psicoacustica, comunicazione, formazione, informatica, robotica, videogiochi, economia, sociologia, astronomia, meteorologia, linguistica, percezione uditiva...

<sup>4</sup> Tutte le traduzioni da testi, riviste e siti in lingua inglese e francese sono mie. Come la resa di alcuni termini tratti da queste fonti e non presenti nel dizionario italiano (o utilizzate in settori specifici con un altro significato, vedi *infra*, note Capitolo 3 “La sonificazione” su ‘audiazione’, ‘audificazione’ e ‘auralizzazione’).

<sup>5</sup> Trad. it. e corsivo mio.

<sup>6</sup> Cfr. KRAMER, Gregory (a cura di), 1994, *Auditory Display. Sonification, Audification and Auditory Interfaces*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading (Mass.), p. xxvi.

nel traffico; se dal nostro tavolo in legno sentiamo un rumore come se qualcosa di molto piccolo sta grattando possiamo preoccuparci della presenza di tarli al suo interno; se suona il campanello possiamo giustamente credere che qualcuno è alla porta; se udiamo le campane della vicina chiesa suonare possiamo dire che sia magari mezzogiorno piuttosto che le diciassette; se un ticchettio disturba la nostra veglia si pensa immediatamente di nascondere in un cassetto il fastidioso orologio da polso. E così via.

Questo è vero: ogni *paesaggio sonoro*<sup>7</sup> comunica, ogni suono ci dà delle informazioni e si potrebbero portare migliaia di esempi su come il suono ci dia delle notizie. Queste vanno dall'individuazione di altezza, distanza e provenienza dei suoni, al riconoscimento, grazie al timbro, di cosa sia a produrre quel suono e quindi a capire cosa sia accaduto e il suo significato. Tutto questo può avvenire anche "solamente" udendo i suoni e senza vedere cosa veramente abbia provocato il segnale acustico. Questi, non sono esempi di sonificazione, ma potremmo definirli *eventi sonori*<sup>8</sup>.

Cosa si intende allora con il termine sonificazione?

Ancora l'ICAD aggiunge che «la sonificazione è la trasformazione di esposizioni di dati rese da un segnale acustico con lo scopo di facilitare la comunicazione o l'interpretazione» («*sonification is the transformation of data relations into perceived relations in an*

---

<sup>7</sup> L'ambiente dei suoni. Tecnicamente, qualsiasi parte dell'ambiente dei suoni considerata come campo di studio e di ricerca, sia ambienti reali, che costruzioni astratte, in particolare quando vengono considerati come parte dell'ambiente.

Cfr. MURRAY SCHAFER, Raynold, 1977, *The tuning of the world*, McLelland and Stewart Limited, Toronto; trad. it., *Il paesaggio sonoro*, Ricordi - Lim, Lucca, 1985, p. 372. Corsivo mio.

<sup>8</sup> Un evento sonoro, così come un oggetto sonoro, può essere definito dall'orecchio umano come la più piccola particella di autonoma di paesaggio sonoro, definito dalla sua dimensione simbolica, semantica e strutturale.

Cfr. MURRAY SCHAFER, Raynold, 1977, *op. cit.*, p.370. Corsivo mio.

*acoustic signal for the purposes of facilitating communication or interpretation»<sup>9</sup>*).

Già nel 1993, nella sua prefazione degli articoli del primo incontro dell'ICAD, Albert Bregman scrive che la tecnologia di cui si necessita per rendere questo possibile, ovvero per rendere il suono non verbale facile da utilizzare e interpretare, è già esistente (*«the technology already exists to accomplish everything I mentioned, and the chapters in this book represent important steps toward making nonverbal sound easy to use and to interpret»<sup>10</sup>*).

Prima di inoltrarci in questo argomento sarebbe opportuno distinguere tra suono, rumore e, come spesso alcuni dimenticano, silenzio.

Ma innanzitutto, solo per una questione terminologica, definisco ora cosa intendo con 'parola', dato che non riguarda il mio studio, perché affronterò la sonificazione, ovvero sulla trasmissione di informazioni attraverso l'audio ma senza l'utilizzo di parole. Come detto poco sopra io l'ho definita come una *comunicazione acustica non verbale*, (ma non si tratta solo di una comunicazione come vedremo in seguito). Spero che questa mia definizione non appartenga in verità a qualcun altro con conseguente violazione di *copyright*.

Torniamo alle definizioni: la 'parola' è l'unità distinguibile in una frase che usiamo nel parlare e nello scrivere. La 'comunicazione verbale' è quindi quel tipo di comunicazione che utilizza le parole. Nel caso del linguaggio orale facciamo uso di suoni, definiti verbali. Nel mio studio tratterò i 'suoni non verbali', ma non per questo i termini parola, voce, comunicazione verbale ed i concetti ad essi legati non verranno utilizzati.

---

<sup>9</sup> Cfr. <http://www.icad.org>.

<sup>10</sup> Cfr. KRAMER, Gregory (a cura di), 1994, *op. cit.*, p. xvii.

La ‘comunicazione non verbale’ è invece quella che utilizza qualunque modo e mezzo: da una formula matematica ad un disegno, passando per la cinesica<sup>11</sup>, la prossemica<sup>12</sup> e l’abbigliamento. In questo studio, con ‘comunicazione acustica non verbale’ farò riferimento a quella che utilizza rumori, silenzi e suoni, ma non la voce umana, per veicolare informazioni attraverso l’aria.

Per lo stesso motivo sarebbe corretto definire anche il termine ‘musica’. In migliaia di anni di storia l’uomo non è riuscito a dare un’univoca e soddisfacente definizione di musica. Ne sono state date a centinaia e in alcuni Paesi nemmeno esiste una parola comune per definirla. Non mi considero quindi così presuntuoso da volerlo fare io. Ma intendo, per rendere più facile il compito al lettore, specificare che con ‘musica’ intendo tutte le vibrazioni e loro brevi assenze (perché considero quella composta da suoni, rumori e silenzi) che giungendo all’orecchio umano comunicano qualcosa o provocano una reazione o emozione.

Terminata questa breve parentesi, passiamo ora a quanto anticipato: la distinzione tra suono (non verbale), rumore e silenzio.

---

<sup>11</sup> Una forma di comunicazione attraverso la gestualità (del corpo) e la mimica (ciò che si può osservare sul viso di una persona).

<sup>12</sup> Il sistema di comunicazione che regola il senso delle distanze tra le persone, o come l’uomo le percepisce. La posizione che due persone assumono nella loro relazione spaziale è indizio dei loro rapporti sociali o dei loro sentimenti reciproci o entrambe le cose.

# CAPITOLO 1

## Suono, Rumore, Silenzio<sup>13</sup>

Come in molti studi che trattano il fenomeno sonoro, e per aiutare la comprensione, presenterò una distinzione tra suono e rumore.

Ciò

«è così evidente che sembra inutile anche solo affrontare l'argomento e riservargli una qualsiasi trattazione. [Ma] cercare di dimostrare i fatti evidenti tuttavia può essere molto stimolante ed in essi sovente si nascondono gli enigmi più inattesi»<sup>14</sup>.

Ma prima, come appena accennato, tratterò il silenzio, elemento non sempre analizzato, ma sicuramente da non dimenticare.

Assicuro invece che, al contrario di molti testi, non proporrò l'amletico dilemma (che affascina l'uomo fin dai dotti filosofi greci) del(l'eventuale) suono prodotto dal famoso albero che cade nella foresta quando nessuno lo ascolta...

Si potrebbe affermare che questi termini, ed i loro significati, esistono per contrapposizione: il suono al silenzio e il rumore al suono. Mi spiego meglio: suono e rumore possono essere (concretamente) considerati sinonimi, quindi si ha una prima distinzione tra *silenzio* e *non silenzio*<sup>15</sup>; è solo in questa seconda categoria che si differenziano

---

<sup>13</sup> I termini rumore e silenzio possono appartenere anche ad altri settori, ad esempio si può parlare di rumore nell'elettronica o nella comunicazione o di silenzio nel diritto o nel linguaggio militare. In questo scritto verrà illustrato solo il lato riguardante l'acustica.

<sup>14</sup> Cfr. TOMATIS, Alfred, 1963, *L'oreille et le langage*, Éditions du Seuil, Paris; trad. it., *L'orecchio e il linguaggio*, Ibis, Como – Pavia, 1995, p. 63.

<sup>15</sup> Corsivo mio.

suoni (considerati universalmente più piacevoli) e rumori (considerati suoni sgradevoli).

Si tratta grosso modo della stessa distinzione, anche se intendono concetti diversi da quello appena affermato, che Nattiez e Murray Schafer fanno tra 'musica' e 'non musica'. Il primo afferma che «Pronunziare la parola *musica* significa delimitare tutta un'altra serie di fenomeni del mondo come la *non-musica*»<sup>16</sup>.

Il canadese racconta che storicamente la musica era destinata ai luoghi chiusi, come le sale da concerto ed i teatri, mentre la non musica, con cui intende la musica non autorizzata, quella non colta o, per i bianchi, la musica *jazz* dei neri, era destinata ad una produzione, e quindi alla sua fruizione, all'aperto. Di conseguenza alla musica si contrappone la non musica: il rumore. Questo, relegato all'esterno, è divenuto poi, con il passare dei secoli, e a causa di nuove invenzioni sempre più rumorose (sia per motivi tecnici<sup>17</sup> che "politici"<sup>18</sup>)<sup>19</sup>, inquinamento acustico<sup>20</sup>.

Questo, è l'insieme degli effetti negativi prodotti dai rumori presenti nell'ambiente circostante e può provocare vere e proprie lesioni dell'orecchio interno ed essere quindi causa di una parziale o totale perdita dell'udito. Secondo l'articolo 2 della legge quadro sull'inquinamento acustico (legge n. 447/1995), questo è

---

<sup>16</sup> Cfr. NATTIEZ, Jean-Jacques, 1987, *Il discorso musicale - Per una semiologia della musica*, a cura di Rossana Dal Monte, Einaudi, Torino, p. 14. Corsivo mio.

<sup>17</sup> Con motivi tecnici intendo dire che tecnologia non permetteva la costruzione di macchine più silenziose.

<sup>18</sup> Con motivi politici intendo invece dire che in un determinato periodo storico, rumore era sinonimo di potere: chi lo produceva era importante nella società e come tale temuto e rispettato. Come esempio posso portare le campane delle chiese o i rumori delle fabbriche. Il potere temporale e quello capitalista.

Riguardo la storia, non si deve dimenticare che nell'antichità i rumori prodotti da tuoni, vulcani, forti venti, erano considerati manifestazioni divine.

<sup>19</sup> Cfr. MURRAY SCHAFFER, Raynold, 1977, *op. cit.*, pp. 105-114.

<sup>20</sup> Cfr. MURRAY SCHAFFER, Raynold, 2001, *Musica/non musica, lo spostamento delle frontiere*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*, p. 349.

l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare:

- fastidio o disturbo al riposo ed alle attività umane;
- pericolo per la salute umana;
- deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti, dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno tale da interferire con le legittime fruizioni degli ambienti stessi.

Per quanto riguarda l'inquinamento acustico, Murray Schafer sosteneva già nel 1968 che il paesaggio sonoro sarebbe stato costituito da una nuova "orchestra", composta da

«ogni e qualsiasi cosa capace di produrre suoni o rumori, [dove] il concerto è continuo e noi ci troviamo ad essere simultaneamente spettatori, esecutori e compositori, responsabili di renderlo più bello o lasciarlo degradare nella bruttezza e nella volgarità»<sup>21</sup>.

Nonostante quanto si creda e quanto appena affermato, ovvero la distinzione tra i tre vocaboli, vedremo che il significato di questi tre termini (senza dimenticare la musica) sono in verità tangenti, o (forse) meglio, parte essenziale l'uno degli altri.

Torniamo ora ai soggetti di questo paragrafo. Ma per parlare di questi, dobbiamo uscire un po' dall'ambito della comunicazione per entrare in quello della fisica e della psicologia.

---

<sup>21</sup> Cfr. MURRAY SCHAFER, Raynold, 2001, *op. cit.*, p. 358.

## 1.1 Il silenzio

Come prima cosa credo che se si parla del suono occorre anche parlare di ciò che non è suono, il silenzio appunto.

Parafrasando Murray Schafer, e con un po' di (direi molta) presunzione «è soltanto meditando sul silenzio che può concludersi qualsiasi studio sul suono degno del suo nome»<sup>22</sup>. Meditando su di esso, io inizio il mio.

Ma perché scrivere del silenzio? Forse perché «sembra essere lo sfondo dal quale il *suono* si distacca»<sup>23</sup>.

Dal latino *silentium*, con questo termine si indica l'assenza di rumori, suoni, voci e simili, ovvero quando il mezzo di trasmissione è fisicamente in stato di quiete. Può essere sia una condizione che si verifica in un ambiente, sia caratterizzata da una determinata situazione (ad esempio il silenzio in un teatro o cinema durante uno spettacolo o quello in chiesa durante i momenti di preghiera).

Sono stati scritti migliaia di testi sul suono, sulla musica e sull'audio in generale. Dalla storia alla fisica e alla psicologia, il suono è stato studiato, scritto, raccontato. Ma molto poco si è detto sulla sua assenza: sul silenzio. Perché? È difficile trovare un testo sul silenzio. Forse perché meno interessante del suono, forse perché c'è poco da dire, probabilmente perché la nostra società non ama il silenzio tanto che, nel nostro mondo, è in via di estinzione. Probabilmente già

---

<sup>22</sup> Cfr. MURRAY SCHAFER, Raynold, 1977, *op. cit.*, p. 281.

<sup>23</sup> Cfr. NATTIEZ, Jean-Jacques, 1987, *op. cit.*, p. 14.

estinto. Forse solo ora ci si potrà rendere conto della sua (ex) presenza, del piacere che si può provare nell'ascoltarlo. O il terrore che si avverte quando non udiamo alcun suono.

Lo stesso che ha portato al cinema sonoro, ovvero ad introdurre la colonna sonora nei film.

Gli studiosi non sono unanimi nello stabilire se la musica abbia accompagnato le immagini cinematografiche sin dalla loro nascita. L'idea secondo la quale il cinema muto non è mai stato muto, sembra oramai essere una "leggenda" tramandata nel corso del tempo, più che rispecchiare ciò che è realmente accaduto.

La prima proiezione cinematografica (muta) è avvenuta a Lione nel 1895 da parte dei fratelli Lumière ma la musica sembra essere stata introdotta solo alcuni mesi più tardi, nel 1896.

Alle origini essa era usata per finalità pratiche, ovvero per mascherare<sup>24</sup> il rumore del proiettore, ma soprattutto psicologiche, ovvero per annullare la «“terribilità” dell'immagine cinematografica muta»<sup>25</sup>.

Il "miracolo" dei fotogrammi in movimento era reso molto meno efficace dalla paura che incuteva negli spettatori: la proiezione di immagini senza la produzione di alcun suono e, soprattutto, di persone in movimento e parlanti tra loro senza udire la loro voce rendeva gli attori simili a dei fantasmi e questo incuteva un senso di straniamento e terrore negli spettatori.

---

<sup>24</sup> Il rumore o un suono può mascherare un altro suono presente nello stesso tempo nello stesso spazio. In questo caso, ovvero in presenza di un suono mascherante, si verifica un cambiamento della soglia dell'udibilità. Cfr. PIERCE, John Robinson, 1983, *The science of musical sound*, Scientific American Books, New York; trad. it., *La scienza del suono*, Zanichelli, Bologna, 1988, pp. 131-139.

<sup>25</sup> Cfr. ADORNO, Theodor Wiesengrund, EISLER, Hanns, 1969, *Komposition für den Film*, Rogner & Bernhard Verlag, München; trad. it., *La musica per film*, Newton Compton, Roma, 1975.

La presenza necessaria della musica nel cinema si è resa quindi necessaria fin da subito ma, l'esigenza di far parte integrante dello spettacolo cinematografico attraverso l'*accompagnamento musicale* (che serve a sottolineare, supportare il film su basi di equivalenze formali, che vanno dall'onomatopea al parallelismo ritmico, a cui si contrappone il *commento musicale*, che interpreta il contesto narrativo e, all'occorrenza, simbolico del film<sup>26</sup>) si presenterà più tardi, quando il cinema comincerà a sviluppare un suo linguaggio specifico, ad avere delle caratteristiche che andranno al di là della meraviglia suscitata dalla novità della semplice visione di immagini in movimento.

Nel 1940 Varèse afferma che la musica deve «accentuare l'effetto drammatico, sottolineare il significato di alcuni precisi passaggi del film o intensificare le emozioni»<sup>27</sup>.

Tornando ora al silenzio, probabilmente la vera risposta alla mia domanda è scritta più avanti, data da un uomo che rappresenta la figura fondamentale per la musica del secolo scorso e (tra le altre cose) autore di un testo chiamato *Silenzio*: il pianista e compositore John Cage.

Prima di giungere a questa risposta, presenterò il silenzio, che si dimostrerà più chiaro se alla lettura si accompagna anche un attento ascolto.

«Quando non c'è suono, l'udito è ancor più in allerta [...] e, per chi possiede un ascolto limpido, il silenzio è – in realtà – un'informazione»<sup>28</sup>.

---

<sup>26</sup> Cfr. MORRICONE Ennio, MICELI Sergio, 2001, *Comporre per il cinema: teoria e prassi della musica per film*, Marsilio, Venezia, p. 103. Corsivo mio.

<sup>27</sup> Cfr. POIRIER, Alain, 2001, *Le funzioni della musica nel cinema*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*, p. 623.

Una volta luoghi silenziosi erano le campagne rispetto alle città. Murray Schafer li considera rispettivamente paesaggi *hi-fi* e *lo-fi* (dall'inglese *high-fidelity* e *low-fidelity*: alta e bassa fedeltà), intendendo con il primo il paesaggio in cui il basso livello sonoro ambientale permette di udire con chiarezza i singoli suoni in maniera discreta, dove fenomeni sonori simultanei si sovrappongono con minore densità, permettendo un ascolto a maggiore distanza. In campagna esiste una prospettiva sonora: c'è un primo piano e c'è uno sfondo.

«La città riduce tale possibilità di ascolto (e visione) a distanza, [e qui,] in un paesaggio *lo-fi*, i singoli segnali acustici si perdono all'interno di una sovrabbondante presenza sonora. Un suono limpido [...] scompare, come mascherato<sup>29</sup>, in un generico rumore a banda larga. La prospettiva non esiste più»<sup>30</sup>.

Certo, le campagne avevano i loro suoni caratteristici, quelli prodotti dagli animali e dai contadini nei loro lavori nei campi. Qui ogni periodo aveva i suoi suoni: quelli del giorno o della notte, dell'estate o dell'inverno, della vendemmia o dell'aratura, della raccolta o della semina e di tutte le altre operazioni che svolgevano gli agricoltori.

Si potevano anche udire i canti durante il loro duro lavoro, quindi può sembrare strano parlare di silenzio in campagna, eppure i suoni prodotti dalle città sono molto più numerosi, forti, presenti, difficili da assorbire, da non ascoltare, da non produrre... rispetto a quelli agresti.

Negli ultimi anni si sono avuti una ripopolazione delle campagne e la nascita del turismo rurale anche per questo motivo. La pace e la

---

<sup>28</sup> Cfr. MURRAY SCHAFER, Raynold, 1977, *op. cit.*, p. 356.

<sup>29</sup> Cfr. PIERCE, John R., 1983, *op. cit.*, pp. 131-139.

<sup>30</sup> Cfr. MURRAY SCHAFER, Raynold, 1977, *op. cit.*, p. 67.

tranquillità lontane dalla vita frenetica della città di cui è andato in cerca il vostro vicino di casa sono anche quelle sonore, anche se spesso lo si dimentica.

L'importanza ottenuta dal silenzio è divenuta così notevole e palese tanto da acquisire anche un valore economico. Silenzio diviene un sinonimo di benessere, di lusso. Un esempio? Dal già citato agriturismo agli alberghi, dalle auto ai computer. Ed i loro progettisti avanzano idee per ottenerlo.

I fruitori delle strutture ricettive, lo cercano sempre più e chi è in grado di offrirlo lo reclamizza e lo quantifica in denaro ottenendo, a parità di altre qualità, un prezzo maggiore per potervi alloggiare. Nelle automobili il silenzio è paragonabile ad un *optional*: un mezzo dall'abitacolo silenzioso vale di più di un altro modello che non possiede questa proprietà. Di ultima generazione i computer silenziosi, più costosi dei loro predecessori o dei calcolatori di pari caratteristiche ma che non utilizzano questa tecnologia.

Ritorniamo ora al nostro soggetto: le campagne erano e sono silenziose. Ma anche in città esistono alcuni luoghi silenziosi, come le chiese e le biblioteche<sup>31</sup>, dove al loro interno possiamo pregare, leggere, studiare, lontani dai fastidiosi rumori che ci deconcentrano e disturbano, o semplicemente cercare un po' di "tranquillità sonora".

Il silenzio è concepito diversamente nel mondo e dalle diverse culture. In alcune religioni esso è molto importante. Lo si trova in un momento di preghiera, di contatto con la divinità. In altre, si prega cantando e ballando. In oriente il silenzio e la meditazione sono fondamentali.

---

<sup>31</sup> *Ibid.*, p. 350.

Diversamente,

«nella società occidentale il silenzio ha un valore negativo, è un vuoto. Per l'uomo occidentale, il silenzio equivale a un'interruzione della comunicazione [...] e la contemplazione del silenzio totale si è trasformata in un'esperienza negativa e terrificante»<sup>32</sup>.

Nonostante l'uomo abbia «bisogno di momenti di calma e silenzio per ritrovare la propria serenità mentale e spirituale»<sup>33</sup>, come detto appena alcune righe sopra, l'uomo ha paura della mancanza di suoni, poiché «il silenzio definitivo è quello della morte. Ed è nelle cerimonie commemorative che il silenzio raggiunge la sua dignità più alta»<sup>34</sup>. Qui assume un significato simbolico, di ricordo, raccoglimento, dolore. È un riconoscimento postumo in onore a qualcuno che non è più tra noi.

Lo stesso che dobbiamo al silenzio stesso, perché solo oggi che lo abbiamo perso ne apprezziamo la sua importanza<sup>35</sup>.

Per capire bene il silenzio devo però parlare di musica. Ad un primo impatto quanto appena affermato sembrerebbe una contraddizione, ma il motivo, lo assicuro, verrà compreso solo in seguito. È giunto ora il momento di rispondere alla precedente domanda sul perché scrivere del silenzio. Lo farò iniziando con un aneddoto, probabilmente conosciuto da molti, dato che è ripreso in molti testi, utilizzando tutti gli stili possibili, come in un famoso libro di Queneau.

---

<sup>32</sup> *Ibid.*, p. 353.

<sup>33</sup> *Ibid.*, p. 349.

<sup>34</sup> *Ibid.*, p. 353.

<sup>35</sup> *Ibid.*, p. 350.

Peccando probabilmente in fantasia, lo presenterò anche io. Si tratta di un pezzo musicale di John Cage, con il quale ha sorpreso e scandalizzato, affascinato ed eccitato tutti, presenti e non, all'esecuzione, facendo scrivere ancora di lui e di questo evento a distanza di anni.

Nonostante sia stato già descritto in migliaia di pagine, mi sembra fondamentale riprenderlo, perché non credo sia possibile trattare questo argomento senza scrivere di John Cage.

È il 29 luglio del 1952, quando a Woodstock, nello stato di New York, il pianista David Tudor eseguì per la prima volta il brano "4'33" del compositore John Cage. Lo stesso autore considererà questa sua composizione-idea la più riuscita ed efficace.

La partitura della composizione:

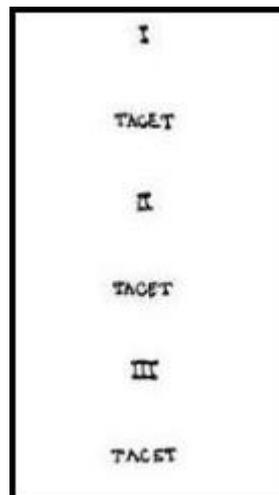


Figura 1 - Partitura di "4'33"<sup>36</sup>

<sup>36</sup> Da <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/c/cc/433score.jpg>.

Molti, soprattutto chi non conosce la musica, si chiederanno il significato. Beh, prima di tutto posso assicurare loro che anche chi non ha mai pigiato su di uno dei suoi ottantotto tasti è in grado di eseguire questo brano al pianoforte.

Perché? E soprattutto, cosa significa? Dove sono pentagramma e notazione musicale? Semplice: non ci sono. *Tacet* (nello spartito) è l'indicazione internazionale con la quale si prescrive ad uno strumento di non intervenire per un certo numero di battute oppure un intero movimento. Per i profani della musica, lo spartito di 4'33" sarebbe ben rappresentato dall'edizione italiana del 1971 del libro di Cage *Silenzio. Antologia da Silence e A year from Monday*, edito da Feltrinelli, dove in copertina si ha uno spartito vuoto, senza nemmeno la chiave di Sol o di Fa che si trovano nelle notazioni musicali.

Il giorno della prima mondiale di questo brano, il pianista si sedette al pianoforte ed eseguì il suo pezzo: tre movimenti, rispettivamente di 33", 2'40" e 1'20" di silenzio, di nulla. O di tutto? Probabilmente quattro minuti e trentatrè secondi di caso.

La leggenda narra che in quel momento le finestre dell'auditorium fossero aperte. In silenzio nel silenzio, si poteva quindi ascoltare la musica "scritta" dall'uomo e dalla natura nella partitura della vita che si aveva in quel momento in quel luogo. Suoni e rumori che provenivano dall'esterno, e il mormorio degli increduli e delusi spettatori.

Avete letto bene: l'esecutore non deve fare assolutamente niente e il pubblico non deve fare altro che ascoltare, ascoltare la "musica" che viene creata dai rumori interni alla sala da concerto (bisbigli, colpi di tosse, scricchiolii...) e da quelli che provengono dall'esterno.

«Ciò che il compositore proponeva era la percezione allargata dei suoni che ci circondano»<sup>37</sup>.

«Ciò che ascoltando 4'33" taluni credevano fosse silenzio, poiché ignoravano come ascoltare, è pieno di suoni accidentali. Alla prima esecuzione si poteva sentire, durante il primo movimento, il vento che soffiava dall'esterno. Durante il secondo gocce di pioggia cominciarono a picchiare sul tetto, e durante il terzo la gente stessa produsse ogni genere di suono interessante parlando o uscendo dalla sala»<sup>38</sup>.

Cage riconosce al mondo sonoro una vita propria, al pari di tutte le creature viventi e, come tali, nel pieno diritto di vivere la propria durata. Secondo lui «tutto ciò che facciamo è musica»<sup>39</sup>, perché

«... potenzialmente [il silenzio] contiene tutti i suoni, reali o immaginari, apre le barriere e offre tutte le vibrazioni al musicista perché possa costruire il suo mondo sonoro; è aperto a tutte le possibilità, fino ai limiti dell'indeterminazione: il caso, l'*happening* saranno le sole regole del gioco»<sup>40</sup>.

Non fu capito in quel momento, eppure si considera questo avvenimento, questa provocazione, come uno spartiacque, che ha fatto storia, quella della musica, dell'arte, ed ha cambiato il modo di pensare, di concepire e di scrivere musica. Cage non voleva che il suo lavoro fosse condizionato dai suoi gusti personali, perché sosteneva

---

<sup>37</sup> Cfr. BATTIER, Marc, 2001, *La scienza e la tecnologia come fonti d'ispirazione*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*, p. 370.

<sup>38</sup> Cfr. [http://italia.allaboutjazz.com/articles/arti0103\\_002\\_it.htm](http://italia.allaboutjazz.com/articles/arti0103_002_it.htm).

<sup>39</sup> Cfr. FROVA, Andrea, 2006, *Armonia celeste e dodecafonia. Musica e scienza attraverso i secoli*, Biblioteca Universale Rizzoli, Milano, p. 86.

<sup>40</sup> Cfr. SMOJE, Dujka, 2001, *L'udibile e l'inudibile*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*, p. 194.

che la musica debba essere indipendente dai sentimenti e dalle idee del compositore.

È per questo che ha invitato ad ascoltare il mondo; la sua opera è intesa come dimostrazione della vita. È l'intenzione di ascolto che può quindi conferire a qualsiasi cosa il valore di opera; Cage voleva “semplicemente” dimostrare che fare qualcosa che non sia musica è musica. Ciò implica di conseguenza un'altra definizione di musica, senso della composizione e dell'atto creativo<sup>41</sup>.

Per quanto riguarda la definizione, lo stesso Cage ne propone una: «La musica è i suoni, i suoni che ci circondano, ci si trovi o meno in una sala da concerto»<sup>42</sup>.

Già, stiamo entrando in un campo che ad un primo momento sembrerebbe estraneo allo scopo, ma in verità (solo secondo il mio punto di vista) per capire bene il silenzio è necessario scrivere di musica e di Cage.

Yehudi Menuhin, nel 1974 quando era presidente dell'*International Music Council* (Consiglio internazionale della musica) dell'UNESCO<sup>43</sup>, propose che la giornata Mondiale della Musica fosse celebrata (tra l'altro) con alcuni minuti di silenzio<sup>44</sup>.

Due altre domande potrebbero sorgere.

Come nacque l'idea di questo pezzo silenzioso? E perché con tutti i minutaggi possibili proprio 4'33" e non alcuni minuti in meno o secondi in più?

---

<sup>41</sup> *Ibid.*

<sup>42</sup> Cfr. MURRAY SCHAFER, Raynold, 1977, *op. cit.*, p. 15.

<sup>43</sup> *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura).

<sup>44</sup> Cfr. <http://www.unesco.org/imc-OLD/imdhist.html>.

Il collegamento alla nota canzone *The sound of silence* (il suono del silenzio) dei cantautori Simon & Gurfunkel è fin troppo semplice e diretto, ma il disco che la contiene, *Wednesday Morning, 3 A. M.*<sup>45</sup>, è datato 1964.

Cage non ha preso ispirazione da loro. Forse ha letto Edgar Allan Poe, che nel suo *Al Aaraaf, Tamerlane and Minor Poems*<sup>46</sup>, scrive «*A sound of silence on the startled ear...*».

Probabilmente lo ha letto, ma l'idea non sembra essere frutto della lettura di Poe. Cage non sembra nemmeno essere stato influenzato dal suo amico pittore Robert Rauschenberg, celebre tra l'altro anche per i suoi *white paintings*: tele completamente bianche.

Nonostante lo stesso compositore affermi: «I quadri bianchi vennero per primi; il mio pezzo silenzioso venne più tardi»<sup>47</sup>, a quanto pare l'idea di *4'33"* è venuta dopo un'esperienza in una camera anecoica (uno spazio artificiale, completamente insonorizzato, costruito per esperimenti e simulazioni scientifiche, nel quale si riesce ad annullare qualsiasi vibrazione esterna) presso l'Harvard University.

Qui l'annullamento delle vibrazioni esterne permette l'abbassamento della soglia percettiva e Cage percepì due suoni, uno acuto e l'altro grave: i suoni interni del proprio corpo, prodotti rispettivamente dal suo sistema nervoso e dalla circolazione del suo sangue<sup>48</sup>. Il compositore capì quindi che questi due suoni non ci abbandonano finché siamo in vita, e non ci lasceranno mai in assoluto e completo silenzio.

---

<sup>45</sup> SIMON & GURFUNKEL, 1964, *Sound of silence*, in *Wednesday Morning, 3 A. M.*, U.S.A., CBS Records, 1964.

<sup>46</sup> Cfr. POE, Edgar Allan, 1829, *Al Aaraaf, Tamerlane and Minor Poems*. <http://www.eapoe.org/WorkS/poems/aaraafc.htm>.

<sup>47</sup> Cfr. CAGE, John, 1961, *Silence*, Wesleyan University Press, Middletown, Connecticut; a cura di Renato Pedio, *Silenzio. Antologia da Silence e a year from Monday*, Giacomo Feltrinelli Editore, Milano, 1976, p. 120.

<sup>48</sup> Cfr. MURRAY SCHAFER, Raynold, 1977, *op. cit.*, p. 353.

È in seguito a questa esperienza che Cage, oltre a “partorire” 4’33”, giunse a delle conclusioni che ne fanno i suoi principi, e una consapevolezza (anche alle orecchie degli altri) mai considerata prima. Possiamo riassumerle con alcune sue celebri frasi:

«Finché non sarò morto esisteranno suoni; e seguiranno dopo la mia morte»<sup>49</sup>;

«Qualcosa da udire c’è sempre»<sup>50</sup>;

«Il silenzio non esiste. C’è sempre un qualcosa che produce un suono»<sup>51</sup>.

Proviamo ora a rispondere ora alla seconda domanda. Sembrerebbe che Cage non disse mai perché scelse 4’33”. Così la fantasia di ricercatori ed appassionati è stata stimolata ed alcune teorie sono state avanzate. Tra queste, una afferma che 4’33” è il tempo impiegato dal fungo atomico, provocato dalla bomba nucleare *Little Boy* che ha colpito la città di Hiroshima il mattino del 6 agosto 1945, per raggiungere la sua massima altezza.

Un’altra, afferma che 4’33” sono uguali a 273”. Se invece di tempo pensiamo alla temperatura, cambiando i secondi in gradi abbiamo 273°. Ma di quale scala? 273° Kelvin corrispondono a 0° Celsius, e quindi 0° della scala Kelvin corrispondono a -273° Celsius, il cosiddetto zero assoluto<sup>52</sup>, corrispondente alla situazione limite, in cui le molecole di un gas non si muovono più, dove la selva delle emissioni si dirada fino a tacere. Si ha quindi l’unico vero silenzio. Una temperatura in cui tutto è immobile, congelato, nel senso più vero del termine. Che sia solo una coincidenza? È probabile. Questa

---

<sup>49</sup> Cfr. CAGE, John, 1961, *op. cit.*, p. 28.

<sup>50</sup> *Ibid.*, p. 27.

<sup>51</sup> Cfr. MURRAY SCHAFFER, Raynold, 1977, *op. cit.*, p. 353.

<sup>52</sup> Cfr. FROVA, Andrea, 2006, *op. cit.*, p. 86.

soluzione, nonostante sia molto affascinante, sembrerebbe però essere solo una teoria e non la realtà. Probabilmente Cage voleva comunicarci anche altro, o forse il suo significato è davvero stato svelato da una di queste teorie, o più semplicemente non c'era niente di scientifico in quei minuti, ma “solo” il caso.

In effetti anche questo sarebbe un tema a lui caro. Celebri sono i suoi pezzi affidati alla totale casualità, in cui

«[...] l'ascoltatore è lasciato di fronte all'alea sonora dell'ambiente, sola fonte di musica realmente tangibile; [...] in *Imaginary Landscape n. 4* [paesaggio immaginario n. 4] dodici radio e ventiquattro esecutori incrociano casualmente nei loro percorsi i suoni, i rumori, le parole senza l'intervento del compositore»<sup>53</sup>

o altri, dove scrive delle composizioni per pianoforte in cui le note susseguite sono determinate dal lancio dei dadi.

La corrispondenza tra i 273” e lo zero assoluto, potrebbe quindi trattarsi di una “semplice” coincidenza numerica. In questo caso il fascino si accrescerebbe elevandosi a potenza e magari possiamo immaginare il divertimento dello stesso Cage nel vedere la curiosità e il modo in cui le persone cercavano di dare risposta alla domanda «Perché proprio 4'33”?». Domanda la cui risposta potrebbe essere stata, in questo caso, un semplice «E perché non 4'33”?»

Tornando al tema principale, ovvero al significato del brano, alcuni concordano con Cage, come Murray Schafer quando afferma che «Il

---

<sup>53</sup> Cfr. IMBERTY, Michel, 2001, *Continuità e discontinuità*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*, p. 539.

silenzio è suono»<sup>54</sup>, o Boulez (che come Cage) considera il silenzio *materia sonora*<sup>55</sup>.

Tornando al brano da cui è iniziata la digressione, lo stesso autore ha affermato:

«Penso che la mia migliore composizione, almeno quella che preferisco, è il pezzo silenzioso 4'33". Consiste di tre movimenti senza suono. Volevo che la mia musica fosse liberata dai sentimenti e dalle idee del compositore. Ho sentito e spero di aver portato le persone a sentire che i suoni del loro ambiente costituiscono una musica molto più interessante che non la musica che ascolterebbero se si trovassero in una sala da concerto»<sup>56</sup>.

Ma...

«Nessuno colse il significato. Il silenzio non esiste. Ciò che pensavano fosse silenzio (nel mio 4'33") si rivelava pieno di suoni accidentali, dal momento che non sapevano ascoltare. [...] La gente cominciò a bisbigliare, e alcuni cominciarono a uscire. Nessuno rise, si irritarono quando si accorsero che non sarebbe accaduto nulla, e di sicuro dopo trent'anni non l'hanno ancora dimenticato: sono ancora arrabbiati. [...] A causa di questo, persi degli amici ai quali tenevo molto. Pensavano che chiamare musica qualcosa che non sei stato tu a fare, equivalesse, in un certo senso, a gettare fumo negli occhi»<sup>57</sup>.

Nel pezzo 4'33" si ha una «fusione del silenzio e della realtà, divenuta materia prima della musica»<sup>58</sup>.

---

<sup>54</sup> *Ibid.*, p. 354.

<sup>55</sup> Cfr. SMOJE, Dujka, 2001, *op. cit.*, p. 194. Corsivo mio.

<sup>56</sup> Cfr. CAGE, John, "Interview with Jeff Goldberg", in *The Transatlantic Review*, n.55-56 del maggio 1976.

<sup>57</sup> Cfr. <http://www.maitreya.it/menurivista/dharma18/scelsi.htm>.

<sup>58</sup> Cfr. SMOJE, Dujka, 2001, *op. cit.*, p. 194.

«Grazie al silenzio, i rumori entrano definitivamente nella mia musica, e non una selezione di certi rumori, ma la molteplicità di tutti i rumori esistenti o che avvengono»<sup>59</sup>.

I compositori di oggi si interessano al silenzio perché è in via di estinzione<sup>60</sup>, ma anche perché influenzati dallo statunitense. Secondo Cage non esiste una reale e oggettiva separazione tra suono e silenzio, ma soltanto tra l'intenzione di ascoltare e quella di non farlo. Sostiene che il silenzio non esiste, ma gli attribuisce lo stesso un significato essenziale: la rinuncia a qualsiasi intenzione (compositiva).

Grazie a quanto appena detto abbiamo dimostrato che il silenzio non esiste, ma è “solo”... un rumore di fondo. Solamente ora che si è detto del silenzio si può finalmente parlare di suono e rumore.

Nonostante la confutazione di quanto sostenuto in precedenza - ovvero la distinzione tra silenzio, suono e rumore - continuiamo lo stesso su questa convenzione.

---

<sup>59</sup> Cfr. CAGE, John, citato in SMOJE, Dujka, 2001, *op. cit.*, p. 194.

<sup>60</sup> Cfr. MURRAY SCHAFER, Raynold, 1977, *op. cit.*, p. 354.

## 1.2 Il suono

Con il termine suono viene indicato sia il fenomeno fisico-acustico consistente nelle vibrazioni periodiche di un corpo elastico trasmesse all'ambiente e che giungono fino al nostro orecchio, sia il suo effetto soggettivo, ovvero la sensazione prodotta dalla sollecitazione dell'apparato uditivo e dalla percezione dell'impulso sensoriale.

I modi di produzione del suono dipendono dalla struttura fisico-acustica del corpo posto in vibrazione. Quest'ultimo può essere costituito da:

- una corda in tensione (strumenti a corda o l'apparato vocale);
- la colonna d'aria contenuta in un tubo (strumenti a fiato, l'organo);
- una membrana tesa o un materiale solido capace di vibrare per percussione (percussioni, pianoforte);
- generatori elettrofonici che trasformano le oscillazioni elettriche in vibrazioni acustiche (strumenti elettronici, sintetizzatori).

Le vibrazioni prodotte si trasmettono all'elemento circostante, costituito generalmente dall'aria, ma potrebbero essere anche altri corpi elastici o liquidi, propagandosi mediante condensazioni molecolari generate dalla pressione acustica, alternate da rarefazioni, con andamento periodico a onda, coerente con la frequenza delle vibrazioni della sorgente sonora. Il termine vibrazione è usato per indicare il moto di un corpo attorno alla sua posizione di equilibrio.

Si tratta quindi di trasmissione di energia: il corpo vibrante, detto sorgente sonora, trasmette la sua energia alle particelle molecolari vicine. Queste a loro volta la trasmettono a quelle vicine per poi tornare alla loro posizione di equilibrio e così via finché le particelle giungono al nostro timpano o ad un microfono.

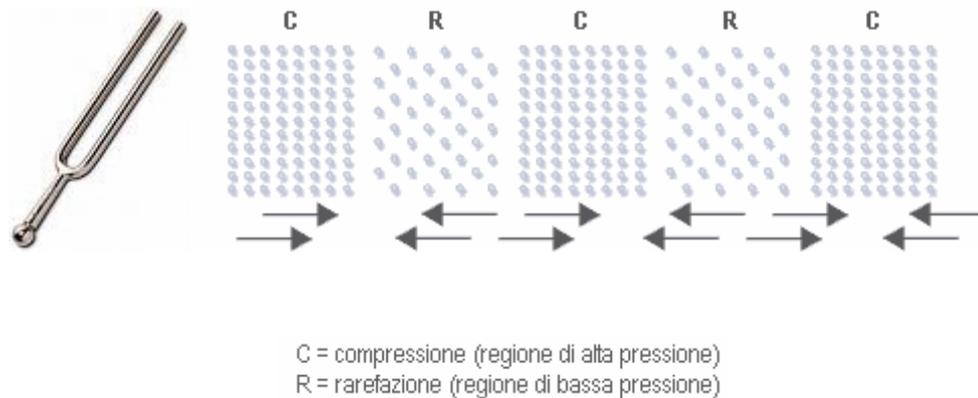


Figura 2 - Una sorgente sonora in vibrazione produce la compressione e la rarefazione di molecole d'aria.

Per rappresentare il modo in cui il suono si propaga nell'ambiente in cui agisce la sorgente sonora, si usa prendere ad esempio una sfera pulsante sospesa idealmente nell'aria. Le pulsazioni si propagano in tutte le direzioni allo stesso modo, ma con ampiezza che diminuisce in riferimento alla distanza.

Come accade alla superficie dell'acqua quando gettiamo un sasso in uno stagno. Fu Vitruvio a teorizzare questa analogia con la propagazione del suono.

Le condensazioni e le rarefazioni delle particelle generano un'onda sonora che si propaga con una certa velocità dipendente dalle proprietà del mezzo (più veloce in quelle di densità maggiore) che è di

340 metri circa al secondo ad una temperatura di 20° centigradi, per quanto concerne l'aria.

È possibile disegnare un'onda sonora.

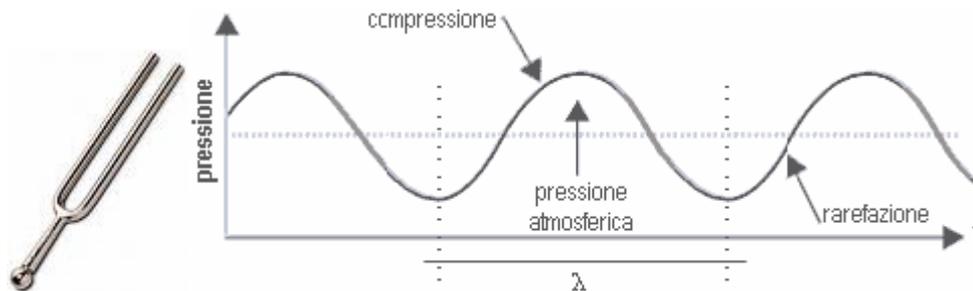


Figura 3 - Un'onda sonora prodotta dalle vibrazioni di una sorgente sonora.

La lunghezza d'onda  $\lambda$ , detta anche ciclo o periodo, è la distanza che un'onda percorre mentre compie un ciclo completo, ovvero affinché raggiunga il valore iniziale dopo aver superato un massimo e un minimo.

La distanza del punto massimo dell'onda dall'asse delle ascisse indica, l'ampiezza delle vibrazioni: la distanza massima percorsa dalla particella dalla sua posizione di riposo durante l'oscillazione.

Dal numero di periodi che si hanno in un secondo si ottiene la frequenza, misurata in Hertz (Hz), che indica il numero di oscillazioni compiute dalla particella in un secondo. Dall'ampiezza dell'onda, invece, otteniamo l'intensità, misurata in decibel (dB).

Quella rappresentata è un'onda sonora sinusoidale, rappresentante un suono puro.

In natura questo tipo di suono non esiste, ma è possibile produrlo solo grazie all'elettronica.

In tutti gli altri casi, come gli strumenti musicali e le voci umane, si hanno vibrazioni che generano suoni complessi.

La frequenza, ovvero il numero di vibrazioni al secondo misurata in Hertz, delle vibrazioni che compongono un suono complesso ma di altezza riconoscibile, è soggetta a un vincolo armonico: si considera di valore unitario la frequenza della vibrazione più lenta, detta prima armonica o fondamentale, mentre quella delle altre componenti è sempre data da multipli di essa, secondo una progressione aritmetica (1 fondamentale, 2, 3, 4, ..., n. Da sottolineare il fatto che si tratta solo di multipli interi).

Le frequenze che risultano da questa progressione vengono chiamate armoniche o parziali e la forma d'onda risulta dall'insieme delle armoniche che la compongono<sup>61</sup>.

---

<sup>61</sup> Cfr. FROVA, Andrea, 2006, *op. cit.*, pp. 124-129.

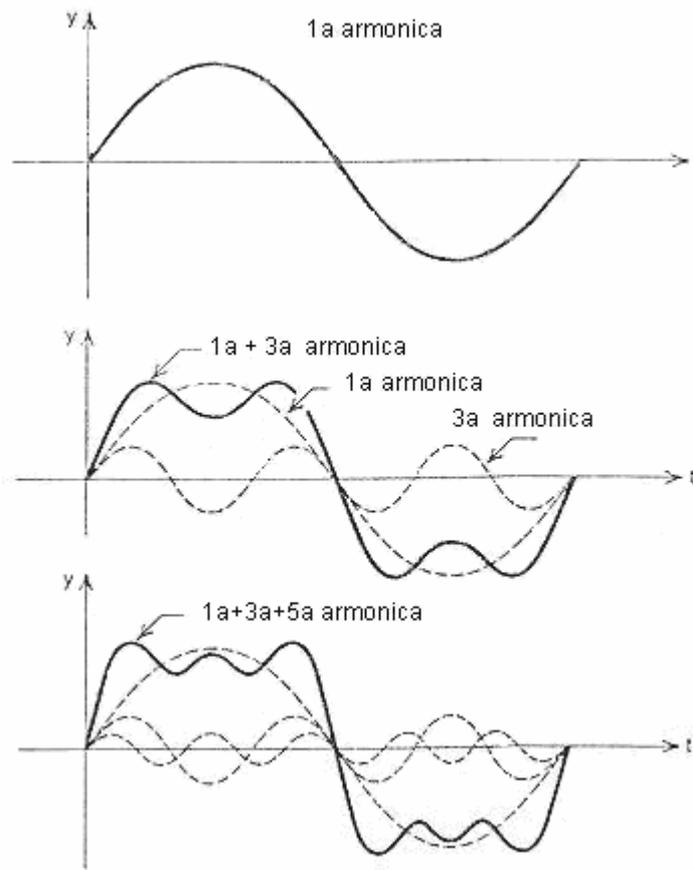


Figura 4 - Armoniche e onda risultante.

Ogni suono ha tre proprietà caratteristiche che lo distingue: l'altezza, l'intensità e il timbro.

L'altezza è legata alla frequenza delle onde sonore. Un suono si dice tanto più alto, o acuto (o tanto meno basso, o grave) quanto maggiore è la sua frequenza del suono fondamentale. L'altezza è infatti sempre fisiologicamente determinata dalla frequenza del suono fondamentale, anche se questo ha intensità assai minore di quella dei successivi armonici.

Con intensità, si intende quella della sensazione sonora, in base alla quale i suoni sono soggettivamente distinti, in forti, e deboli. Nella rappresentazione di un'onda sonora, l'intensità è rappresentata dall'ampiezza dell'onda, ovvero dallo spazio tra il punto più alto e quello più basso raggiunti sull'asse delle frequenze.

Il timbro, è un carattere, difficilmente definibile in termini generali, legato alla composizione armonica dei suoni; un suono puro è assolutamente privo di timbro, e perciò in genere non riesce gradevole quanto un suono dal ricco contenuto di armonici. Il timbro è quello che ci fa capire, ad esempio, quale strumento ha prodotto una nota. È un carattere distintivo di ogni suono. A volte viene paragonato al sapore di un cibo: ogni pietanza ha il proprio particolare gusto, come ogni strumento o qualunque oggetto provochi un suono, ha il suo caratteristico timbro.<sup>62</sup>

La localizzazione di una sorgente sonora è possibile grazie al cosiddetto ascolto binaurale. L'identificazione spaziale di un suono è dovuto alla differenza di percezione delle sue orecchie. La forma d'onda delle onde sonore che raggiungono i timpani dell'ascoltatore viene modificata dall'interazione con il corpo dell'ascoltatore stesso (testa, padiglioni auricolari, canali uditivi).

La percezione del suono è l'insieme dei processi fisiologici e psicologici attraverso i quali gli impulsi trasmessi all'udito si trasformano in sensazioni coscienti.

---

<sup>62</sup> Cfr. FROVA, Andrea, 2006, *op. cit.*, pp. 276-290.

La disciplina che si occupa di tale campo di indagine prende il nome di psicoacustica.

Ci sono suoni non udibili dall'uomo. E non tutte le frequenze udibili lo sono allo stesso modo: l'orecchio non è ugualmente sensibile a tutte le frequenze. Questa è massima fra i 2000 e i 5000 Hz, mentre è nulla al di sotto dei 16-20 Hz e al di sopra dei 16.000-20.000 Hz. A volte riusciamo a percepire suoni di bassa frequenza come fossero sensazioni tattili: non li percepiamo acusticamente ma sentiamo parti interne del nostro corpo che vibrano sensibilmente. Le frequenze inferiori ai 16-20 Hz costituiscono gli infrasuoni; quelle superiori ai 16.000-20.000 Hz gli ultrasuoni. Queste frequenze non sono udibili dall'uomo, ma macchine ed animali come cani, pipistrelli, cetacei ed elefanti sono in grado di percepirli.

L'Organizzazione Internazionale degli Standard (ISO) ha adottato i risultati di studi che hanno portato alla rilevazione di curve isofoniche. Ciascuna curva corrisponde ad un definito livello sonico espresso in phon. In ordinata viene misurato l'effettivo livello di intensità sonora, misurata in decibel, utilizzata nell'emissione delle varie frequenze riportate in ascissa. La curva isofona più bassa delimita la soglia di udibilità, ovvero il suono minimo percepibile, quella superiore indica invece la soglia del dolore: i suoni che si trovano su quella linea provocano un suono fastidioso e a volte una sensazione di dolore per l'orecchio umano.<sup>63</sup>

---

<sup>63</sup> Cfr. PIERCE, John Robinson, 1983, *op. cit.*, pp. 117-129.

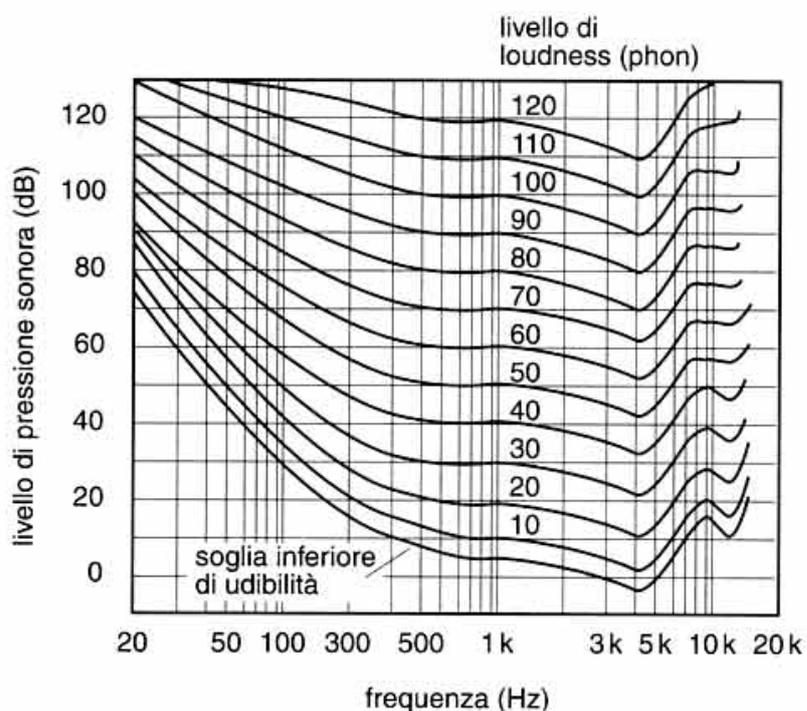


Figura 5 - Curve di isofonia.

L'effetto per il quale due o più suoni prodotti assieme si “disturbano” reciprocamente, si chiama effetto di mascheramento o più semplicemente mascheramento. Il caso più evidente è quello in cui suoni forti coprono suoni deboli. Il suono disturbatore viene chiamato suono mascherante, quello disturbato suono mascherato.

Dal punto di vista psicoacustico l'effetto di mascheramento consiste nell'innalzamento della soglia di udibilità (diminuzione di sensibilità) a scapito del suono mascherato e si misura dal numero di decibel del quale si deve aumentare la sua intensità perché esso torni ad essere udibile. I toni di frequenza inferiore mascherano più facilmente i toni di frequenza superiore di quanto non accada nel rapporto inverso ma il massimo del mascheramento si verifica quando i due toni hanno la stessa frequenza<sup>64</sup>.

<sup>64</sup> Cfr. PIERCE, John Robinson, 1983, *op. cit.*, pp. 131-139.

## 1.3 Il rumore

Dal latino *rumor*, questo termine designa qualunque perturbazione sonora che emerge dal silenzio o da altri suoni e dà luogo ad una sensazione acustica.

In acustica, dal punto di vista oggettivo, fisico, nulla distingue i rumori dai suoni (entrambe le categorie sono onde di pressione sonora), e dunque ai primi si applicano le medesime definizioni e grandezze che si danno ai secondi.

Henry Pousseur, musicista, ha affermato: «a prima vista il rumore è un fenomeno naturale (siamo circondati da rumori), mentre il fenomeno musicale è il medesimo fenomeno decantato in modo tale che si possa percepire un ordine, un'unità»<sup>65</sup>, ma prima di lui già Hermann von Helmholtz, lo definì come un insieme di suoni non periodici, e Russolo, basandosi sui lavori di quest'ultimo affermò: «Si chiama *suono* quello dovuto ad una successione regolare e periodica di vibrazioni; *rumore*, invece, quello dovuto a movimenti irregolari tanto per il tempo, quanto per l'intensità»<sup>66</sup>.

Il rumore è quindi un sinonimo di suono, ma viene impiegato nel linguaggio per descrivere suoni giudicati non musicali o sgradevoli e fastidiosi, dovuto al fatto che è assente un preciso carattere di periodicità presente invece in ciò che chiamiamo suoni. Spesso si utilizza correntemente la parola rumore per indicare un suono.

---

<sup>65</sup> Cfr. BOIVIN, Jean, 2001, *Musica e natura*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*, p. 338.

<sup>66</sup> Cfr. NATTIEZ, Jean-Jacques, 1987, *op. cit.*, p. 23.

Ne *Il paesaggio sonoro*<sup>67</sup>, Murray Schafer lo presenta come un vocabolo che possiede diversi significati, tra cui:

- suono non desiderato;
- suono non musicale;
- tutti i suoni di forte intensità;
- segnale di disturbo all'interno di qualsiasi sistema di comunicazione<sup>68</sup>.

La prima definizione sembra essere la più accettata.

Porto ad esempio due, ma non i soli, particolari tipi di rumore:

- il *rumore ambientale*: quello presente in un determinato ambiente (se si presenta piuttosto uniforme e continuo viene chiamato anche *rumore di fondo*);
- e il *rumore bianco*, ovvero un rumore dallo spettro uniforme, dalle frequenze distribuite nel campo acustico (20-20.000 Hz), nessuno dei quali spicca rispetto agli altri<sup>69</sup>.

Il rumore è prodotto da innumerevoli fonti naturali ed artificiali, espresse o accidentali e il loro sommarsi dà luogo al cosiddetto inquinamento ambientale.

A volte la percezione di un suono o di un rumore è soggettiva, oltre che a variare nel tempo e nello spazio<sup>70</sup> ma ci sono alcuni rumori

---

<sup>67</sup> Cfr. MURRAY SCHAFER, Raynold, 1977, *op. cit.*, p. 254.

<sup>68</sup> Si parla di rumore anche in elettronica, dove si intende l'insieme di segnali in tensione o corrente elettrica indesiderati che si sovrappongono al segnale utile; in informatica e nella teoria dell'informazione indica qualunque tipo di informazione o segnale di disturbo.

<sup>69</sup> Corsivo mio.

<sup>70</sup> Variazione nel tempo: un determinato rumore può essere considerato tale in un'età, ma non in un tempo molto precedente o seguente (un breve esempio: in verità sono sufficienti un paio di generazioni. Quante volte i genitori hanno definito rumore la musica ascoltata dai loro figli! Ora trasportiamo questo concetto al suono, non alla musica. Già, perché queste due parole determinano due ambiti tangenti, ma molto differenti).

Variazione nello spazio: la stessa vibrazione può essere chiamata rumore in un Paese e suono in un altro (ma anche all'interno dello stesso Paese).

considerati tali universalmente, come ad esempio quello prodotto dalle unghie su di una lavagna. Questo evento produce un rumore con una caratteristica molto particolare: si tratta di un fischio che supera la soglia del dolore, punto sensibile per l'orecchio umano e che provoca un suono doloroso per chi ne è in ascolto.

A questo tema si lega quello delle legislazioni sui rumori: da sempre civiltà, Regni e Stati hanno applicato delle legislazioni per vietarne alcuni o ridurre la loro intensità. Nel primo caso si parla di legislazione qualitativa (dei rumori determinati da una società), nel secondo di legislazione quantitativa<sup>71</sup>.

Studi scientifici hanno dimostrato che quantità e qualità dei rumori sono dannose per l'udito umano e possono portare alla sordità o all'abbassamento della soglia di udibilità<sup>72</sup>.

Apriamo ora una breve parentesi sull'utilizzo del rumore in musica. Comprendo chi noti una contraddittorietà in questo. In effetti l'introduzione di questo argomento potrebbe sembrare incompatibile per due motivi: nel linguaggio comune rumore e musica sono "catalogati" come opposti e quindi la musica sembrerebbe essere composta da suoni (musicali) e non da rumori. In più il mio lavoro dovrebbe trattare la trasmissione di informazioni attraverso suoni e non l'utilizzo dei rumori nella storia della musica.

Rispondo immediatamente a questo secondo problema: la sonificazione è una "trasformazione" di un'informazione in suoni, rumori e silenzi. O, per chi preferisce (probabilmente semplificando di

---

<sup>71</sup> Cfr. MURRAY SCHAFER, Raynold, 1977, *op. cit.*, p. 256.

<sup>72</sup> Cfr. CUOMO, Carla (a cura di), 2004, *Musica urbana. Il problema dell'inquinamento musicale*, CLUEB, Bologna.

molto il concetto che c'è sotto), usa suoni, rumori e silenzi per “suonare” delle informazioni; una traslazione musicale di un'informazione. Il legame tra il rumore in musica e la sonificazione è quindi forte.

Chi ha ascoltato delle sonificazioni potrebbe obiettare (nuovamente) dicendo che c'è ben poco di musicale in una sonificazione. Beh, non ha certo torto, ma posso aggiungere che probabilmente non ha ascoltato quelle giuste (poche finora in verità) e che la collaborazione di musicisti in questo ambito, renderà le sonificazioni sempre più simili ad un brano musicale. Certo, non proprio da fischiare o cantare sotto la doccia, nemmeno un motivo con cui rilassarci, ma certamente più simili ad un pezzo di musica che ad un groviglio di rumori, quali oggi sono alcune di esse.

L'utilizzo del rumore in musica, sembrerebbe poi una strana novità, ma in verità non è così. Nel linguaggio quotidiano utilizziamo i termini ‘rumore’ e ‘musica’ in modi completamente differenti, come contrari, ma abbiamo detto che in verità essi sono sinonimi. O almeno il fenomeno fisico che ne è alla base, è lo stesso. Quando i musicisti hanno preso consapevolezza di questo, hanno pensato di introdurre nelle composizioni musicali i rumori, arricchendo con questi le loro partiture.

«Un poco per volta [...] la delicata frontiera tra suono musicale e rumore viene, se non completamente abolita, per lo meno fortemente rimessa in discussione. Tale distinzione<sup>73</sup> è dunque un fatto puramente convenzionale?»<sup>74</sup>.

---

<sup>73</sup> Come detto poco sopra suono e rumore indicano onde di pressione sonora.

<sup>74</sup> Cfr. BOIVIN, Jean, 2001, *op. cit.*, p. 338.

Quanto detto sopra di John Cage è solo un esempio. Il compositore statunitense ne è “solo” un fautore importantissimo per la storia della musica contemporanea.

«Il secondo elemento dell'estetica di Cage, oltre la forma aperta all'alea, è la completa parificazione di suono, rumore e silenzio. È soprattutto tramite il rumore che la realtà esterna fa irruzione nella musica. [...] nella concezione musicale ecumenica di Cage, letteralmente tutto può venire utilizzato come mezzo di produzione del suono, e tutto ciò che suona è musica. Viene abolito il confine tra i segni autoreferenti di un'opera chiusa (i quali non significano altro se non “musica”) e gli eventi sonori funzionali e casuali del mondo circostante»<sup>75</sup>,

«Cage [...] invita a un ascolto dei suoni d'ambiente come unico materiale sonoro del suo lavoro»<sup>76</sup>, proponendo «la percezione allargata dei suoni che ci circondano»<sup>77</sup>.

Dopo il suo pezzo silenzioso di cui abbiamo parlato, sono seguiti altri suoi brani in cui i rumori erano parte della composizione musicale. Altri musicisti lo hanno imitato tanto che, nel suo *Il paesaggio sonoro*, (1977) Murray Schafer, ha

«predetto che entro la fine del secolo musica e paesaggio sonoro si sarebbero fusi. [...] Le reciproche influenze tra ciò che chiamiamo musica e quelli che consideriamo rumori ambientali sono diventate talmente complesse che i due generi, un tempo distinti, cominciano a fondersi in una nuova arte»<sup>78</sup>

---

<sup>75</sup> Cfr. KLÜPPELHOLZ, Werner, 2001, *Il musicista-attore*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*, p. 308.

<sup>76</sup> Cfr. RIVEST, Johanne, 2001, *Alea, happening, improvvisazione, opera aperta*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*, p. 319.

<sup>77</sup> BATTIER, Marc, 2001, *op. cit.*, p. 370.

<sup>78</sup> Cfr. MURRAY SCHAFER, Raynold, 2001, *op. cit.*, p. 355.

e continua affermando che «[il] progressivo venir meno di una distinzione tra musica e rumori dell'ambiente potrebbe rivelarsi la caratteristica principale della musica di tutto il XX secolo»<sup>79</sup>.

Dello stesso pensiero è Nattiez, quando afferma che «di fatto tutta la musica del XX secolo è caratterizzata da uno spostamento dei confine tra “musica” e “rumore”»<sup>80</sup>.

Oggi, con la post-produzione di un disco è facile introdurre rumori in un brano musicale. Si pensi ad esempio ai suoni e gli strumenti prodotti artificialmente<sup>81</sup> o ai campionamenti presenti nella musica, commerciale o meno, odierna.

Ma non si deve commettere l'errore di pensare che questo sia un fenomeno accaduto solo negli ultimi anni: altri musicisti hanno preceduto l'autore di *4'33"*.

«Quando John Cage, aprì le porte delle sale da concerto perché vi entrassero e vi si mescolassero i rumori del traffico, rendeva un inconsapevole omaggio a Russolo. Un debito consapevole, invece, quello di Pierre Schaeffer, negli anni della formazione del gruppo parigino di musica concreta»<sup>82</sup>.

Ed ancora:

«Verso il 1960, John Cage indicò i tre testi che, a suo parere, rappresentavano la base per la creazione musicale: *L'arte dei rumori* di

---

<sup>79</sup> Cfr. MURRAY SCHAFER, Raynold, 1977, *op. cit.*, p. 160.

<sup>80</sup> Cfr. NATTIEZ, Jean-Jacques, citato in DELALANDE, François, 2001, *Il paradigma dell'elettroacustico*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 – *Il Novecento*, p. 383.

<sup>81</sup> Si tratta di «[...] simulazioni di strumenti, dematerializzati e slegati dalla contingenza meccanica, chiamati “strumenti virtuali”, o “iperstrumenti” quando sono suonati in interazione con strumentisti». Cfr. BATTIER, Marc, 2001, *op. cit.*, p. 372.

<sup>82</sup> Cfr. MURRAY SCHAFER, Raynold, 1977, *op. cit.*, p. 160.

Luigi Russolo, *New Musical Resources* di Henry Cowell e *Toward a New Music* di Carlos Chávez»<sup>83</sup>.

Ma come avveniva l'immissione del rumore nella musica? Questo è stato possibile attraverso due modi:

- producendo i rumori *live*, durante la *performance* dell'orchestra, con dei veri e propri "strumenti";
- registrando i suoni su di un nastro (con la seguente possibilità di modificarli) e facendolo ascoltare in contemporanea all'esecuzione dei musicisti (classici).

Per quanto riguarda il primo modo posso portare ad esempio il piano preparato di Cage o gli intonarumori di Russolo.

L'invenzione del "piano preparato", prevede l'introduzione, tra le corde di un pianoforte, di svariati oggetti, come pezzi di gomma, bulloni, vetro e quant'altro, in modo che l'esecutore produca involontariamente suoni diversi da quelli segnati nella partitura. Questo rappresenta, la ricerca di nuovi timbri e una loro casualità (non è infatti il compositore a decidere il timbro come fosse una nota, al massimo egli può suggerirlo) ma anche una provocazione nei riguardi dell'inviolabilità degli strumenti "classici". Il pianoforte, strumento romantico per eccellenza, viene "violentato" con oggetti di uso quotidiano.

Luigi Russolo, compositore e pittore italiano, apparteneva alla corrente dei Futuristi, che rivendicavano nella musica un posto per il rumore. Già nel 1913, nella sua opera *L'arte dei rumori*, parla di

---

<sup>83</sup> Cfr. BATTIER, Marc, 2001, *op. cit.*, p. 366.

“rumore musicale” e di “suoni rumori” per ottenere una musica nuova e davvero contemporanea<sup>84</sup>.

Questo personaggio era considerato quasi un eretico al tempo, ma credeva fortemente nelle sue idee, tanto da costruire degli intonarumori, strumenti che cercavano di riprodurre i rumori della quotidianità, come i ronzatori, gli scoppiatori o gli urlatori, «marchingegni studiati appositamente per introdurre l’uomo moderno al potenziale musicale del nuovo mondo che lo circondava»<sup>85</sup>.

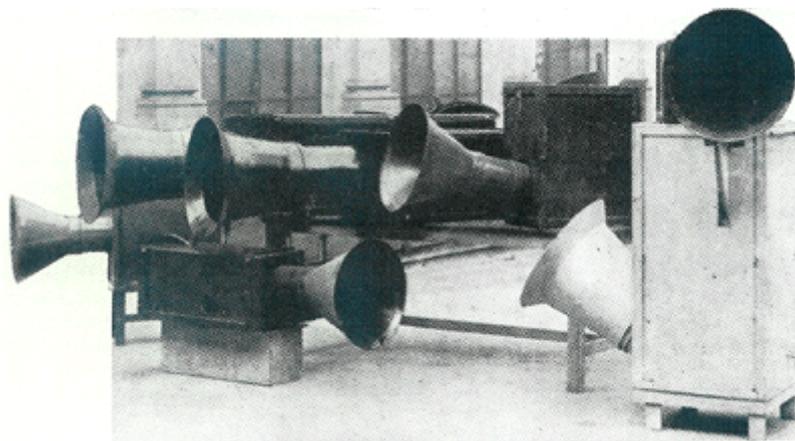


Figura 6 - Foto di alcuni intonarumori del 1919.

«Gli esperimenti di Russolo rappresentano un punto nodale della storia della percezione acustica, un capovolgimento dei ruoli tra figura e sfondo<sup>86</sup>, con l’immondizia al posto della bellezza»<sup>87</sup>.

<sup>84</sup> Cfr. DELALANDE, François, 2001, *op. cit.*, p. 384.

<sup>85</sup> Cfr. MURRAY SCHAFER, Raynold, 1977, *op. cit.*, p. 159.

<sup>86</sup> «La psicologia della percezione visiva parla di “figura” e di “sfondo”: figura è ciò che viene percepito, il ruolo dello sfondo è invece quello di dare alla figura il proprio risalto e il proprio spessore. La figura non può esistere senza lo sfondo. Tolto quest’ultimo, la figura diviene informe, si dissolve». Cfr. MURRAY SCHAFER, Raynold, 1977, *op. cit.*, p. 22.

Portiamo questo concetto alla percezione uditiva: la figura viene chiamata “segnale”, mentre lo sfondo “tonica”.

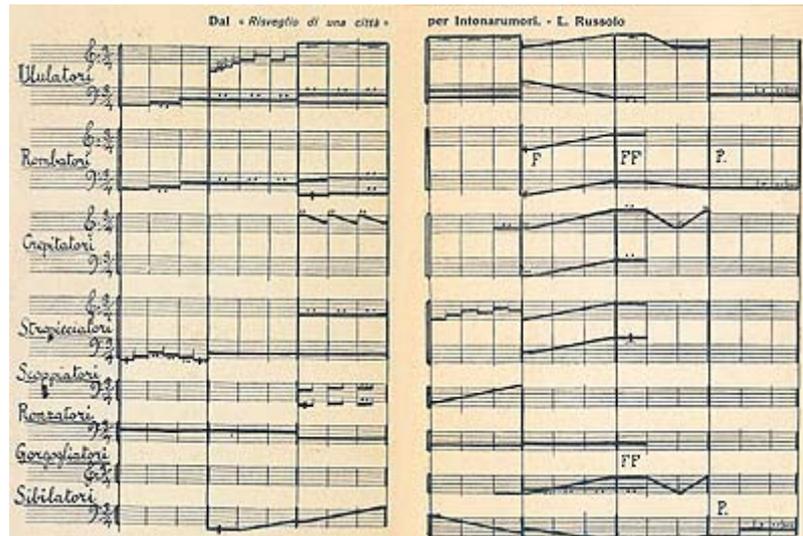


Figura 7 - Partitura di *Risveglio di una città*<sup>88</sup> di Luigi Russolo.

Per quanto riguarda il secondo modo, ovvero la registrazione dei rumori, posso invece portare ad esempio *Le secche del delirio*, composizione per maiali e pianoforte di Walter Marchetti presente in *Vandalia*<sup>89</sup>. Sì, avete proprio letto bene. Non si tratta di uno scherzo. Almeno non mio. Il compositore italiano ha affiancato due pentagrammi, uno scritto da lui stesso, composto da note da riprodurre con un pianoforte, l'altro "scritto" su di un nastro, dovuto ai rumori casuali prodotti dai maiali in una stalla. Ascoltando il pezzo si odono quindi le note del pianoforte ed i grugniti dei maiali, facendo pensare che ci siano degli animali in sala. O un piano nella stalla di una fattoria.

<sup>87</sup> Cfr. MURRAY SCHAFER, Raynold, 1977, *op. cit.*, p. 159.

<sup>88</sup> RUSSOLO, Luigi, 1913, *Risveglio di una città*, in *Futurism & Dada Reviewed 1912-1959*, England, LTM Publishing, 2000.

<sup>89</sup> MARCHETTI, Walter, 1989, *Le secche del delirio*, in *Vandalia*, Italia, Milano, Cramps Records, 1989.

Ma il precursore di questo secondo modo di fare musica (cioè affiancare alla musica dei suoni preregistrati) è il francese Pierre Schaeffer, con la sua *musica concreta*<sup>90</sup>.

Questo tipo di musica deve molto allo sviluppo tecnologico di microfoni, amplificatori, magnetofoni, altoparlanti, che hanno permesso la creazione di molti suoni nuovi, perché utilizza le registrazioni. I suoni venivano registrati, poi potevano essere accelerati, rallentati, riprodotti al contrario o manipolati in qualunque modo.

È lo stesso Schaeffer che nel 1948 definisce la musica concreta un «*collage* e un assemblaggio su nastro magnetico dei suoni preregistrati a partire da materiali sonori vari e concreti» («*collage et un assemblage sur bande magnétique de sons pré-enregistrés à partir de matériaux sonores variés et concrets*»<sup>91</sup>).

Questa musica è stata definita concreta dai loro inventori, poiché essa è costituita da elementi preesistenti (dunque concreti), presi in prestito da un qualsiasi materiale sonoro, sia rumore o musica tradizionale. Questi elementi sono poi composti in modo sperimentale mediante una costruzione diretta che tende a realizzare una volontà di composizione senza l'aiuto, di una notazione musicale tradizionale.

«Vi si possono quindi aggiungere frammenti di suoni prelevati in determinati punti di altre registrazioni, alla maniera di un cineasta che taglia un frammento di scena filmata»<sup>92</sup>.

Questo tipo di musica, ma soprattutto la tecnologia che permette la sua realizzazione ha contribuito anche la fruizione della musica a domicilio, attraverso il vinile, le audiocassette, e non solo a teatro o

---

<sup>90</sup> Corsivo mio.

<sup>91</sup> Cfr. [http://www.musicologie.org/Biographies/scaeffier\\_pierre.html](http://www.musicologie.org/Biographies/scaeffier_pierre.html).

<sup>92</sup> Cfr. BATTIER, Marc, 2001, *Laboratori*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*, p. 406.

nelle sale da concerto. «Il fonografo e la radio sostituirono il concerto, moltiplicandolo: un'esecuzione unica, una volta registrata, poteva essere ripetuta nello spazio e nel tempo»<sup>93</sup>.

Ma grazie a queste tecniche è cresciuta anche la fantasia di molti musicisti, rendendo realizzabile ogni idea.

Oltre alla musica concreta, Schaeffer introduce anche il concetto di “oggetto sonoro” (*objet sonore*), termine coniato da lui stesso,

«definito come “un oggetto della percezione umana e non un oggetto matematico o elettroacustico di sintesi”. Potremmo considerare un oggetto sonoro la più piccola particella autonoma d'un paesaggio sonoro. Ha un inizio, un corpo centrale e una fine, ed è dunque analizzabile secondo il suo profilo»<sup>94</sup>.

Di conseguenza, «per il pioniere della musica concreta Pierre Schaeffer, tutti i suoni possono essere materia della creazione artistica, ivi compresi i nuovi suoni industriali»<sup>95</sup>.

Della stessa idea era alcuni anni prima Ezra Pound, poeta e critico americano, che nel 1924 scriveva: «A mio parere la musica è l'arte più idonea a esprimere la meravigliosa qualità delle macchine»<sup>96</sup>.

Ma è «fin dal 1913, [che la composizione musicale] ha cessato di essere divisibile in due distinti universi, quello musicale e quello non musicale»<sup>97</sup> afferma Murray Schafer.

---

<sup>93</sup> Cfr. BATTIER, Marc, 2001, *La scienza e la tecnologia come fonti d'ispirazione*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*, p. 370.

<sup>94</sup> Cfr. MURRAY SCHAFER, Raynold, 1977, *op. cit.*, p. 181.

<sup>95</sup> Cfr. BOIVIN, Jean, 2001, *op. cit.*, p. 338.

<sup>96</sup> *Ibid.*

<sup>97</sup> Cfr. MURRAY SCHAFER, Raynold, 1977, *op. cit.*, p. 160.

La data, che fa chiaramente riferimento al testo di Luigi Russolo, *L'arte dei rumori*, viene considerata dall'autore come una data simbolica, il momento in cui il paesaggio sonoro, entra a far parte degli oggetti di cui si compone il musicale, gli oggetti sonori con cui è possibile scrivere e produrre musica. "L'universo" musicale e quello non musicale non sono più distinguibili, ma tendono sempre più a sovrapporsi ed i rumori iniziano a far parte della partitura musicale. Naturalmente questo passaggio non avviene nettamente e repentinamente, ma sicuramente la figura di Russolo è stata di fondamentale importanza per l'ingresso del "rumore musicale" e dei "suoni rumori"<sup>98</sup> nella musica.

Come già detto, l'italiano era un esponente del Futurismo e come lui anche altri membri di questa corrente la pensavano allo stesso modo.

«Nel *Manifesto dei musicisti futuristi*, che firma nel 1910, ma che sarà pubblicato solo due anni dopo, il compositore, teorico e musicologo Francesco Balilla Pratella rivendica, per il compositore moderno, la totalità dei suoni disponibili, senza discriminazione alcuna. [...] Le forme musicali non sono altro che apparenze e frammenti di un tutto unico e intero»<sup>99</sup>.

Nello stesso periodo

«L'americano Henry Cowell evoca il susseguirsi degli slanci ascendenti della marea per mezzo di ampi *clusters* suonati nel registro grave del pianoforte con tutto l'avambraccio, il palmo della mano o il pugno»<sup>100</sup>.

---

<sup>98</sup> Cfr. DELALANDE, François, 2001, *op. cit.*, p. 384.

<sup>99</sup> Cfr. BOIVIN, Jean, 2001, *Musica e natura*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*, p. 338.

<sup>100</sup> *Ibid.*

Di fondamentale importanza è infatti

«[...] il primo decennio del secolo, quando un'ondata spazzò via i punti di riferimento tradizionali, ampliando nel contempo il concetto stesso di musica. [...] l'introduzione del rumore e di materiale sonoro mai udito sono "la vera e propria voce di questo mondo in continua trasformazione"<sup>101</sup>»<sup>102</sup>.

Ma nonostante tutto si può parlare di rumori in musica anche molto prima di Cage, Schaeffer e Russolo (sebbene occorre sottolineare che queste siano state figure fondamentali per musica del XX secolo):

«L'integrazione nella musica di elementi sonori appartenenti al mondo industriale era già avvenuta nel XIX secolo: ricordiamo *Chant des chemins de fer* [Il canto della ferrovia] di Hector Berlioz (1846), che segue *Chemin de fer* di Alkan (1844)»<sup>103</sup>.

Secondo me anche altri compositori nei secoli passati hanno utilizzato i rumori o li hanno imitati nelle loro opere.

Pensiamo a *Il volo del calabrone* di Korsakov. Sebbene esso sia composto da note musicali, senza l'aggiunta di alcun rumore, questo brano è l'imitazione di un suono della natura che consideriamo un rumore.

La stessa cosa possiamo affermare di autori che nella musica classica hanno introdotto i suoni prodotti dal vento o dai tuoni, con delle macchine apposite come la macchina del vento appunto, invenzione precedente a quella degli intonarumori di Russolo.

---

<sup>101</sup> Cfr. VARESE, Edgard, citato in SMOJE, Dujka, 2001, *op. cit.*, p. 186.

<sup>102</sup> Cfr. SMOJE, Dujka, 2001, *op. cit.*, p. 186.

<sup>103</sup> Cfr. BATTIER, Marc, 2001, *La scienza e la tecnologia come fonti d'ispirazione*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*, p. 370.

Che dire poi delle incudini battute dai martelli durante la discesa degli dei nelle miniere, nelle rappresentazioni de *L'anello del Nibelungo* di Wagner?

Dopo questa parte introduttiva su suono, rumore e silenzio, è giunto il momento di presentare la sonificazione, prima attraverso una breve panoramica della sua storia, poi entrando nel dettaglio su di essa e sui motivi che ci spingono a studiarla ed utilizzarla.

## CAPITOLO 2

### Sonificazione: la storia

L'uomo ha usato frequentemente il suono per trasmettere informazioni e capire il mondo intorno a sé, ma le teorie dell'informazione, economici ma potenti computer, tecnologie di sintesi sonora avvenute negli ultimi anni hanno contribuito ad accelerare l'interesse e lo sviluppo dell'esposizione uditiva, ovvero della sonificazione<sup>104</sup>.

Presenteremo ora solo un breve sguardo, o (forse) meglio “ascolto”, sulla sonificazione per presentare poi più dettagliatamente alcuni esempi più concreti e conosciuti che, mi auguro, possano facilitare la comprensione.

Il suono utilizzato come mezzo comunicativo ha una storia molto ricca: il suono non discorsivo è stato utilizzato in diverse culture e in diverse situazioni<sup>105</sup>.

Si potrebbe correttamente affermare che la sonificazione esiste da secoli. I primi esempi di sonificazione possono essere considerati i tamburi parlanti africani, quelli usati come mezzi di comunicazione tra le varie tribù (o gli stessi strumenti utilizzati nelle navi per dare il ritmo ai vogatori); nell'antica Roma gli ordini delle azioni militari venivano sonorizzate(/sonificate) e comunicate attraverso l'utilizzo di tamburi e trombe (che raggiungevano i militari a distanze maggiori di quanto fosse possibile con la voce umana e rendeva la comunicazione

---

<sup>104</sup> Cfr. KRAMER, Gregory (a cura di), 1994, *Auditory Display. Sonification, Audification and Auditory Interfaces*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading (Mass.), p. 37.

<sup>105</sup> *Ibid.*, p. 32. «*Sound as a communicative medium has a rich history. The way of nonspeech sound has been used by different cultures and in different situations*».

notevolmente più veloce). Le strumentazioni si sono evolute fino alla realizzazione e l'utilizzo di allarmi, sirene, *metal detector*, passando per il codice Morse<sup>106</sup> e sembra possibile trovare applicazioni anche nella musica.

Per una seconda volta in poche pagine la sonificazione sembra esistere ed essere utilizzata, consapevolmente o meno, da secoli, forse da sempre. Lecite possono essere domande, dubbi e quant'altro sulla scelta di questa tesi e sulla sua argomentazione. Ma la sonificazione è una "scienza" nuova, nonostante tutto quasi embrionale, e le sue applicazioni future, grazie anche e soprattutto alla tecnologia saranno di fondamentale importanza in molti campi tra loro molto diversi.

Vediamo la sua storia più da vicino.

Nel 1946 Forbes sperimentò una (primitiva e goffa, ma in verità molto importante) tecnica che informava il pilota di aerei su alcune variabili, come ad esempio altezza, livello di carburante, direzione della bussola, grazie all'attribuzione di suoni a dati variabili. Questo permetteva ai piloti di ottenere queste informazioni senza l'ausilio di strumentazioni visive, senza quindi dover distogliere lo sguardo dal cielo o dai loro obiettivi<sup>107</sup>.

Nel 1954 Pollack e Ficks pubblicano un articolo in cui spiegano le loro ricerche (e risultati) sull'utilizzo di variabili astratte per trasmettere informazioni quantitative. Utilizzando solamente un tono acustico e un rumore di scoppio, elaborarono un'esposizione a otto variabili binarie codificate<sup>108</sup>.

---

<sup>106</sup> Cfr. KRAMER, Gregory (a cura di), 1994, *op. cit.*, pp. 32-36.

<sup>107</sup> *Ibid.*, pp. 34-35.

<sup>108</sup> *Ibid.*, p. 37.

È il 1961 quando Speeth informa sui risultati ottenuti da sue sperimentazioni: utilizzò l'audificazione<sup>109</sup> di dati sismici per determinare se i soggetti fossero in grado di differenziare il suono prodotto da un terremoto da quello di uno scoppio sotterraneo di una bomba (in verità due eventi che producono dati molto simili). Accelerando le registrazioni delle vibrazioni ottenne dei suoni udibili e il 90% del campione dell'esperimento è stato in grado di classificare correttamente se quel suono era provocato dalla vibrazione dovuta a un terremoto o a un'esplosione. Oltre a questo, accelerando i dati i tecnici è possibile "ascoltare" le vibrazioni o comunque verificare i dati di ventiquattro ore di registrazione in un "riassunto" di soli cinque minuti.

Influenzato da Speeth anche Frantii si interessò allo studio dei dati sismici e confermò i risultati del suo collega: l'audificazione di dati sismici offre considerevoli benefici<sup>110</sup>. Più di recente, negli anni Novanta, anche Hayward si è cimentato in questo, confermando ancora una volta intuizioni e studi di Speeth e definendo poeticamente le sperimentazioni di quest'ultimo come l'ascolto del canto Terrestre (*«listening to the Earth sing»*<sup>111</sup>).

Chambers, Mathews e Moore, nel 1974, elaborano un dispositivo acustico tridimensionale che aiuta nella classificazione di dati. Questo loro studio sebbene importantissimo, non ha purtroppo un valore scientifico, dato che non sono stati eseguiti test ufficiali<sup>112</sup>.

Si pensa poi di lavorare alla sonificazione in aiuto ai non vedenti (anche se in verità le prime sperimentazioni si sono avute nel 1914,

---

<sup>109</sup> Vedi *infra*, Capitolo 3 "La sonificazione".

<sup>110</sup> Cfr. KRAMER, Gregory (a cura di), 1994, *op. cit.*, p. 37.

<sup>111</sup> Cfr. HAYWARD, Chris, *Listening to the Heart sing*, in KRAMER, Gregory (a cura di), 1994, *op. cit.*, pp. 369-404.

<sup>112</sup> Cfr. KRAMER, Gregory (a cura di), 1994, *op. cit.*, p. 38.

con l'*Optophone*, una macchina in grado di leggere e trasmettere dati attraverso l'emissione di suoni) con delle progettazioni di diverso genere destinate a questi utenti. Negli ultimi anni Settanta si svilupparono strumenti dal *feedback* sonoro e Mansur e colleghi rappresentarono dei grafici utilizzando il suono. Naturalmente queste tecniche venivano pensate e sviluppate anche per l'utilizzo da parte di fruitori vedenti, magari in ausilio di un'interfaccia grafica<sup>113</sup>.

È il 1979 quando scienziati, tra cui Fred Scarf, utilizzano la sonificazione per analizzare dati provenienti dalla sonda *Voyager-2*, in missione su Saturno. Durante il suo tragitto (attraversò anche l'anello del pianeta), la sonificazione rese udibili (e interpretabili) le onde plasma. L'ascolto di questi suoni permise agli scienziati di formulare ipotesi e giungere a delle conclusioni insperate<sup>114</sup>.

Tre anni dopo, nel 1982, il chimico Edward Yeung sviluppa un modello di sonificazione in grado di trasformare in suono dati e risultati di esperimenti di chimica analitica. Associò variabili uditive agli eventi chimici e chiese ad alcuni soggetti di classificare il materiale, in base ai suoni ascoltati, ottenendo un risultato più che soddisfacente: le valutazioni corrette furono effettuate dal 98% del campione<sup>115</sup>.

In Italia non stiamo solo a guardare, ma anche noi iniziamo finalmente ad "ascoltare". È il 1986 quando una squadra di ingegneri della Fiat Auto sviluppa e brevetta un sistema di sonificazione per il monitoraggio di alcuni parametri automobilistici. Diversi sensori

---

<sup>113</sup> *Ibid.*, p. 39.

<sup>114</sup> *Ibid.*, pp. 34-38.

<sup>115</sup> *Ibid.*, pp. 38-39.

rilevano e controllano generatori di toni in tempo reale. Purtroppo non è però chiaro se questo sistema sia stato mai utilizzato<sup>116</sup>.

Dalla seconda metà degli anni Ottanta ad oggi, grazie anche alla maggiore velocità, affidabilità e al generale miglioramento dei computer, si velocizza lo sviluppo della sonificazione.

Nel 1985 Gaver sviluppò, con *SonicFinder* per *Macintosh*, elementi sonori per le interfacce del computer. Questi suoni sono legati alle operazioni che facciamo con il nostro computer e a quelli della realtà: suoni realistici informano l'utente sugli eventi che si verificano nell'ambiente dell'utilizzatore del computer<sup>117</sup>. Si tratta delle cosiddette icone uditive (*auditory icon*)<sup>118</sup>, che vedremo meglio in seguito.

Intorno al 1989 i processi di sviluppo della sonificazione, soprattutto quella che si serve delle interfacce grafiche, hanno iniziato ad accelerare, grazie anche all'interesse di studiosi in numero sempre crescente, e come detto, alla tecnologia sempre più veloce, efficace ed efficiente.

Alcuni hanno pensato di utilizzare la sonificazione nella e per la musica (probabilmente Russolo, Cage, Schaeffer e Boulez sono stati compresi, presi a modello e "attuati").

Negli ultimi anni del decennio Ottanta-Novanta, Brian Evans cerca una sinergia tra la sonificazione e la visualizzazione per produrre arte<sup>119</sup>.

---

<sup>116</sup> *Ibid.*, p. 41.

<sup>117</sup> *Ibid.*, pp. 41-42.

<sup>118</sup> Vedi *infra*, Capitolo 3 "La sonificazione".

<sup>119</sup> Cfr. KRAMER, Gregory, (a cura di), 1994, *op. cit.*, p. 42.

Oggi si pensa e si utilizza la sonificazione come modo-mezzo compositivo della musica e molti pezzi sono stati composti utilizzando dati di fenomeni naturali (o meno) come sorgente per il controllo della composizione<sup>120</sup>, come pentagramma.

Nel 1990 Scaletti e Craig hanno prodotto delle sonificazioni per “accompagnare” visualizzazioni scientifiche<sup>121</sup> e, negli ultimi anni, numerose applicazioni sono seguite a studi ed esperimenti sempre più interessati, soprattutto nei campi dell’informatica e dei videogiochi, nelle strumentazioni mediche, nei centri statistici, nella difesa e nel settore aerospaziale.

Nonostante la sua recente nascita, la sonificazione sembra avere un veloce sviluppo (dovuto anche alla tecnologia) e la possibilità di essere attuata ed utilizzata in numerosi e diversi settori non sembra lontana<sup>122</sup>.

Negli ultimi anni la sonificazione è stata anche utilizzata per delle scoperte in fisica e per analizzare i dati strutturali di alcuni ponti autostradali<sup>123</sup>.

Sono seguite, oltre a quelle appena citate di Scaletti e Craig, altre applicazioni alla medicina. Alcune di queste si sono avvalse della sonificazione per rilevare (e quindi diagnosticare) tumori. Sono inoltre da ricordare quelle della metà degli anni Novanta da parte di Fitch e Kramer che hanno monitorato simultaneamente otto variabili mediche

---

<sup>120</sup> *Ibid.*

<sup>121</sup> *Ibid.*, p. 43.

<sup>122</sup> *Ibid.*

<sup>123</sup> Cfr. WALKER, Bruce, 2000, *Magnitude estimation of conceptual data dimensions for use in sonification*, in Psychology Department, Houston, Texas, Rice University. <http://sonify.psych.gatech.edu/~walkerb/research/phd/WalkerDissertation.pdf>.

di pazienti, con risultati migliori nella “versione” uditiva piuttosto che in quella visiva<sup>124</sup>.

Dato che la sonificazione è al suo debutto nell’alta società delle scienze si prospetta su di essa molteplici aspettative, purtroppo a volte deluse. Ciò è dovuto al fatto che non ha ancora raggiunto una maturità sufficiente e pecca ancora di inesperienza. Sono infatti ancora poche le ricerche effettuate per progettare la traslazione di dati in suoni, ovvero nei suoi “risultati uditivi” e rendere massima la sua efficacia.

Ricercatori e progettisti sono ancora inesperti in questo e, solitamente, cercano come scopo più l’attribuzione di un significato o una buona estetica del suono prodotto, che alla reale trasmissione di informazioni.

Non c’è (probabilmente ancora) un codice da seguire o un linguaggio internazionale. Ogni scienziato, ciascun ricercatore, qualunque progettista audio o programmatore utilizza il suo proprio idioma, le proprie idee, come appena affermato, per rendere piacevole o dare un senso ai dati ascoltati.

Lo stesso dato può essere quindi trasformato in due suoni diversi da due progettisti che utilizzano un gergo diverso (allo stesso modo in cui l’italiano ‘cane’ è reso dall’inglese ‘dog’ o dal francese ‘chien’) ma, alle volte, anche lo stesso soggetto può rendere la stessa variabile con suoni diversi in sperimentazioni seguenti (come un artista modifica la sua opera, cercando di migliorarla, prima di portarla a compimento).

---

<sup>124</sup> Cfr. FITCH, Tecumseh, KRAMER, Gregory, *Sonifying the body electric: superiority of an auditory over a visual display in a complex, multivariate system*, in KRAMER, Gregory, (a cura di), 1994, *op. cit.*, pp. 307-326.

Quelli presentati sono giusto alcuni esempi che mostrano possibilità e campi di applicazione in cui la sonificazione potrebbe, o meglio potrà, essere utilizzata per “visualizzare” (e contribuire ad interpretare) dati scientifici (e non solo).

Presenterò ora, rispettando la cronologia della loro “comparsa”, alcuni esempi di sonificazione più conosciuti che ci aiuteranno a comprendere meglio.

## 2.1 Il codice Morse

Parlare del codice Morse significa anche scrivere del telegrafo, due contemporanee invenzioni che devono il loro natale alla stessa persona.

Lo statunitense Samuel Finley Breese Morse (1791-1872) nei primi anni del 1830 ebbe una nuova idea per comunicare un messaggio, anche molto lontano nello spazio, in breve tempo.

Da questa idea mise a punto, nel 1836-1837, il telegrafo elettrico capace di inviare impulsi ad un altro strumento a distanza, ed un codice, detto anche alfabeto (anche se comprende numeri e simboli di interpunzione) che prese il suo nome<sup>125</sup>.

Il telegrafo, fu una delle prime e più importanti applicazioni dell'elettricità per la trasmissione di segnali a distanza, sotto forma di impulsi di corrente. È formato da un trasmittore, da una linea di trasmissione e da un ricevente. Trasmittente e ricevente sono intercambiabili e pertanto in entrambe c'è un tasto manipolatore e un apparecchio ricevente. Il tasto è costituito da una leva che quando viene premuta, crea un contatto tra un polo della pila e la linea, mentre quando viene rilasciata, una molla lo mette in contatto con il ricevitore, costituito da un'elettrocalamita<sup>126</sup>.

Il telegrafo funziona più o meno come un campanello elettrico: lo strumento di trasmissione, il tasto, corrisponde al bottone del campanello. Quando viene premuto esso chiude un circuito elettrico e fa passare una corrente che a sua volta aziona un cicalino. Presente

---

<sup>125</sup> Cfr. <http://www.telegrafia.net>.

<sup>126</sup> Cfr. [http://www.sitopreferito.it/html/codice\\_morse.html](http://www.sitopreferito.it/html/codice_morse.html).

anche una striscia di carta la quale si svolge da una ruota per avvolgersi in un'altra (come le audiocassette), passando vicino ad una punta bagnata d'inchiostro. In questo modo sulla striscia di carta vengono tracciati punti e linee, la cui lunghezza è regolata dalla durata del contatto. I segnali così ottenuti possono essere successivamente tradotti con un'apposita convenzione, il codice Morse, che fa corrispondere i segni con l'alfabeto<sup>127</sup>.

Il codice Morse viene a volte considerato come la prima forma di comunicazione binaria, consistendo in una corrispondenza biunivoca tra un segnale sonoro (formato al massimo da cinque suoni distinti) e un segno alfanumerico del codice linguistico o di interpunzione. Questo può essere considerato vero se si esclude una parte della sua storia e della sua applicazione, fino cioè all'introduzione del codice Morse internazionale. Questo perché in precedenza si utilizzavano il punto, la linea e la pausa e quindi la comunicazione aveva tre caratteri, ma si potrebbe correttamente affermare addirittura cinque, perché per quanto riguarda la pausa, questa si presentava in tre forme: breve (per separare le lettere), media (per separare le parole) e lunga (per separare le frasi). Solo in seguito è stata abbandonata la pausa ed è quindi divenuto un linguaggio binario (o anche ad intermittenza). Le combinazioni di questi due soli elementi (la linea - corrispondente ad un suono lungo - ed il punto - corrispondente ad un suono breve - vocalmente resi rispettivamente con 'ta' e 'ti') formano quindi tutte le lettere dell'alfabeto che noi tutti conosciamo.

---

<sup>127</sup> Cfr. <http://ulisse.sissa.it>.

Il codice è ottimizzato in funzione della frequenza statistica dei singoli caratteri: lettere molto comuni nella lingua inglese sono cifrate con un solo simbolo (la ‘e’ e la ‘t’), mentre le lettere meno frequenti sono cifrate con 4 simboli; le cifre considerate rare in un testo, sono rese con 5 simboli. In questo modo si ottiene un vantaggio: impiegare minor tempo per la trasmissione, e la ricezione, di un messaggio.

Il codice Morse non è segreto ma ha comunque importanza in crittografia, perché anche i messaggi segreti sono stati per molto tempo trasmessi via telegrafo.

Oltre a questo, dà buoni risultati anche in ambienti con segnale molto basso o disturbato perché richiede poca ampiezza di banda.

Ogni segnale Morse, come ogni nota musicale, ha un proprio suono e una propria armonia. Leggendo le lettere dell’alfabeto, i numeri o i segni di interpunzione, si possono riprodurre vocalmente con le sillabe corrispondenti (‘ti’ e ‘ta’). La telegrafia va imparata in senso musicale, perché imparandola a memoria con il sistema dei punti e delle linee si dovrebbe compiere, in fase di ascolto, un doppio passaggio molto faticoso, cioè dal segnale musicale all’immagine visiva di linee e punti e da queste alla lettera codificata. Tutto ciò creerebbe una confusione all’allievo, mentre il sistema segnale musicale = lettera (o numero) è sicuramente più efficace<sup>128</sup>.

Dopo l’invenzione del telegrafo e l’ottimizzazione del codice Morse, fu presto costruita la prima linea telegrafica tra Baltimora e Washington, inaugurata il 24 maggio 1844, e i risultati dell’invenzione ebbero subito una dimostrazione. Nello stesso anno a

---

<sup>128</sup> Cfr. <http://www.telegrafia.net>.

Baltimora si teneva la Convenzione del Partito Whig e, telegrafando i risultati della convenzione a Washington, questi giunsero due ore prima del “treno-messaggero” delle notizie. In Italia la prima linea telegrafica fu realizzata nel 1847 collegando Livorno e Pisa.

Considerato da subito lo standard per la codifica delle informazioni, il codice Morse ebbe un così ampio e incontrastato successo che nessun altro sistema alternativo riuscì a soppiantarlo, tanto da rimanere lo standard internazionale per le comunicazioni marittime fino al 1999.

Ma fu con Guglielmo Marconi (1874-1937) che si ebbe un importante sviluppo e perfezionamento della telegrafia. Fin da giovanissimo e senza aver conseguito un regolare corso di studi, Marconi mostra particolare interesse per la fisica e le sue applicazioni. Così ottiene la possibilità di seguire lezioni di elettricità e magnetismo al Liceo di Livorno. Dopo la lettura di alcuni articoli, tra cui uno riguardante degli esperimenti con le onde elettriche mediante un oscillatore elettrico effettuati dal fisico Enrico Hertz, Marconi ebbe l'idea della telegrafia senza fili. Seguirono numerosi esperimenti e tentativi, passati dalla trasmissione di alcuni segnali all'interno della propria abitazione, a quella, nel 1895, tra la sua casa e una collina vicina. La telegrafia senza fili era stata scoperta ed effettuata. Si trattava ora di portare questa grande creazione ad un livello tale da permettere collegamenti tra stazioni radio a distanze sempre maggiori. La sua popolarità venne anche dalla giovane età di Marconi: aveva appena venti anni quando portò a compimento questi esperimenti.

Il 2 giugno 1896 chiede il brevetto per la telegrafia senza fili e quattro anni dopo, nel 1900, Marconi ottiene il brevetto numero 7777 per la sua invenzione.

Era il 12 dicembre 1901, quando i tre punti del codice Morse che stanno ad indicare la lettera ‘s’ passarono per la prima volta da una sponda all’altra dell’Atlantico, attraversando l’etere. Da una stazione trasmittente in Cornovaglia partirono gli impulsi, captati sull’isola di Terranova, da una piccola costruzione lontana migliaia di chilometri, con sopra, appeso a un aquilone, un filo oscillante nel vento. Era nata la radiotelegrafia a grande distanza<sup>129</sup>.

Come già accennato, il codice Morse è basato sulla trascrizione dei trentasei simboli alfanumerici e dei simboli di interpunzione tramite combinazioni di punti e linee. Fu usato in principio nelle trasmissioni telegrafiche e poi in quelle via etere.

Tale codice è stato (e lo è tuttora a livello radioamatoriale) il sistema di comunicazione che ha segnato la storia delle comunicazioni a distanza. Il telegrafo è stato utilizzato fino a pochi anni fa dalle maggiori Istituzioni dello Stato, enti pubblici e privati come Forze Armate, Polizia di Stato, Prefetture, Ministeri, le navi mercantili e quelle passeggeri, agenzie di stampa, stazioni costiere, stazioni meteorologiche, ambasciate, ferrovie, uffici postali e così via, per comunicare informazioni urgenti ed immediate. Lo stesso Marconi affermò: «Le mie invenzioni sono per salvare l’umanità, non per distruggerla»<sup>130</sup>. Fortunatamente così avvenne e il codice Morse insieme al telegrafo senza fili fu ad esempio utilizzato con successo e salvò vite umane in alcuni casi di naufragi.

Come nel 1909 quando il naufragio del transatlantico inglese *Republic* entrò in collisione con il piroscafo italiano *Florida*. Il radiotelegrafista Binns a bordo del *Republic* fece arrivare quattro navi in soccorso le

---

<sup>129</sup> Cfr. <http://www.telegrafia.net>.

<sup>130</sup> Cfr. <http://www.radiomarconi.com>.

quali trasportarono i passeggeri sul *Florida*. Grazie alle invenzioni di Morse e Marconi, ed al radiotelegrafista Binns, si salvarono circa 2000 persone. L'avvenimento suscitò scalpore e furono promulgate leggi per rendere obbligatorio l'impianto di stazioni radio a bordo delle navi.

Altro caso importante fu quello del più famoso disastro del *Titanic*, quando nella notte del 14 Aprile 1912 con a bordo 2358 persone, urtò contro un iceberg e i circa 700 superstiti furono messi in salvo grazie (anche) al telegrafo.

Grazie alle comunicazioni radiotelegrafiche, inoltre, sono state salvate e curate moltissime persone: da citare sono i bollettini medici effettuati dai radiotelegrafisti a bordo delle navi, che aggiornavano medici a terra sullo stato di salute dei malati con la conseguente richiesta dei farmaci e interventi chirurgici nei casi più gravi.

Nel 1928 fu la volta del dirigibile *Italia*, in missione scientifica al Polo Nord, a farsi strada alla cronaca e il suo radiotelegrafista Biagi che, dopo aver riparato la stazione radio ad onde corte, riuscì dopo numerosi giorni e disperati tentativi a farsi "sentire" da un radioamatore russo. Questo permise l'individuazione dei superstiti e, purtroppo, delle vittime ed il salvataggio dei primi, dopo quarantotto giorni dall'incidente<sup>131</sup>.

Ma il codice Morse, non è una vera e propria sonificazione. Come dice appunto il suo nome è un codice, quindi un sistema convenzionale in cui a lettere, numeri e simboli di interpunzione sono assegnati dei significati arbitrari.

---

<sup>131</sup> Cfr. <http://www.telegrafia.net>.

Questa definizione potrà servirci in seguito riguardo *software* e mezzi che utilizziamo per sonificare. Vedremo infatti (ma abbiamo già parlato in precedenza del fatto che un dato può essere reso con due differenti suoni sia da studiosi diversi che dallo stesso scienziato in occasioni diverse) che a questi programmi vengono assegnati dai loro ideatori e creatori dei valori arbitrari per rappresentare i vari parametri, che possono confluire in vere e proprie (o almeno cercate) opere d'arte. Sì, perché la sonificazione può essere utilizzata anche come forma d'arte, che può sfociare in installazioni, concerti, dischi o come mezzo di informazione, magari anche per fare un po' di pubblicità ad una notizia magari meno appetibile dai media.

Nonostante l'inserimento del codice Morse all'interno della sonificazione potrebbe sembrare un po' una forzatura, questo esempio ci mostra chiaramente l'enorme potenziale che l'uomo possiede per il trasferimento e la captazione di informazioni attraverso il canale uditivo senza l'utilizzo della parola che (sebbene in verità sempre meno, dovuto allo studio e alla sempre maggior conoscenza delle lingue straniere), alle volte, nel caso di un dialogo tra due persone di lingue diverse, può portare al fraintendimento o all'incomprensione.

Vediamo ora alcuni esempi che si avvicinano di più alla sonificazione (e che possono evitare questo problema appena citato).

## 2.2 Il sonar

Come spesso accade, primi fruitori di prodotti di scienze e tecniche sono i militari. Anche in questo campo i corpi armati sono stati i “privilegiati” ed hanno utilizzato per primi i benefici della sonificazione, con strumenti come il *sonar* o gli idrofoni, utilizzati entrambi durante le guerre mondiali.

Uno strumento che utilizza la sonificazione e che quasi tutti conoscono è il *sonar*. Questo termine, dall’inglese *so* [ound] *n* [avigation] *a* [nd] *r* [anging] (navigazione e misurazione di distanza per mezzo del suono) è stato coniato durante la seconda guerra mondiale per indicare un localizzatore ad ultrasuoni<sup>132</sup> usato dalla flotta militare USA per individuare sommergibili nemici.

Questo vocabolo (e strumento, in italiano tradotti come ecoscandaglio) viene utilizzato per indicare sistemi di ricerca subacquea che si basano (il nostro termine italiano può aiutarci a capire: scandaglio attraverso l’eco) sull’emissione di suoni o di ultrasuoni e sulla captazione di echi riflessi dal fondo marino (lacustre...) o da corpi immersi, per misurare le profondità e la presenza di corpi sommersi. Questa tecnologia, che calcola il tempo che il suono impiega a ritornare al punto di partenza dopo la sua emissione, ci fornisce queste informazioni.

L’ecoscandaglio è l’evoluzione dello scandaglio usato dai marinai da secoli (se ne hanno testimonianze anche presso gli egizi).

---

<sup>132</sup> Gli ultrasuoni non sono udibili dall’uomo perché sopra la soglia dei 20 KHz, vedi *infra*, Capitolo 1, paragrafo 1.2 “Il suono”.

Esistono due tipi di *sonar*: quello passivo capta i suoni trasmessi dagli oggetti sommersi e permette di localizzarli e spesso individuarne le caratteristiche fisiche in base alle caratteristiche del suono captato (anche i movimenti di animali producono suoni udibili); e quello attivo che permette la localizzazione dei corpi immersi tramite la rivelazione degli echi di ritorno, che rimbalzano contro i fondali o gli ostacoli che incontrano, relativi agli impulsi sonori emessi.

Spesso le vibrazioni captate, e trasformate in impulsi elettrici, sono maggiori di ventimila al secondo, non udibili dall'orecchio umano, e quindi vengono traslate nel campo di frequenze udibili o, in altri casi, in impulsi luminosi visualizzati visivamente.

Nonostante il termine *sonar* sia stato coniato dagli Statunitensi e sia stato da loro utilizzato per la prima volta, ha in verità origini italiane. E di molto antecedenti il XX secolo.

Nel 1490 il metodo sperimentale tanto caro a Leonardo da Vinci, lo portò, oltre alle sue straordinarie capacità ed invenzioni, ad immergere un lungo tubo in acqua ed avvicinare l'altra estremità al suo orecchio. Questo "strumento" emise dei suoni: quelli prodotti da navi in lontananza<sup>133</sup>.

Com'è possibile? Si scoprì che, causa la maggior densità dell'acqua rispetto all'aria, nella prima le vibrazioni (e quindi i suoni) si propagano più velocemente.

Questa scoperta (e primo esempio di sonar passivo), inutile all'epoca, è stata fondamentale per lo sviluppo, secoli dopo, della sonificazione e

---

<sup>133</sup> Cfr. KRAMER, Gregory, (a cura di), 1994, *op. cit.*, pp. 29-32.

di uno strumento: il *sonar*, molto utilizzato a partire dalla Prima Guerra Mondiale.

L'esperimento di Leonardo ha aiutato anche nell'invenzione e sviluppo dell'idrofono, o microfono subacqueo. Questo strumento, non si differenzia molto dal *sonar*, ma invece di inviare vibrazioni (come quello attivo), resta in ascolto e registra i suoni.

Oltre ai soliti scopi militari l'idrofono ha anche altre applicazioni, come ad esempio nello studio dei cetacei e del loro linguaggio. Infatti si è scoperto che la natura utilizza questi strumenti e la sonificazione da molto tempo: balene, delfini, pipistrelli sono dotati di un "sonar naturale". Emettono suoni (inferiori o superiori alla soglia di udibilità dell'uomo) che vengono loro riflessi o meno. Così vengono informati sulla presenza (o meno) di un ostacolo, di una preda, del libero passaggio...

L'idrofono è in grado di ricevere segnali sottoforma di vibrazioni.

Acquisisce segnali analogici trasformandoli in segnali numerici per poterli analizzare: trasforma le onde sonore che si propagano in acqua in oscillazioni elettriche. Questo è uno dei modi di "cacciare" (in senso figurato) cetacei per il *whale-watching* (osservazione delle balene). Questi mammiferi, sono guidati dall'udito, anziché dalla vista. Se le onde da loro emesse incontrano un oggetto (scoglio, creatura marina o imbarcazione), il suono rimbalza dall'oggetto alla balena informandola e descrivendone le dimensioni e la distanza dell'oggetto<sup>134</sup>.

---

<sup>134</sup> Cfr. <http://www.nautica.it>.

## 2.3 La sonificazione nell'aeronautica<sup>135</sup>

La sonificazione è utilizzata anche nell'aeronautica ma in simbiosi con la vista. Infatti nel *cockpit*, ovvero nella cabina di pilotaggio di un aeromobile, per segnalare qualsiasi situazione o modifica, si utilizzano interfacce acustiche e visive.

Il paesaggio sonoro di una cabina di pilotaggio varia se il veivolo è in funzione o meno. Nel caso in cui sia parcheggiato i suoni udibili al suo interno sono le ventole di raffreddamento degli apparati elettronici.

Quando invece i motori sono accesi, i suoni percepibili nell'abitacolo (nel nostro caso) di un C-130J, aereo dell'Aeronautica Militare Italiana di grandi dimensioni adibito al trasporto di uomini e cose, sono numerosi. Il rumore prevalente è quello delle eliche dei quattro motori, quello dell'impianto di riscaldamento o dell'aria condizionata, il rumore di fondo prodotto dalle trasmissioni radio e quello dell'equipaggio (voci e altri suoni). Questi ultimi due possono disturbare i piloti.

Il rumore complessivo interno alla cabina di pilotaggio di un aereo in volo è una banda intorno ai 4000 Hz. Questo, con il passare degli anni, porta anche a disturbi dell'udito in quelle frequenze, nonostante l'utilizzo di cuffie che producono un suono uguale e contrario per l'annullamento di questo rumore di fondo.

Passiamo ora a descrivere come la sonificazione aiuta i piloti dei veivoli.

---

<sup>135</sup> Intervista a Luciano Boria, capitano del 50° Gruppo della 46a Brigata Aerea di Pisa, Aeronautica Militare Italiana, pilota dell'aeromobile C-130J.

Sia nei mezzi civili che in quelli militari si hanno le stesse famiglie di suoni. Questi variano nei diversi modelli di aerei, dovuto ad una differenza di *software* interni (che cambiano da produttore a produttore), ma tutti devono rispettare degli *standard* internazionali.

Come appena affermato, i suoni, come le scritte o le luci che compaiono sui comandi, appartengono a delle “famiglie” che indicano, come in una scala, la pericolosità degli avvisi.

Queste sono, in ordine crescente di pericolo, segnalazioni di *Alert* (avviso), *Caution* (prudenza) e *Warning* (pericolo).

Le prime, dette anche *advisory*, comunicano ai piloti che c'è qualcosa all'interno del veivolo che non funziona correttamente. Si tratta di un avviso non grave, come ad esempio può essere il malfunzionamento di una delle tre radio, comunicato attraverso una scritta bianca che compare sui dispositivi e specifica di quale problema si tratta, ed un suono in cuffia e nella cabina. La scritta permane finché il problema non è stato risolto, mentre si ha una sola trasmissione al canale audio.

Le segnalazioni di *caution* servono per prevenire danni all'aereo. Queste vengono segnalate in cuffia e nel *cockpit* attraverso un suono diverso da quello precedente e si ripetono dopo diversi secondi finché non viene disattivato dal pilota attraverso la pressione di un tasto con la scritta *master caution* in giallo. Una scritta, anche questa di colore giallo, indicante il reale problema compare sulla strumentazione.

Al premere del tasto, avviene l'immediata cessazione del segnale audio di allerta e i piloti devono iniziare le azioni correttive.

Per quanto riguarda la terza e più pericolosa famiglia di problemi, quella di *warning* (qui in pericolo, oltre all'aereo, c'è anche la vita dei piloti, dell'equipaggio e degli eventuali passeggeri) avvengono le stesse cose delle segnalazioni di *caution*, ma le scritte anziché gialle sono rosse, il pulsante da premere è rosso con la scritta *master warning* e il segnale acustico è simile a quello di un allarme. Il suono è continuo e prosegue ininterrottamente fino alla disattivazione con la pressione sul bottone da parte del pilota. Alla pressione del pulsante seguono le azioni correttive che consistono in una parte mnemonica e, al termine di questa, la consultazione di un manuale. L'equipaggio, con l'ausilio del manuale, controlla se i passaggi mnemonici sono stati correttamente eseguiti, proseguendo poi con le operazioni da eseguire per terminare l'azione correttiva.

Oltre al colore delle luci (simili a quelle di un semaforo) sono anche l'intensità e la frequenza dell'audio che comunicano al pilota il livello di pericolosità comunicate.

All'attivarsi di una segnalazione, il pilota sa spesso di quale problema si tratta: conoscendo già le tre grandi famiglie, sa che una esclude le altre.

Per quanto riguarda i veivoli militari si ha un'ulteriore famiglia di allarmi: gli *special alert* (avvisi speciali).

Questi segnalano la disattivazione (manuale o meno) di alcuni sistemi del veivolo (come ad esempio il pilota automatico) o che l'aereo si porta in una situazione non corretta di volo dovuta ad un'incongruenza tra dove si trova l'aereo e dove invece si sarebbe dovuto trovare. In questo secondo caso il *software* interno confronta i dati di volo in quel

momento (altitudine, angolazione di virata ... o più genericamente se il veivolo sta entrando involontariamente o meno in una situazione di pericolo) con i dati impostati precedentemente dal pilota. Se questi sono incongruenti si hanno gli *special alert*, costituiti come sempre da una doppia segnalazione, acustica (che prosegue fino alla correzione dell'azione) e visiva. Questi allarmi sono però di tipo vocale: la registrazione di una voce in lingua inglese, e sebbene non interessanti per quanto riguarda la sonificazione, sono comunque informazioni sonore dovute al variare di dati.

Oltre a questo, e tra le altre numerose caratteristiche che identificano i mezzi militari, troviamo altri due elementi distintivi: il *tactical mode* (modo tattico), per operazioni al di là dello standard civile, e l'utilizzo di una campanella per la comunicazione di alcuni messaggi.

Il *tactical mode* viene utilizzato in particolari situazioni in cui, ad esempio, il veivolo deve volare a bassa quota. In questo caso ci sarebbe una costante segnalazione di pericolo al pilota. Selezionando attraverso un pulsante questo modo di agire, il *software* riduce i limiti che si hanno nel caso della tecnica di volo *normal* (normale), ma le segnalazioni restano le stesse.

La campanella riguarda invece le procedure di emergenza. Attraverso un codice (tipo quello Morse) i piloti comunicano all'equipaggio, situato nel retro del veivolo, i comandi da eseguire. Quando avvengono queste segnalazioni, solitamente occorre abbandonare l'aereo.

Una situazione simile al *tactical mode*, ma con funzione completamente diversa, avviene durante la procedura di decollo.

Durante questo momento e fino al raggiungimento di una fissata quota, eventuali segnalazioni di avarie compaiono solo scritte nei comandi del pilota ad eccezione delle *warning*. Raggiunta tale quota si hanno le segnalazioni sonore e visive registrate, in ordine di importanza. Perché? Semplice: suoni in una fase delicata come il decollo possono distrarre il pilota dalla sua azione. Si hanno solamente le segnalazioni *warning* perché di vitali importanza per piloti ed equipaggio.

Come abbiamo detto la segnalazione è sempre doppia, sia acustica che visiva. I motivi sono almeno tre: l'uomo reagisce prima a stimoli sonori che visivi; perché una doppia segnalazione è più efficace<sup>136</sup> e per ovviare a eventuali danni o avarie. Se infatti si ha un'avaria all'impianto sonoro resta quello visivo e viceversa.

Nel caso di alcune segnalazioni *warning*, alcuni danni o problemi si possono però percepire addirittura prima della segnalazione. Questo è possibile dal comportamento fisico dell'aereo.

---

<sup>136</sup> Vedi *infra*, Capitolo 3 paragrafo 3.2 “La sonificazione applicata ad altre interfacce”.

## 2.4 Applicazioni in medicina<sup>137</sup>

La sonificazione è già presente nel settore sanitario, ma il suo sviluppo e future applicazioni potrebbero essere di importanza vitale (nel vero senso della parola) sempre maggiore per l'uomo. Di seguito quindi alcune attuali applicazioni della sonificazione in medicina.

L'utilizzo del canale acustico da parte di medici e paramedici è molto attivo. In una corsia d'ospedale i malati "chiamano" gli infermieri per le più svariate operazioni, per comunicare i dolori avvertiti o per essere assistiti attraverso la pressione di un pulsante posto a fianco del loro letto. Ma, pur essendo una comunicazione acustica e non verbale non si tratta di sonificazione, ma solo di un "semplice" campanello, un segnale convenzionale, che suona fino a quando non viene disattivato ed il degente soccorso.

Altro utilizzo dell'audio nel campo medico è quello dei sintomi di una malattia. Questi possono essere prodotti, come ad esempio un colpo di tosse, uno starnuto o la voce rauca, oppure ascoltati con l'ausilio dello stetoscopio.

«Un respiro profondo» ci chiede il nostro medico curante per auscultare i nostri polmoni. «Ora un colpo di tosse per favore» ... «I suoi bronchi sono liberi» ci rassicura. Sono consapevole che le sue frasi fanno parte della comunicazione(-informazione per il paziente) verbale, ma attraverso il suo strumento, i suoi studi e l'esperienza sa cosa significano i suoni interni del nostro corpo, oltre a confermare

---

<sup>137</sup> Intervista al dottor Marini Marco *senior*, cardiologo alla casa di cura privata Villa Serena di Jesi (AN).

nuovamente che l'uomo è molto abile a imparare ed interpretare i suoni, e utilizzare gli indizi acustici («*humans are very capable of learning to interpret sounds and to use acoustic clues*»)<sup>138</sup>. Oggi esistono anche stetoscopi elettronici che, come lenti d'ingrandimento per le orecchie, amplificano i suoni prodotti dagli organi dei pazienti. «E ora il cuore e lo stomaco...» prosegue.

Qualcuno potrebbe (nuovamente) obiettare che questa non è sonificazione ma stiamo entrando nella semeiotica medica. Già, probabilmente è vero. O forse no. Certo non si utilizzano computer, eppure si tratta pur sempre di dati in evoluzione (battiti cardiaci ad esempio) in tempo reale, trasmessi attraverso il canale uditivo e senza l'ausilio di una sola sillaba.

Ma accetto questa (eventuale) osservazione e proseguo, vedendo più da vicino e più concretamente come la sonificazione può aiutare medici e pazienti. I primi a capire e diagnosticare sintomi e malattie e a prescriberne cure; ai secondi a guarire o essere tranquillizzati.

Nel reparto di cardiologia degli ospedali o delle cliniche private è solitamente presente uno strumento di telemetria, dal greco *tele*(=lontano) e *metron* (=misura). Si tratta di una tecnologia informatica che permette la misurazione e la trascrizione di informazioni. Elettrodi applicati ai pazienti registrano le loro frequenze cardiache e respiratorie e le visualizzano su di un monitor.

Il dottor Marini, cardiologo alla casa di cura privata Villa Serena di Jesi, mi ha mostrato l'interfaccia di questa tecnologia.

---

<sup>138</sup> Cfr. EL-AZM, Fares, *Sonification and augmented data sets in binary classification*, Informatics and Mathematical Modelling, Technical University of Denmark, DTU, 2005, p. 55. [www2.imm.dtu.dk/pubdb/views/edoc\\_download.php/3975/pdf/imm3975.pdf](http://www2.imm.dtu.dk/pubdb/views/edoc_download.php/3975/pdf/imm3975.pdf).

Mi è stato impossibile non fare un parallelismo, dovuto alla mia esperienza acquisita durante il corso di comunicazione musicale. Chi ha utilizzato programmi per l'*editing* digitale, come ad esempio *Pro Tools*, può avere una chiara immagine della telemetria, che non è altro che una sessione multitraccia. O forse, meglio, una rappresentazione multidimensionale di più informazioni.

Ovvero il monitor del computer è diviso in linee orizzontali della stessa ampiezza. In ognuna di queste sono presenti, attraverso la rappresentazione grafica dell'onda sonora prodotta, le informazioni dette del paziente ricoverato. Lo scopo è quello di avere un monitoraggio a distanza dei pazienti, che avviene contemporaneamente per tutti quelli di cui occorre avere delle informazioni. Questo avviene per due motivi: sia per legge, che per permettere di ottenere maggiori informazioni. Se ad esempio i battiti cardiaci di un paziente superano determinati limiti (scendono sotto i quaranta o salgono sopra i centotrenta al minuto), la "traccia" del paziente diviene rossa e suona come un piccolo allarme, comunicando ai medici o infermieri che c'è qualcosa che non va in quel paziente a cui segue un immediato soccorso.

La telemetria è fondamentale durante la notte, quando ci sono meno medici in corsia o il malato non percepisce il problema, dato che questo può sopraggiungere anche durante il sonno, ma è molto importante anche nel trascorrere della giornata.

Ogni traccia può anche essere ingrandita, per monitorare "più da vicino" le funzioni vitali del paziente, o controllata a distanza di tempo, perché viene registrata.

Ma la telemetria non è il solo caso: in medicina esistono altri modi di sonificazione come, ad esempio, l'ecografia.

## 2.4.1 L'ecografia

Le tecniche di *imaging* medicaie (ovvero tecnologie di diagnostica per immagini) hanno visto importanti progressi tecnologici negli ultimi anni. Tra le varie tecniche utilizzate, l'ecografia ha riscontrato un notevole successo.

Diagnostica per immagini? E suoni e sonificazione di cui parlavamo dove sono finiti?

Semplice: l'ecografia è basata sulla propagazione di ultrasuoni<sup>139</sup> attraverso il corpo umano, e la seguente visualizzazione che si ottiene è prodotta dall'elaborazione (sonificazione) dei suoni immessi. Lo scopo è quello di ottenere delle immagini, che il medico specialista legge ed interpreta in senso diagnostico. L'ecografia produce quindi immagini del corpo umano utilizzando gli ultrasuoni.

Il principio che sta alla base di tale metodologia somiglia a quello dell'eco acustico (da cui il nome ecografia, scrittura dell'eco, del suono), vale a dire quel fenomeno per il quale un suono, riflettendosi contro un ostacolo, può tornare indietro ed essere udito nel punto in cui lo stesso suono è stato emesso.

L'ecografia sfrutta questa legge generale e, per semplificare e dare un'immediata immagine, potremmo affermare che si tratta di qualcosa di simile alle "letture" eseguite con il *sonar* di cui abbiamo parlato poco sopra<sup>140</sup>.

---

<sup>139</sup> Vedi *infra*, Capitolo 1 paragrafo 1.2 "Il suono".

<sup>140</sup> Vedi *infra*, paragrafo 2.2 "Il *sonar*".

Questa metodica di indagine, utilizzando suoni ad elevate frequenze permette di creare immagini di organi interni del corpo umano e di fotografarli grazie all'ecografo, lo strumento che si utilizza per l'esame ecografico, composto da una sonda-trasduttore e un monitor. La maggior parte delle moderne apparecchiature ecografiche è provvista di sistemi doppler che permettono di studiare il flusso del sangue nelle arterie e nelle vene evidenziando la presenza di eventuali ostacoli<sup>141</sup>.

L'ecografia può essere utilmente impiegata nello studio di numerosi organi (tra cui cuore, tiroide, mammella, muscoli, fegato e vie biliari, pancreas, milza, rene, prostata, vescica, utero ed ovaie) dei quali è in grado di precisare le alterazioni strutturali, conseguenze di numerose malattie, ma può anche evidenziare noduli di diversa natura, purché raggiungano certe dimensioni.

In alcuni casi, per ottenere immagini più nitide, può essere preferibile utilizzare delle sonde interne, per esempio la trans-esofagea.

Il test ha una durata compresa tra i dieci e i quaranta minuti, relativi al tipo di indagine da effettuare e/o dagli eventuali problemi rilevati dal medico.

L'ecografia non prevede preparazioni (salvo casi particolari) per chi ne è sottoposto, è indolore e innocuo (le ecografie interne appena accennate sono indubbiamente più fastidiose di quelle esterne, anche se come queste, non procurano ripercussioni di alcun tipo).

Dopo che il paziente ha liberato dagli indumenti la parte del corpo interessata all'osservazione e si è disteso su di un letto accanto al

---

<sup>141</sup> Vedi *infra*, paragrafo 2.4.4 "L'eco-Doppler".

quale troviamo l'ecografo, il medico applica sulla sonda un gel conduttore, non irritante e solubile in acqua, la cui funzione è quella di evidenziare il contrasto dei colori, e la muove sulla superficie cutanea del paziente sovrastante il tratto da esplorare.

La sonda, messa a contatto con la pelle, emette fasci di ultrasuoni e ne riceve, successivamente, i fasci riflessi (gli echi di ritorno) dopo che questi hanno attraversato tessuti e i vari organi: gli ultrasuoni emessi dalla sonda, si propagano entro la zona del corpo esaminata, penetrano nei tessuti del corpo e vengono da questi riflessi<sup>142</sup> e rifratti<sup>143</sup> in maniere diverse, a seconda della composizione dei tessuti stessi. Le sonde possono generare ultrasuoni con frequenze diverse, più basse per lo studio di organi in profondità (reni, ovaie, aorta addominale), più alte per lo studio di organi superficiali (mammella, muscoli, tiroide).

Le informazioni "di ritorno" vengono elaborate dal computer dell'ecografo e trasformate in un'immagine riprodotta sul monitor (visibile anche dal paziente) per essere visualizzata dal medico. Il risultato visivo è una mappa a diverse tonalità di grigio della densità dei tessuti esplorata dalla sonda ecografica. Le immagini più significative saranno fotografate e consegnate all'interessato insieme ad un referto scritto.

Ma oltre alle immagini, si possono ascoltare anche dei suoni, diversi a seconda della parte esplorata, che il medico riesce, grazie ai suoi studi e all'esperienza, a non confondere gli uni con gli altri.

---

<sup>142</sup> La riflessione è quel fenomeno che si verifica quando un'onda sonora incontra un ostacolo e si propaga in un'altra direzione con lo stesso angolo con cui ha colpito l'oggetto oppure torna indietro nella direzione contraria a quella della sua provenienza (in questo caso si ha un eco).

<sup>143</sup> Con rifrazione si indica il fenomeno secondo il quale un'onda che attraversa due mezzi di diversa densità cambia direzione della sua propagazione nel punto di separazione dei due corpi. Tale comportamento è spiegabile dal fatto che il suono si propaga con velocità diverse in mezzi di diversa densità (più velocemente in mezzi più densi).

Ma come possono degli ultrasuoni “trasformarsi” in immagini? Questo passaggio è possibile grazie alla sonificazione, che riesce a traslare dei dati numerici variabili in suono udibile e immagini.

Abbiamo affermato che dall’elaborazione elettronica è possibile ottenere una riproduzione bidimensionale in toni di grigio delle varie parti del corpo umano esaminate identificando così le strutture e gli organi normali ed una vasta gamma di possibili alterazioni patologiche. L’immagine riprodotta è data dall’orientamento della sonda, a cui ad ogni eco riflesso corrisponde un punto luminoso riprodotto sullo schermo.

Esistono diverse modalità di scrittura dei suoni riflessi, come ad esempio il *TM-mode* (dove un eco proveniente da una struttura fissa corrisponde ad una linea retta mentre un eco proveniente da una struttura mobile corrisponde ad una linea ondulata) o il *B-mode*, dove la lettera B significa *brightness*, ovvero luminosità.

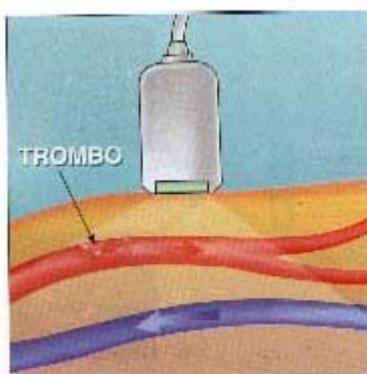


Figura 8 - Sonda sulla cute. Il fascio di ultrasuoni raggiungono (in questo caso) vene ed arterie e vengono da queste riflessi.

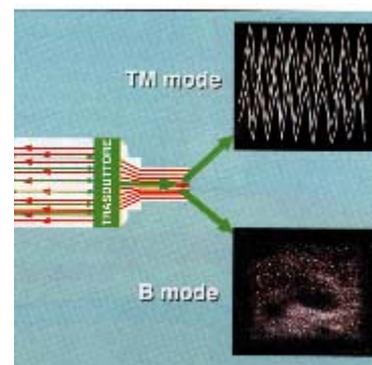


Figura 9 - Le due rappresentazioni TM-mode e B-mode.

Questa tecnologia viene costantemente migliorata dai progressi della tecnica: le immagini sono oggi, per la maggior parte, di carattere bidimensionale, ma in futuro sarà possibile ottenere immagini ecografiche tridimensionali (ne esistono già in verità) in tempo reale, senza ritardi dovuti dal sistema di acquisizione.

L'attraversamento dei tessuti da parte degli ultrasuoni non produce conseguenze: per questo motivo non sono stati sinora documentati effetti dannosi imputabili all'ecografia, che può essere quindi considerata un'indagine diagnostica indolore, non invasiva, priva di rischi e senza alcuna controindicazione. L'ecografia rappresenta perciò il test ideale in molteplici indagini di medicina preventiva e il suo utilizzo è molto frequente anche in pediatria o nelle donne in gravidanza per monitorare la salute del feto.

## **2.4.2 L'ecografia in ginecologia e ostetricia**

Un altro particolare tipo di ecografia, è quella uterina, a cui vengono sottoposte le donne durante la loro gravidanza, o al di fuori del periodo di gestazione per maggiori e accurati controlli.

Quando il ginecologo, o chi per lui, si avvale di tale metodica nella donna incinta, è al fine di osservare in modo dettagliato le diverse parti del corpo materno e del feto.

Perchè è entrata nella pratica comune questa tecnica e per quali ragioni, in particolare, viene solitamente eseguita? I motivi più comuni sono quelli di stabilire con una certa precisione l'epoca della gravidanza, la posizione fetale ed, entro certi limiti, la normalità dello sviluppo fetale. Nella gravidanza "normale" sono consigliati generalmente tre esami ecografici. Il comune esame per il cosiddetto controllo di base non dura più di dieci minuti. La metodica ecografica ha pur sempre dei limiti, in certi casi anche notevoli, per cui è possibile che alcune rare anomalie embrionali non possano essere evidenziate allo stato attuale delle conoscenze.

L'ecografia si è progressivamente affermata in questa pratica clinica dal 1980 in poi e l'interesse iniziale principale che portò ad introdurre e a perfezionare le apparecchiature ecografiche fu quello di poter studiare il feto durante la gravidanza, poter arrivare a "vedere" ed ascoltare un individuo che, fino ad allora, era sempre rimasto nascosto nel ventre materno e che non poteva essere visitabile da un medico.

Oggi è anche possibile controllare il cuore già dalle prime settimane di vita del feto e individuarne eventuali malformazioni da correggere con interventi dopo il parto.

Questa nuova possibilità diagnostica è importante soprattutto per tranquillizzare le coppie che, per fattori ereditari, sono a più alto rischio di avere un figlio con malformazioni cardiache o quelle che hanno già avuto un figlio con questo problema. La diagnosi precoce permette un controllo tempestivo ed apre la via ai primi interventi in età prenatale che sono stati recentemente realizzati.

Abbiamo affermato in precedenza che l'attraversamento dei tessuti da parte degli ultrasuoni non produce conseguenze e non sono stati sinora documentati effetti dannosi imputabili all'ecografia. Sebbene studi di livello internazionale non hanno a tutt'oggi dimostrato esiti nocivi sul nascituro, è raccomandabile, durante la gravidanza, a scopo precauzionale, ridurre al minimo i tempi di esposizione abbreviando durata e numero di esami. In tutte le altre condizioni fisiologiche o patologiche, l'esame ecografico può essere ripetuto tutte le volte che se ne dimostri l'utilità e la necessità.

Come (brevemente) descritto, questa tecnica viene utilizzata da pochi anni eppure ha avuto un rapido sviluppo, fino a giungere, anche grazie alla sonificazione, a ecografie tridimensionali, che hanno portato a migliori risultati nella prevenzione della salute e nella cura del feto.



Figura 10 - ecografia uterina bidimensionale



Figura 11 - ecografia uterina tridimensionale

### **2.4.3 L'ecocardiografia**

L'ecocardiografia è un'ecografia al cuore. Si esegue quindi come il test precedentemente descritto, ma la sonda, messa a contatto con la pelle, permette il passaggio delle onde sonore attraverso il torace e, le varie zone del cuore, riflettendo e registrando queste onde in maniera diversa a seconda della loro densità, permettendo la visualizzazione dell'anatomia cardiaca e l'ascolto dei suoni prodotti.

L'interpretazione dei risultati consente di acquisire informazioni su forma, dimensioni, funzionamento del cuore, sulle sue strutture interne e di valutare esattamente le attività, fornendo informazioni molto preziose.

Le onde riflesse e proiettate su di un'interfaccia grafica, e producono dei suoni diversi a seconda che le onde siano dirette, ad esempio, su di un atrio o un ventricolo. I suoni, oltre che visualizzati (attraverso sia l'immagine del cuore della persona sottoposta a questo test che le onde sonore prodotte) sono interpretati dal medico che, in base ai suoi studi e alla sua esperienza, diagnostica se il paziente è in salute o meno e percepisce, grazie al suono prodotto dalla sonificazione, se ad esempio, con la sonda sta proiettando il fascio di suoni sull'atrio o sul ventricolo.



Figura 12 – Immagine di un'ecocardiografia.

L'ecocardiogramma fornisce, in particolar modo, informazioni su: dimensioni delle cavità cardiache e lo spessore delle loro pareti muscolari, funzionalità della contrazione cardiaca, chiusura e apertura delle valvole, presenza e tipo di un difetto congenito e indicazioni decisive circa tempi e modalità di interventi cardiocirurgici.

Gran parte delle patologie cardiache, sia nel bambino (dato che non ha controindicazioni e non è un test invasivo, il suo utilizzo è molto frequente anche in pediatria) che nell'adulto, vengono diagnosticate grazie all'ecocardiografia.

Molti interventi cardiocirurgici sono oggi affrontati solo sulla base di tale esame che ha, inoltre, un ruolo preminente nell'immediato decorso post-operatorio. Le capacità dell'ecocardiografia, sono state accresciute dalla possibilità di eseguire il test in associazione a vari tipi di stimolazione tendenti ad evidenziare meglio le zone del muscolo, che comprendono essenzialmente lo sforzo fisico

(ecocardiogramma da sforzo) o l'infusione, nel corso dell'esame, di particolari farmaci (ecostress farmacologico).

Esiste anche l'ecocardiogramma transesofageo dove, (a seguito di anestesia) la sonda viene fatta passare attraverso la bocca, la faringe fino all'esofago. In questo tipo di esame la sonda fornisce una qualità d'immagine migliore rispetto all'ecocardiogramma transtoracico, ma in questo caso non possiamo dire che non produce alcun fastidio nel paziente.

L'ecocardiografia raccoglie quindi informazioni sull'attività del cuore, rivelando un eventuale malfunzionamento del muscolo, e sulla quantità e la direzione del flusso sanguigno. A questo proposito si è sviluppata anche l'ecocardiografia color-doppler, che vediamo meglio qui di seguito.

## 2.4.4 L'eco-Doppler

La denominazione corretta dell'esame è flussimetria Doppler (o analisi velocimetrica) e consiste nella misurazione, attraverso l'elaborazione degli echi prodotti dal fascio di ultrasuoni, della velocità e della direzione del flusso del sangue all'interno di vene, arterie e cuore.

Perché si chiama così? Questa tecnica deve il suo nome a Christian Doppler, fisico austriaco vissuto nel XIX Secolo, scopritore di un particolare effetto acustico.

Quando ad esempio una macchina con sirena si avvicina, il suono sembra farsi più acuto, man mano che si allontana diventa più grave. Eppure la sirena è sempre la stessa. Cosa permette la differenza sonora percepita? A cambiare non è l'intensità del suono, ma la sua qualità. Questo fenomeno, l'effetto Doppler, indica il cambiamento di frequenza con cui le onde sonore provenienti da una data fonte raggiungono un soggetto quando questa è in rapido movimento rispetto al soggetto stesso. Il tono della sirena cambia mentre si avvicina e si modifica nuovamente in seguito quando si allontana. Il cambiamento di tonalità è il risultato di uno spostamento nella frequenza delle onde sonore che, durante l'avvicinamento, vengono compresse nella direzione dell'ascoltatore. Gli intervalli tra le onde diminuiscono, il che si traduce in un aumento della frequenza (maggiore è la frequenza, più acuto il tono). Quando l'auto si allontana gli intervalli tra le onde sonore provenienti dalla sirena causano l'abbassamento di tonalità. Dalle variazioni del tono della

sirena, è possibile determinare se questa si sta avvicinando o allontanando.

Con delle particolari strumentazioni, siamo in grado di applicare lo stesso effetto alla medicina per studiare l'anatomia e la funzionalità dei vasi sanguigni, individuare la presenza di restringimenti o di occlusioni dei vasi e diagnosticare trombosi venose, come esame per il controllo intra e post-operatorio e base di quello cardio-vascolare. Permette inoltre di avere informazioni anche sulla frequenza delle contrazioni nella donna partoriente e su quella del battito cardiaco o del flusso sanguigno del feto nell'utero.

Esistono anche apparecchi di piccole dimensioni che permettono di eseguire il test ovunque, anche a domicilio. Questa metodica presenta un'elevata attendibilità e affidabilità.

Trasformiamo ora la macchina con sirena in sangue. Grazie al fenomeno descritto applicato alla flussimetria, un medico è in grado di percepire se il sangue del vaso esaminato è in avvicinamento o allontanamento. L'utilizzo dell'effetto Doppler permette di valutare la velocità e la direzione del flusso del sangue.

Si ha poi l'eco-Doppler, che aggiunge all'ascolto anche la visione, ovvero si tratta dello studio ecografico del circolo sanguigno. Sfruttando il principio dell'ecografia<sup>144</sup>, è possibile esaminare la forma, le componenti delle vene e le loro eventuali alterazioni ed osservare, inoltre, il comportamento del flusso sanguigno. Si tratta della combinazione dell'immagine ecografica e del Doppler nella stessa apparecchiatura. Oltre alla rappresentazione dei vasi, è presente

---

<sup>144</sup> Vedi *infra*, paragrafo 2.4.1 "L'ecografia".

anche l'analisi spettrale che consente la valutazione contemporanea e in tempo reale delle caratteristiche morfologico-strutturali ed emodinamiche del singolo vaso esaminato. L'analisi spettrale del segnale permette anche di dare un significato funzionale a quanto è visualizzato ecograficamente.

Segue la metodica "color" (l'eco-color-Doppler) che rappresenta l'espressione tecnicamente più avanzata della diagnostica aggiungendo anche il colore al segnale del flusso. Il colore serve a "tradurre" i suoni captati. Tutti i sistemi color-Doppler codificano le direzioni del flusso in due colori: rosso per il flusso in avvicinamento alla sonda, blu per quelli in allontanamento.

La simultanea presenza in tempo reale dell'immagine anatomica e di quella funzionale, permette all'operatore di individuare facilmente le regioni di flusso anomalo, indicate dalle variazioni di colore. Tale metodica può svelare la presenza o l'assenza del reflusso e può misurarne anche l'entità.

Tutte e tre le tecnologie emettono suoni caratteristici, più o meno acuti, a seconda della velocità del sangue, consentendo all'esecutore di valutare il risultato dell'esame anche acusticamente. Come per gli altri esami già discussi in precedenza, il risultato è immediatamente visibile e udibile dal medico, attraverso lo strumento, durante lo svolgimento dell'esame.

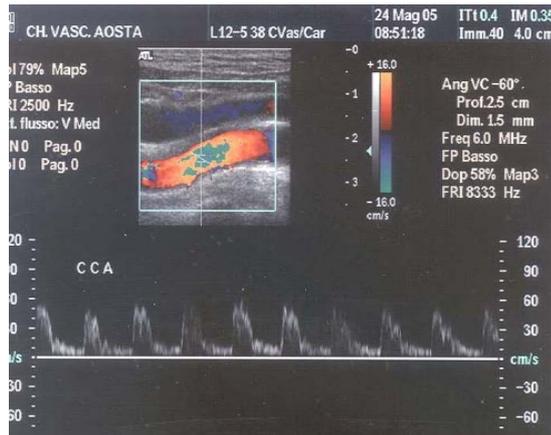


Figura 13 - L'esame eco-color-doppler.

In seguito a tutte queste spiegazioni, il dottor Marini continua la sua personale lezione di sonificazione applicata alla medicina, passando alla pratica.

Dopo avermi procurato un camice bianco, mi permette di assistere ad una seduta di eco-color-doppler, come fossi uno studente di medicina. Entra il paziente e dopo un breve colloquio il medico lo fa spogliare e distendere sul lettino. Accanto c'è la macchina per eseguire l'esame: una specie di computer con la sonda al posto del *mouse*.

Applica il gel sul trasduttore ed inizia l'esame che si prolunga per mezz'ora circa. Posso vedere ed ascoltare tutto ciò di cui mi ha parlato. Gli ultrasuoni oltrepassano cute e organi interni per poi ritornare al punto di partenza e dopo essere stati elaborati (in tempo reale) dal computer, sul monitor posso vedere le cavità venose del paziente e le onde sonore generate dal flusso sanguigno ed ascoltare i suoni prodotti e resi udibili. Sto assistendo ad un esempio di sonificazione in tempo reale.

Dopo la lezione teorica e pochi secondi di (sua) pratica sono in grado di distinguere, con il solo ausilio dell'udito e senza errori, il suono generato da una vena o da un'arteria, ovvero di capire almeno quale delle due famiglie di vasi si sta esaminando.

Dopo anni di studio e un po' di pratica i medici possono quindi ottenere delle informazioni complete ed affidabili, sulla condizione di salute o meno, e in questo secondo caso possono comprendere il problema (nell'esempio specifico, dei vasi sanguigni) del paziente.

Il tutto solo attraverso l'udito. Se poi si aggiunge anche l'interfaccia grafica i risultati migliorano<sup>145</sup> e se alcuni dati vengono associati al colore, le informazioni vengono ulteriormente aumentate.

Molto di quello descritto, ovvero il processo alla base di immissione e captazione di ultrasuoni, e la loro rappresentazione grafica e acustica sono frutto della sonificazione.

Ma probabilmente cosa sia nel dettaglio questa scienza non è ancora chiaro. Cercherò quindi nel prossimo paragrafo di renderla più "accessibile".

---

<sup>145</sup> Vedi *infra*, Capitolo 3 paragrafo 3.2 "La sonificazione applicata ad altre interfacce".

## 2.5 La sonificazione in aiuto ai non vedenti<sup>146</sup>

Giorni d'oggi. Mezzogiorno, ora di punta. Incrocio tra arterie stradali molto trafficate in una imprecisata metropoli di uno dei Paesi maggiormente industrializzati del nostro mondo. Qui, un non vedente si accinge ad attraversare la strada. Da solo, senza l'aiuto di tutori o cani, "solamente" con l'ausilio del suo bastone. Un "trillo" del semaforo gli comunica che il passaggio pedonale è libero e lo può attraversare. L'uomo lo fa e giunge dall'altra parte della strada.

Lo stesso mezzogiorno di alcune ore precedenti (dovute al fuso orario che separa questo Paese da un altro), un uomo è finito in ospedale. In un incrocio non molto dissimile dal primo un altro non vedente stava attraversando la strada, quando è stato investito da un'auto. Nella totale indifferenza cittadina nessun "trillo" lo ha aiutato.

In questo paragrafo vorrei parlare di come l'argomento della tesi può aiutare i non vedenti. Quella appena presentata, non è una vera e propria sonificazione, ma può aiutarci a comprendere quanto questa possa essere utile a chi non dispone del senso della vista (e, come scritto in precedenza, non solo queste persone).

---

<sup>146</sup> Intervista a Giuseppe Giampieri, presidente dell'Unione Italiana Ciechi, sezione provinciale di Macerata e docente del laboratorio sui linguaggi per non vedenti e quello di handicap e sostegno 2 - modulo non vedenti (infanzia e primaria) alla Facoltà di Scienze della Formazione Primaria all'Università degli Studi di Macerata.

Ci sono sempre più non vedenti autosufficienti e coppie di non vedenti che abitano insieme. Le loro capacità, i loro sforzi e le loro lotte li hanno sempre più spinti e sostenuti, ma, perché no, anche la tecnologia da qualche anno li aiuta.

In che modo? Beh, anche se non propriamente corretto l'esempio del semaforo non è forse da escludere a priori. Questo oggetto che ci fornisce un'informazione convenzionale attraverso i colori rosso, giallo e verde e ci dice quando possiamo attraversare (o non ne abbiamo il diritto) la zebratura o l'incrocio, allo stesso modo, ma con un'informazione acustica, ancora convenzionale attraverso tre diverse frequenze sonore, corrispondenti ai comuni tre colori, "comunicano" ai non vedenti quando possono o meno attraversare la strada o affrettarsi nel farlo.

Di recente invenzione (e installazione), sono i semafori acustici vibratili. Questo impianto semaforico produce un'informazione multisensoriale: visiva, acustica e vibratile. Il dispositivo viene normalmente montato su un palo semaforico che il cieco udente localizza grazie ad un segnale pilota in grado di guidarlo fino al pulsante di attivazione; il sordocieco, invece, utilizzerà per l'individuazione un'adeguata tecnica di mobilità con il bastone. La pulsantiera funziona a sfioramento (senza dover quindi schiacciare un singolo pulsante) e attiva un segnale visivo e un ulteriore segnale acustico. Scivolando con la mano sotto la pulsantiera è facilmente individuabile con il tatto una forma triangolare che, oltre ad indicare con il vertice superiore la direzione dell'attraversamento, inizia a vibrare nel momento in cui scatta il verde pedonale.

Questo nuovo modello semaforico potrebbe essere paragonato ad un cellulare o ad un *alert sound*<sup>147</sup> descritto precedentemente. In cosa differiscono i due dispositivi? Beh (a parte nelle dimensioni come potrebbe giustamente suggerire qualcuno), come la vibrazione del nostro cellulare ci informa che qualcuno ci sta chiamando o i segnali di avviso che informano i piloti degli aerei su di un problema, allo stesso modo il semaforo veicola il messaggio di “via libera” (o gli altri due) al pedone.

Purtroppo questi semafori non sono molto frequenti, almeno nelle nostre piccole città, ma insieme a questo oggetto fondamentale per i non vedenti ci sono altri strumenti che li aiutano a muoversi da soli e sempre più indipendentemente.

Alcuni di questi dispositivi ad esempio comunicano loro se la luce in una stanza è accesa o spenta, aiuta il loro orientamento in cucina rendendoli capaci di cucinare ed eseguire tutte le operazioni necessarie per prepararsi un buon pasto e rimettere tutto in ordine; altri casi sono il campanello degli ascensori, anche se non presente in tutti, che comunica l’arrivo al piano dell’ascensore, e l’apertura delle porte; o il barometro che attraverso delle frequenze informa sulla situazione meteorologica.

Molto importante per le persone non vedenti è inoltre l’utilizzo della memoria, intesa sia a breve che a lungo termine. Mi spiego meglio. Per *memoria a breve termine* intendo ad esempio ricordare la posizione di una bottiglia sul tavolo per due motivi: non cercarla inutilmente e non farla cadere.

---

<sup>147</sup> Vedi *infra*, paragrafo 2.3 “La sonificazione nell’aeronautica”.

La *memoria a lungo termine*, può aiutare invece l'orientamento temporale e spaziale.

Mentre si sta passeggiando lungo una determinata e conosciuta via ed udiamo il tintinnio delle tazzine in un bar, questo suono ci informa che si è proprio davanti quel bar e non magari all'edicola che lo precede o al teatro che lo segue. Questo è quello che considero *orientamento spaziale*<sup>148</sup>: udire dei suoni già ascoltati in precedenza in quel luogo fanno ritornare alla mente quello stesso punto. È questo che permette l'orientamento.

Con quello *temporale*, legato senz'altro al precedente, faccio invece riferimento al fatto che, ad esempio, dopo alcune ore che stiamo percorrendo un certo tratto ferroviario, l'ingresso in una galleria (avvertibile dal conseguente e inconfondibile suono) può informare che si tratta dell'ultimo tunnel che precede una determinata stazione il cui arrivo è previsto dieci minuti più tardi, ovvero alle 17. Se il treno fosse (stranamente) in orario informa quindi che sono le 16:50. Si può iniziare a recuperare i propri bagagli o svegliare il compagno di viaggio ed apprestarci alla discesa dal treno.

Come precedentemente affermato orientamento spaziale e temporale sono legati, perché in questo secondo esempio la percorrenza della galleria da parte del treno ci informa anche sulla sua posizione geografica (si è ad esempio in prossimità di una certa città).

Ma la tecnologia di oggi permette ai non vedenti anche di “leggere” o forse meglio ascoltare e scrivere al computer grazie a delle sintesi vocali e a interfacce tattili nel linguaggio braille.

---

<sup>148</sup> Corsivo e “definizioni” mie.

Questa tecnologia, che non ci interessa molto per questo studio è invece fondamentale per la loro vita quotidiana. Anche se si tratta di comunicazione verbale, possiamo considerarla come una serie di suoni che producono una voce sulla base della variazione di alcuni dati e quindi, se non proprio una sonificazione (perché utilizza le parole), una sua stretta “parente”.

Ma non ci sono solo sintesi vocali. Lo schermo del computer è paragonabile ad un ufficio, dove noi abbiamo i nostri documenti, cartelle, foto, disegni, posta, cestino, etc. Il computer, attraverso suoni associati a comandi e le *earcon*<sup>149</sup>, informa anche su quello che si sta facendo o, ad esempio, l’arrivo di messaggi. Provate a svuotare il vostro cestino virtuale, capirete meglio cosa si intende per *earcon*. Per i non vedenti questi suoni sono fondamentali per poter utilizzare autonomamente e con efficacia il computer.

Il nostro intervistato ci dice anche che tatto e udito in un non vedente, non sono più sviluppati come delle volte si afferma, ma semplicemente più allenati e il suono può rappresentare molti segnali visivi: ciò che gli altri vedono. Un non vedente è in grado, attraverso le riflessioni delle onde sonore, di localizzare degli oggetti ed avere informazioni sulla loro distanza, grandezza, forma e materiale.

Sulla base della sua esperienza diretta e di queste affermazioni (oltre a tutto quello letto, scritto e che si deve ancora scoprire/capire/perfezionare), mi permetto di aggiungere che questo può essere un ulteriore stimolo per continuare gli studi e la realizzazione di sonificazioni. Applicando il concetto descritto dal

---

<sup>149</sup> Vedi *infra*, Capitolo 3 “La sonificazione”. Cfr. BREWSTER, Stephane, WRIGHT, Peter, EDWARDS, Alistair, *A detailed investigation into the effectiveness of earcons*, in KRAMER, Gregory (a cura di), 1994, *op. cit.*, pp. 471-499.

professor Giampieri alle tecnologie, sarà quindi possibile avere delle informazioni su altri tipi di dati.

La nostra interessante e formativa intervista si conclude con un'ulteriore informazione, quasi una confidenza: la sonificazione come la possiamo intendere (e considerata una nuova scienza), per chi da anni si batte per il riconoscimento dei diritti dei non vedenti, nonché uno di loro, potrebbe essere in verità già superata, perché l'Unione Italiana Ciechi ed altre associazioni lottano per ottenere sempre più sintesi vocali e *chip*, molto più utili ed informativi di un "semplice" *beep* o di un suono da interpretare.

La sintesi vocale può essere fruita sia privatamente, in casa, con strumenti come orologi, sveglie, calcolatrici, telefoni, termometri, cardiofrequenzimetri, ma anche pubblicamente, come ad esempio nelle fermate degli autobus o al loro interno, nei già citati ascensori e soprattutto in uffici e luoghi pubblici come gli ospedali.

I *chip* sono invece domandati perché molto più informativi di una scritta in braille, che deve essere molto sintetica e comunica solo il nome di un prodotto.

Questa tecnologia viene richiesta per aiutare i non vedenti soprattutto nella spesa (riguardo informazioni su scadenze, valori nutritivi e provenienza degli articoli) e nei medicinali (da alcuni anni sulle scatole viene scritto il nome del farmaco anche in braille, ma non si hanno informazioni riguardo il foglietto illustrativo, né la scadenza o altro).

Scienziati e studiosi affermano che la sonificazione sarà molto utile ai non vedenti. Uno di questi è presidente di una sezione provinciale

dell'Unione Italiana Ciechi afferma che è molto più utile e facile ascoltare una voce piuttosto che dei suoni da interpretare. Il dibattito è aperto e credo che possa solo concludersi con il progresso, qualunque esso sia, (anche) in loro favore.

## CAPITOLO 3

### La sonificazione

Il termine sonificazione deriva dal latino *sonus* che significa suono e dal suffisso -zione che indica un'azione e, spesso, l'effetto, il risultato che ne consegue, indicando quindi un modo per veicolare le informazioni grazie al suono.

Il processo di sonificazione può essere diviso in due parti, il metodo (*technique*) e lo scopo (*intent*):

- il metodo consiste nel processare dati in relazione con il mondo fisico e “tradurli” in suoni;
- lo scopo è quello di capire o comunicare qualcosa da questi suoni<sup>150</sup> (e quindi, indirettamente, dai dati grezzi).

Nell'ottobre del 1992, a Santa Fe, nel New Mexico, si è tenuto il primo incontro dell'ICAD a cui parteciparono ricercatori appartenenti a diverse discipline per discutere su come il suono non verbale potesse essere utilizzato per trasmettere informazioni.

Sebbene si possa pensare il contrario, cioè che da secoli l'uomo utilizza il suono per comunicare, questo argomento come materia di studio era, ed è tuttora, molto giovane.

Nonostante questa vera o falsa (abbiamo visto nel capitolo riguardante la storia il perché) embrionalità della materia, e i suoi problemi nel

---

<sup>150</sup> Cfr. <http://spdf.gsfc.nasa.gov/research/sonification/documents/Alltogether.pdf>, p. 10.

farsi strada, svilupparsi ed essere impiegata, oggi la tecnologia ci fornisce i mezzi necessari per applicarla e rendere il suono non verbale facile da utilizzare ed interpretare, soprattutto per il controllo di dati (*information-handling*)<sup>151</sup>.

L'ICAD vuole essere un punto di incontro per questi scienziati e studiosi, un luogo dove far convergere conoscenze, idee, esperienze per poter far sviluppare ed affermare la sonificazione che potrebbe essere molto utile in campi molto diversi tra loro. Gli studiosi dell'associazione sono anche i progettisti dei segnali acustici che potrebbero veicolare le informazioni.

Data la novità delle argomentazioni e i pochi studiosi che affrontavano questo tema, il primo incontro fu generale e la sonificazione venne paragonata alla visualizzazione<sup>152</sup> perché quest'ultima veniva studiata da molto più tempo e poteva guidare le ricerche, produrre spunti e bibliografia. In effetti la sonificazione può essere considerata come la corrispondenza acustica della visualizzazione<sup>153</sup>.

Purtroppo la sonificazione è stata rallentata (fino ad ora) da studi non ancora esaustivi sulla percezione del suono da parte dell'uomo e soprattutto dalla difficoltà di trovare un comune linguaggio tra i vari settori che utilizzano questa tecnica. Come vedremo meglio in seguito, ad esempio il musicista “parla un suo linguaggio”, diverso da quello dello psicologo. Questi differenti linguaggi limitano lo sviluppo della ricerca. Fortunatamente, per la sua vita quotidiana, l'uomo non ha bisogno di manuali per “muoversi”, ma la natura (attraverso il suo

---

<sup>151</sup> Cfr. KRAMER, Gregory (a cura di), 1994, *Auditory Display. Sonification, Audification and Auditory Interfaces*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading (Mass.), p. xvii.

<sup>152</sup> *Ibid.*, p. xxv.

<sup>153</sup> *Ibid.*

corpo) e l'esperienza lo aiutano a capire ed interpretare gli eventi che gli accadono intorno anche solamente grazie ai suoni e all'udito.

Gli esponenti della psicologia della Gestalt, affermano che sperimentiamo cose ed eventi intorno a noi («*We experience the things and events around us*»<sup>154</sup>) anche attraverso i suoni perché ci danno un'immediata consapevolezza dell'ambiente in cui ci troviamo e di ciò che sta accadendo. Siamo in grado di “leggere” i suoni e capire gli eventi dalle vibrazioni che producono i corpi eccitati.

Anche la tecnologia ci viene in soccorso e l'applicazione di suoni a informazioni visive aumenta la curiosità, gli studi, le sperimentazioni, per fornire maggiori e migliori informazioni agli utenti.

Ma perché mai dovremmo usare il suono per veicolare informazioni? Soprattutto in Paesi come il nostro dove regna la cultura dell'immagine e strumenti come grafici, televisione, computer e le informazioni visuali in generale ci tengono costantemente informati? Ecco alcuni motivi:

- la possibilità che diverse fonti di informazioni possono collaborare e non interferire tra loro;
- l'utilizzo, la fruizione di strumenti e altro, da parte di persone non vedenti, per rendere più semplice la loro vita quotidiana e per renderli ancora più autonomi, produttivi e sicuri;
- udire un suono senza vedere chi o cosa lo produce ci segnala lo sfondo, ci dà una localizzazione in un ambiente e ci permette di concentrarci o focalizzare immediatamente quello che dobbiamo fare;

---

<sup>154</sup> *Ibid.*, p. xviii.

- il suono ha un rapporto privilegiato con la dimensione temporale, ovvero descrive un fenomeno che si sviluppa nel tempo e la sonificazione è molto efficace per descrivere fenomeni che si espandono temporalmente (come del resto l'informazione che si vuole comunicare).

Bruce Walker individua, oltre a quella in soccorso ai (ricercatori e studenti) non vedenti, altre due ragioni per cui utilizzare il suono per veicolare informazioni<sup>155</sup>:

- fornisce agli scienziati un nuovo e potente mezzo con dei vantaggi anche dove esistono visualizzazioni, oltre ad aiutarli anche in occasioni in cui tutte le modalità di visualizzazione avevano fallito. In particolar modo la sonificazione è molto importante per: la rappresentazione di dati temporali e a diverse variabili; il monitoraggio dei dati quando si hanno gli occhi impegnati; in circostanze in cui è utile correlazioni incrociate dei dati;

- può essere utilizzata in classe come metodo di apprendimento. Nel 1992 Woolf ha dimostrato che gli studenti preferiscono utilizzare, ed acquisiscono maggiori conoscenze attraverso l'utilizzo di sistemi di apprendimento multimediali; mentre Flowers ha dimostrato che gli studenti giudicano correttamente le proprietà statistiche mostrate loro con istogrammi visivi o quelli uditivi. La sonificazione potrebbe quindi non essere "solo" un mezzo di ricerca, ma anche una prassi pedagogica.

---

<sup>155</sup> Cfr. WALKER, Bruce, 2000, *Magnitude estimation of conceptual data dimensions for use in sonification*, in Psychology Department, Houston, Texas, Rice University.  
<http://sonify.psych.gatech.edu/~walkerb/research/phd/WalkerDissertation.pdf>.

Da sola o in combinazione con tecniche visive di formazione di immagini, la sonificazione offre un potente strumento per trasmettere informazioni, può migliorare e aumentare il “rapporto” uomo-macchina e può trovare applicazione in molti campi. L’esposizione uditiva può fornire strumenti per l’esaminazione (*exploration*) ed il controllo (*monitoring*) di dati, e per la progettazione (*design*) di interfacce in molti campi di applicazione<sup>156</sup>.

Si potrebbe obiettare ancora: se usiamo i suoni per raggiungere questo scopo, perché non utilizzare le parole per farlo? È più semplice, lo si può fare già da molto tempo ed è più facile ascoltare o eseguire ciò che ci dice una voce piuttosto che interpretare dei suoni. Questo può essere vero, ma solo in parte. L’utilizzo della sonificazione per il controllo di dati è molto più veloce dell’ascolto di un rapporto verbale. È come paragonare un resoconto scritto ad un grafico. Naturalmente ciò non è sempre vero. Mi spiego meglio: per far sì che ciò accada sono necessarie alcune competenze da parte dell’utente, che in questo caso sono la capacità di leggere quei determinati grafici, di comprendere la lingua in cui è presentato (scritto e oralmente il resoconto) e di conoscere l’eventuale terminologia tecnica. Nel caso in cui l’utente sia in possesso di tutti questi requisiti possiamo ritenere valido quanto affermato. E continuare: la relazione scritta può essere più dettagliata, ma con il grafico ci rendiamo subito conto delle informazioni principali sintetizzando il tutto. Se abbiamo poi bisogno di approfondirle possiamo leggere la parte del resoconto che ci interessa. Con la sonificazione è grosso modo la stessa cosa: prima ascoltiamo i dati poi, all’occorrenza, cercheremo maggiori informazioni sul punto in cui richiediamo queste ultime.

---

<sup>156</sup> Cfr. KRAMER, Gregory, (a cura di), 1994, *op. cit.*, p. xxvi.

Inoltre la lettura del rapporto implica una interpretazione dei dati da parte di qualcuno prima di noi. Magari errata. L'ascolto dei dati trasformati in suoni ce li rende per quello che sono: numerici, assoluti. Quasi fossero materia prima. Occorre però sottolineare che non tutti sono in grado di “tradurre” i suoni di una sonificazione in un'informazione. O meglio: potremmo esserne tutti capaci, ma prima di farlo è necessaria un'educazione. Per essere in grado di percepire le informazioni veicolate da quei determinati suoni, sono indispensabili delle esercitazioni che, come abbiamo visto nel capitolo precedente, a volte possono essere molto brevi, come di sole due ore.

La ricerca sull'esposizione uditiva applica i modi in cui usiamo il suono nella vita di tutti i giorni ad un'interfaccia uomo/macchina, e la sua funzione è quella di aiutare un utente a controllare e comprendere cosa il suono rappresenti. Se il mezzo utilizzato tra utente e macchina è la parola, si sta impiegando un repertorio appreso dal linguaggio. Se invece il mezzo è il suono, ma non la parola, si utilizzano sia adattamenti dovuti all'evoluzione, che facoltà conoscitive acquisite.

Tutto questo avviene attraverso tre “personaggi”, già noti nel mondo della comunicazione:

- mittente (*information generators*): qualunque generatore di dati;
- mezzo (*communicative medium*): formato da
  - a) ricevitore di dati (*data-receiving means*): che prende i dati e li “traduce” nel sistema specifico che si sta utilizzando;

b) strutture intermedie (*intermediary structures*): convertono i dati in suoni;

c) generatore sonoro (*sound-generating means*): produce i suoni;

- destinatario (*information receiver*): l'ascoltatore. Il sistema uditivo umano è la destinazione del segnale acustico. La mente elabora e il suono e la sua interpretazione del significato deriva dall'esperienza<sup>157</sup>.

Possiamo schematizzare in questo modo:

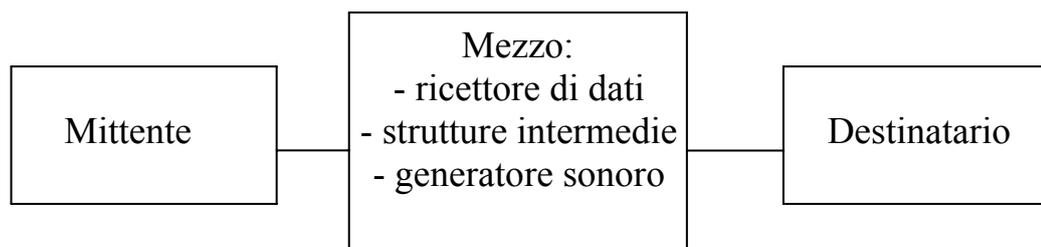


Figura 14 - Schema di un tipico sistema di esposizione uditiva<sup>158</sup>

Qui potrebbe aprirsi un dibattito tra scuole di pensiero, personaggi come (e sostenitori di) Jakobson ed Eco da una parte e Nattiez<sup>159</sup> dall'altra. Riassumerò molto brevemente questa "disputa", dato che non è di fondamentale importanza per il mio studio.

La teoria della comunicazione è lo studio dei fenomeni di trasmissione di segnali tra un sistema ed un altro di uguale natura. Esistono diversi

<sup>157</sup> Cfr. KRAMER, Gregory, (a cura di), 1994, *op. cit.*, p. 2.

<sup>158</sup> *Ibid.*

<sup>159</sup> Il pensiero di Nattiez si sviluppa in verità a partire dalle idee di Jean Molino. Cfr. NATTIEZ, Jean-Jacques, 1987, *Il discorso musicale - Per una semiologia della musica*, a cura di Rossana Dal Monte, Einaudi, Torino, p. 4.

modi di comunicare, ma è possibile individuare il meccanismo e le caratteristiche fondamentali comuni ad ogni atto comunicativo.

Il linguista Roman Jakobson, nella sua “teoria della comunicazione verbale”, ha schematizzato sei aspetti fondamentali, comuni anche ad altre forme di comunicazione, comprese quelle che utilizzano un linguaggio non verbale ma che si servono, ad esempio, di suoni o gesti. Egli ha individuato un *mittente*, colui che invia un *messaggio* al *destinatario*, il quale si riferisce a un *contesto* (che è l’insieme della situazione generale e delle particolari circostanze in cui ogni evento comunicativo è inserito nel messaggio). Per poter compiere tale operazione sono necessari un *codice*, comune al mittente e al destinatario, e un *contatto* che è al tempo stesso un canale fisico e una connessione psicologica fra il mittente e il destinatario. Questo consente loro di stabilire la comunicazione e di mantenerla.

Di conseguenza i primi sostengono che, in determinate condizioni, il messaggio inviato dal mittente sia lo stesso che giunge al destinatario, ma questo per quanto riguarda fenomeni macro, non micro. Si possono considerare non completi i loro studi. Essi hanno infatti trascurato determinati aspetti della comunicazione in quanto non funzionale ai loro obiettivi lavorativi, ma quanto appena descritto è riassumibile come:



Figura 15 - Schema della comunicazione di Jakobson<sup>160</sup>

---

<sup>160</sup> Cfr. VOLLI, Ugo, 2000, *Manuale di semiotica*, GLF Editori Laterza, Roma, p. 17.

Il semiologo della musica Nattiez, rifacendosi alle idee di Molino, afferma invece che il destinatario riceve un messaggio che può essere lo stesso, ma molto probabilmente diverso da quello del mittente (e può essere così per ogni fruitore finale, perché il senso, l'interpretazione, dipendono dal vissuto, dalla cultura e da molte variabili che mutano nello spazio<sup>161</sup> e nel tempo<sup>162</sup>). Ovvero,

«secondo Molino tutte le forme di espressione umana (lingua, romanzo, film, musica, pittura, ecc...) possono essere definite forme simboliche, e quindi oggetto di una semiologia, se vi si possono riconoscere tre dimensioni:

- il processo *poietico*: l'insieme delle strategie grazie alle quali alla fine dell'atto creativo esiste una *cosa* (l'opera) che prima non esisteva [...];
- il processo *estesico*: l'insieme delle strategie messe in atto dalla percezione del prodotto dell'attività poietica [...];
- l'oggetto *materiale*, [l'opera: l'oggetto stesso, la traccia sulla carta, ad esempio, dell'opera letteraria o musicale,] che non esiste pienamente come opera se non è letta, eseguita o percepita, ma senza la quale l'opera semplicemente non esisterebbe»<sup>163</sup>.

---

<sup>161</sup> In due diverse culture si possono avere due interpretazioni diverse dello stesso messaggio (questo può accadere anche nella stessa cultura. Ne è un caso limite il film *Vertigo* di Alfred Hitchcock. In tempi diversi questo film è stato considerato prima maschilista, poi femminista dalla stessa comunità di spettatori: da teoriche femministe del cinema. Cfr. ESQUENAZI, Jean-Pierre, 2001, *Hitchcock et l'aventure de Vertigo*, Paris, Cnrs éditions).

<sup>162</sup> Una persona può interpretare in modo diverso lo stesso messaggio in due momenti diversi della stessa vita. Ad esempio se leggiamo lo stesso libro in due o più momenti della nostra vita, ne cogliamo aspetti diversi, attribuendo loro messaggi e significati differenti.

<sup>163</sup> Cfr. NATTIEZ, Jean-Jacques, 1987, *op. cit.*, p. 4.

Da ciò deriva uno schema:

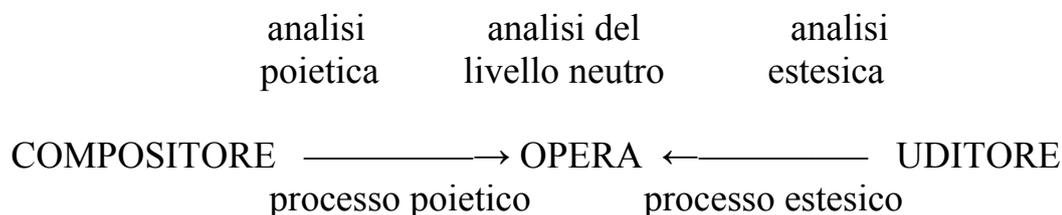


Figura 16 - schema di Nattiez<sup>164</sup>

«La freccia del processo estetico parte dall'uditore verso l'opera e non viceversa. Nelle teorie classiche, di Jakobson o di Eco, si avanza l'ipotesi di un "codice" comune all'emittente e al destinatario, che rende possibile la comunicazione. Nella concezione di Molino la dimensione estetica è un *processo attivo di costruzione*: [...] gli interpretanti attribuiti dall'emittente all'opera che egli produce non sono necessariamente gli stessi che il destinatario *proietta sull'opera*, e attraverso i quali egli avanza delle ipotesi su ciò che l'emittente "ha voluto dire". Il modello di Molino [...] fa della discrepanza fra poietica ed estetica una delle situazioni *normali* dei processi semiotici»<sup>165</sup>.

Noi appoggiamo questa seconda teoria.

Nel 2003, Keller ha individuato e distinto tre tipi di sonificazione<sup>166</sup>:

- sonificazione iconica (*Iconic Sonification*): quando i dati dei suoni vengono associati a determinati fenomeni («*This type of Sonification is when someone maps data to sounds that are associated with certain*

---

<sup>164</sup> *Ibid.*

<sup>165</sup> *Ibid.*, pp. 4-5.

<sup>166</sup> Cfr. <http://spdf.gsfc.nasa.gov/research/sonification/documents/Alltogether.pdf>, p. 11.

*phenomena*»<sup>167</sup>). Un esempio: se si riunissero i dati meteorologici, come temperatura, umidità e così via, potrebbe essere possibile calcolare la possibilità di pioggia o vento nei giorni seguenti, magari utilizzando il suono della pioggia o del vento che stanno ad indicare un'elevata probabilità di questi fenomeni atmosferici utilizzando i loro caratteristici suoni come delle icone.

- sonificazione-conversione diretta (*Direct Conversion Sonification*): quando i dati vengono tradotti in suono da ascoltare come modello rappresentativo dei (o rappresentante i) dati stessi («*This type of Sonification is when someone maps data to sound to listen for patterns that are represented in the data*»<sup>168</sup>). Un esempio di questa sonificazione-conversione diretta è quando scienziati aerospaziali “fanno suonare” onde elettromagnetiche come fossero onde sonore.

- sonificazione musicale (*Musical Sonification*): quando i dati vengono utilizzati per comporre musica («*This type of Sonification is when someone maps data to sound in a musical way*»<sup>169</sup>). Ci sono programmi che collegano i dati a strumenti (solitamente MIDI), facendo risultare delle vere e proprie sinfonie (dal risultato non sempre eccezionale). E qui si potrebbe aprire un dibattito sui relativi diritti d'autore, ma lascio questo compito ad altri, magari ai miei colleghi giuristi. Quello che posso fare è magari presentare una breve parentesi sulla *sound art* o sull'utilizzo di numeri nella musica.

---

<sup>167</sup> *Ibid.*

<sup>168</sup> *Ibid.*

<sup>169</sup> *Ibid.*

A parte alcune obiezioni e problemi affrontati (oltre a quelli che presenteremo più avanti), la sonificazione incontra delle difficoltà nel farsi apprezzare, anche per l'utilizzo di termini tecnici, ignoti ai più o di recente coniazione e a cui la maggior parte delle persone potrebbero guardarci in modo strano alla pronuncia (o alla lettura ma, vi assicuro, non occorre aver timore).

Il “generico” termine sonificazione (*sonification*), è la più comune dicitura per indicare l'esposizione udibile dei dati (*audible display of data*). Precedentemente si parlava di sonificazione per intendere qualsiasi rappresentazione uditiva di dati (*any auditory data representation*). Kramer<sup>170</sup> afferma che il termine (e quindi il processo di) sonificazione è spesso erroneamente associato a quello di audificazione<sup>171</sup> (*audification*). Egli li distingue indicando con il primo termine un suono prodotto da un dato (*data-controlled sound*), mentre con il secondo i campioni di dati ri-suonati come suono diretto (*data-samples played back directly as sound*). Quest'ultima è la “trasposizione” (*direct translation*) di una forma d'onda in audio per comprendere e controllare dei dati (e quindi informazioni).

Oltre ai termini già incontrati ci si potrebbe imbattere su altri: spesso al posto di sonificazione si utilizza anche il termine auralizzazione<sup>172</sup> (*auralization*), forse per rendere l'affinità che si ha con il termine visualizzazione (*visualization*), la rappresentazione visibile di dati. Vengono infatti paragonati spesso udito e vista per

---

<sup>170</sup> Cfr. KRAMER, Gregory (a cura di), 1994, *op. cit.*, p. xxvii.

<sup>171</sup> Vedi nota 4: il termine esiste in italiano ma con un altro significato. Più che traduzione si tratta di un 'italianismo'.

<sup>172</sup> Vedi nota 4: il termine esiste in italiano ma con un altro significato. Più che traduzione si tratta di un 'italianismo'.

spiegare meglio la sonificazione, definita anche come «il corrispettivo sonoro della visualizzazione»<sup>173</sup>.

Con auralizzazione si fa riferimento alla rappresentazione o alla “formazione di immagini mentali” di dati uditivi (“*imaging*” of data). Con audiazione<sup>174</sup> (*audiation*) si intende la capacità di utilizzare (*manipulation*) il linguaggio figurato uditivo, o immagini uditive, (*auditory imagery*).

Dato che i suoni sono molto importanti nella vita quotidiana per informarci su ciò che ci circonda, si è pensato che sia naturale utilizzarli per simbolizzare eventi per informarci anche sul lavoro. Genericamente attraverso la sonificazione. In particolar modo, come vedremo tra poche righe, attraverso l'icona uditiva e l'*earcon*.

Peirce, probabilmente il maggior filosofo statunitense, teorizzò una scienza dei segni come disciplina autonoma che propose di chiamare “semiotica”.

«Un segno è qualcosa che sta, nei confronti di qualcuno, per qualche altra cosa in qualche rispetto o capacità. Esso s'indirizza a qualcuno, cioè, crea nella mente di quella persona un segno equivalente, o forse più sviluppato. Il segno che esso crea lo chiamiamo *interpretante* del primo segno. Il segno sta per qualcosa che è il suo oggetto»<sup>175</sup>.

---

<sup>173</sup> Cfr. BYRNE, Ben, «*Sonification is the science and the art of turning data into sound - the sonic equivalent of data visualisation* [...]» (<http://www.thisisnotart.org/Members/ben/data-sonification>).

Cfr. anche <http://profs.sci.univr.it/~swan/Teaching/TesiConclude>: Tesi di Nicola Sartor con la collaborazione del professor Rocchesso Davide.

<sup>174</sup> Vedi nota 4: il termine esiste in italiano ma con un altro significato. Più che traduzione si tratta di un 'italianismo'.

<sup>175</sup> Cfr. PEIRCE, Charles Sanders, 1958-66, *Collected*, (a cura di Hartshorne, Charles e Weiss, Paul e Burks, Arthur Walter), Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass., citato in ORILIA, Francesco, 2003, *Teorie del segno. Dispensa integrativa del corso di Semiotica*, Università degli Studi di Macerata.

Durante i suoi studi, fece una distinzione tra tre fondamentali tipi di segno: il simbolo, l'icona e l'indice. Secondo Peirce, «un'icona è un oggetto che designa il suo oggetto in virtù di una somiglianza naturale con esso»<sup>176</sup>. Esempi possono essere un dipinto, una fotografia, un diagramma<sup>177</sup>.

All'icona uditiva<sup>178</sup> (*auditory icon*) si applica lo stesso concetto dell'icona, ma dal "punto di vista" dell'udito, ovvero l'utilizzo dei suoni ambientali che hanno un legame semantico con l'oggetto o l'azione che rappresentano. In questo modo i suoni che udiamo quotidianamente possono essere utilizzati anche per indicare operazioni che compie il nostro computer.

Attraverso i suoni prodotti dalle azioni della nostra vita di tutti i giorni (il rompersi di qualcosa, il grattare, il rimbalzare e così via), possiamo indicare analogie tra il mondo quotidiano e quello virtuale del computer. Questi suoni possono essere inoltre complementari alle icone visive (l'icona uditiva viene quindi utilizzata come una "colonna sonora" non per divertirci, ma per trasmettere informazioni ed indicare all'utente cosa fare: la cosiddetta "interfaccia analogica").

Un'alternativa all'icona uditiva può essere data dall'intraducibile *earcon*, una fusione degli inglesi *ear* (orecchio) e *icon* (icona) che indica quindi un'altra icona sonora, un modo per trasmettere informazioni uditive. Blattner e colleghi definiscono le *earcon* come messaggi audio non verbali usati nell'interfaccia uomo/macchina per

---

<sup>176</sup> Cfr. ORILIA, Francesco, 2003, *Teorie del segno. Dispensa integrativa del corso di Semiotica*, Università degli Studi di Macerata.

<sup>177</sup> La breve presentazione e la non trattazione di 'simbolo' e 'indice' è dovuta al fatto che non interessano per questo specifico lavoro. Intendo solo puntualizzare cosa intendo con 'icona' prima della trattazione di 'icona sonora'.

<sup>178</sup> Cfr. GAVER, William, *Using and creating auditory icons*, in KRAMER, Gregory (a cura di), 1994, *op. cit.*, pp. 417-446.

fornire informazioni all'utente riguardo alcuni oggetti e azioni del (o interazioni con il) computer («*nonverbal audio messages that are used in the computer/user interface to provide information to the user about some computer object, operation, or interaction*»<sup>179</sup>).

Sono brevi sequenze ritmiche di altezze con intensità e timbro variabili; tonalità sintetiche che possono essere usate in combinazioni per produrre messaggi sonori. Forniscono un efficace metodo di sonificazione e possono essere usate per aggiungere suono a dati ed interfacce. Un semplice e breve esempio che tutti conosciamo è il bancomat. Dopo aver inserito la nostra carta magnetica e aver pigiato sui tasti il nostro codice segreto o per qualunque altra operazione, udiamo un suono. Quel *beep*, che ci informa che abbiamo premuto un pulsante e ci dà quindi la conferma e la certezza che la nostra operazione ha avuto successo (se non quella del giusto codice almeno quella di aver premuto il tasto), è un *earcon*, un'icona sonora (se possiamo così definirla, ma dobbiamo fare attenzione a non confonderla con l'icona uditiva, *auditory icon*, presentata solo alcune righe sopra).

Mi auguro ora che, dopo pagine di lettura e aver compreso (almeno) che usiamo la sonificazione da tempo senza nemmeno esserne a conoscenza, la paura sia venuta meno e la curiosità spinga il lettore a capire meglio. Spero di riuscire in questo, proseguendo ora con la presentazione di alcuni motivi per cui si utilizza la sonificazione.

---

<sup>179</sup> Cfr. KRAMER, Gregory (a cura di), 1994, *op. cit.*, p. 473.

### 3.1 I benefici della sonificazione

Proviamo ora ad elencare alcuni benefici riconosciuti. La sonificazione e la conseguente esposizione uditiva permettono<sup>180</sup>:

- di avere gli occhi liberi (*eyes-free*): importante quando la persona deve avere il pieno controllo visivo dell'ambiente circostante o di un'interfaccia grafica;

- una veloce individuazione di segnali acustici (*rapid detection of acoustic signals*): prove cliniche hanno dimostrato che la risposta umana ad uno stimolo acustico è più veloce rispetto a quella che segue uno stimolo visivo;

- segnalazione di pericolo (*alerting*): una delle capacità dell'udito umano è quella di poter udire un suono proveniente da qualunque direzione (dovuta all'omnidirezionalità della propagazione delle onde sonore). L'individuazione della sorgente sonora è immediata e questa caratteristica ci viene in aiuto soprattutto per quanto riguarda suoni che segnalano pericoli o comunque avvisi<sup>181</sup>;

- orientamento (*orienting*): il suono può essere utilizzato per indicare l'importanza di una variabile, anche quando i dati possono essere

---

<sup>180</sup> *Ibid.*, pp. 7-8.

<sup>181</sup> Inoltre questi ultimi tipi di segnalazioni, ovvero quelle di urgenza, pericolo, ma anche la semplice sveglia che suona ogni mattina, sono impostate sulle frequenze maggiormente udibili dall'uomo cioè tra i 2000 e i 5000 Hz. Cfr. PIERCE, John Robinson, 1983, *The science of musical sound*, Scientific American Books, New York; trad. it., *La scienza del suono*, Zanichelli, Bologna, 1988, pp. 117-129. Cfr. FROVA, Andrea, 2006, *Armonia celeste e dodecafonia. Musica e scienza attraverso i secoli*, Biblioteca Universale Rizzoli, Milano, p. 258.

espressi visivamente (questo può avvenire soprattutto nel controllo o nell'esaminazione di dati). La sonificazione di dati può indicare un'area di interesse di un fenomeno che l'analista deve analizzare ulteriormente con altri mezzi (es. statistica). Nella vita sentiamo un segnale provenire da una fonte e guardiamo in quella direzione: sono le orecchie che dicono agli occhi dove guardare; nella sonificazione non ci giriamo a guardare la fonte sonora, ma andiamo a controllare i dati che hanno prodotto quel fenomeno sonoro;

- sfondo (*backgrounding*): l'uomo, o forse meglio il suo apparato uditivo, è capace di prestare poca attenzione ad alcuni suoni di fondo o fissi per darne di più ad altri che variano, che hanno un livello sonoro maggiore o dai quali viene attratto;

- ascolto parallelo (*parallel listening*): è la capacità di ascoltare e distinguere più voci contemporaneamente. Questa permette di controllare una serie di dati allo stesso momento;

- risoluzione temporale (*acute temporal resolution*): è una delle caratteristiche del sistema uditivo e garantisce la capacità di comprendere una sequenza di suoni anche di vasta estensione dinamica mantenendo un'ottima risoluzione;

- la risposta affettiva (*affective response*) al suono: se correttamente usata può rendere le esposizioni più facili da interpretare, coinvolgenti, e può essere capace di trasmettere anche le più "sottili" informazioni. Se alla risposta affettiva che segue il cambiamento di un suono associamo quella relativa ai cambiamenti nei dati, otteniamo

delle significative informazioni. L'utilizzo di colonne sonore in *software*, videogiochi e altre interfacce, offre gli stessi vantaggi di quelle dei film (anche se, vedremo, questi due tipi di colonna sonora sono diversi);

- formazione uditiva della gestalt (*auditory gestalt formation*): si tratta di un'immagine cognitiva in cui le differenti componenti uditive percepite, nel caso di un suono complesso, sono integrate in un insieme unico, coerente e significativo. Oltre ai dati sensoriali percepiti avviene un completamento effettuato dal nostro cervello, dal quale si ottiene un risultato maggiore della somma delle sue parti.

Questi sono solo alcuni dei benefici della sonificazione, o dei motivi per cui è importante il suo studio, sviluppo ed utilizzo. Ma, abbiamo già affermato che è possibile integrarla a delle interfacce grafiche. Con una sinergia di questo tipo, il miglioramento di prestazioni e risultati è assicurato.

### 3.2 La sonificazione applicata ad altre interfacce

Nella vita uno più uno è uguale a tre. Ma prima di fare tre occorre che uno si unisca a uno. Per fare ciò sono necessari due amanti che si attirano e si fondono l'uno nell'altro, perché ciascuno possiede solo la metà di quello che serve per crearne un altro. Siamo tutti nati per questa regola del gioco della vita che vuole che ci si metta in due per fare un terzo essere.

Come la vita anche la sonificazione ha uno strano modo di fare i conti. E qui uno più uno non fa tre, ma molto di più. Come potrebbero sostenere Kurt Lewin e la Gestalt, in questo caso, uno più uno (audio più video) è qualcosa di più o di diverso dalla somma dei suoi membri: l'esposizione uditiva può essere integrata dalla visualizzazione (*visual display*), con un aumento dei benefici ottenuti. Come Bly, Frysinger e altri ricercatori hanno dimostrato, la combinazione esposizione uditiva/visualizzazione produce risultati superiori rispetto alla sola esposizione uditiva<sup>182</sup>.

Solo una breve digressione prima di vederne alcuni.

Nel caso di una doppia interfaccia, acustica e visiva, si può fare un piccolo paragone o parallelismo con la cinematografia, considerando la sonificazione di un evento come la colonna sonora di un film, dove quest'ultima può trasmettere delle emozioni<sup>183</sup>.

Ma nel cinema siamo solo degli spettatori passivi. La nostra scelta si limita nella fruizione o meno di un film e, nel primo caso, scegliere quale. Dopo di che, quando ci sediamo di fronte allo schermo e si

---

<sup>182</sup> Cfr. KRAMER, Gregory (a cura di), 1994, *op. cit.*, p. 40.

<sup>183</sup> *Ibid.*, p. 8.

spengono le luci la nostra passività è totale: non possiamo far altro che vedere ciò che il regista ha girato e montato. Ed ascoltiamo ciò che lo stesso regista e/o il compositore delle musiche hanno scelto e/o composto per noi. Ciò che giunge alle nostre orecchie è solamente il frutto dei loro gusti, delle idee che volevano trasmettere (del loro lavoro naturalmente, ma) non abbiamo nessuna parte attiva. Siamo come milioni di Alex, in *Arancia Meccanica*<sup>184</sup> di Kubrick, durante la *Cura Ludovico* (non si tratta in fondo di una metafora del cinema?).

Durante questa cura il protagonista è sottoposto alla visione di scene violente accompagnate da musiche da lui amate, che lo porterà a disprezzare le une quanto le altre. Al cinema tutti noi diveniamo degli ipotetici Alex, dove ascoltiamo ciò che qualcun altro, il regista, vuole che ascoltiamo. Anche in alcuni tipi di sonificazione siamo solo degli ascoltatori, ma in altre potremmo essere degli autori-attori, e ciò comporta delle responsabilità.

Probabilmente un esempio più corretto potrebbe essere quello dei videogiochi, dove si ha una interazione uomo-macchina. In questo caso siamo nel bel mezzo di una sonificazione, dove il nostro intervento, i nostri movimenti e azioni fanno variare i suoni prodotti dal computer (al variare dei dati dovuti alla nostra interazione divenendo così dei fruitori attivi).

Passiamo ora ad elencare alcuni benefici che si ottengono in un prodotto di una doppia interfaccia (acustica/visiva)<sup>185</sup>:

---

<sup>184</sup> KUBRICK, Stanley, 1971, *A Clockwork Orange*, USA, 133', Malcolm McDowell, Patrick Magee, Adrienne Corri, Aubrey Morris, Steven Berkoff; *Arancia Meccanica*.

<sup>185</sup> Cfr. KRAMER, Gregory (a cura di), 1994, *op. cit.*, pp. 8-11.

- enfasi non intrusiva (*nonintrusive enhancement*): audio e video insieme trasmettono informazioni collegate che, essendo su canali percettivi diversi, non si sovrappongono e non creano ridondanza;
- aumento della qualità percepita (*increase in perceived quality*): aggiungendo audio di elevata qualità a interfacce video si ottiene un miglioramento della percezione qualitativa del prodotto;
- migliore risoluzione temporale (*superior temporal resolution*): permette all'esposizione uditiva di captare eventi più velocemente della - o che potrebbero rimanerci ignoti alla - visualizzazione. Inoltre un'interfaccia audio-video può offrirci anche dettagli e modelli temporali aiutandoci ad un più veloce riconoscimento;
- elevata dimensionalità (*high dimensionality*): aggiungendo la dimensionalità acustica a quella visiva il prodotto migliora. È possibile che il solo audio sia più efficace della sola interfaccia visiva per rappresentare la dimensionalità;
- impegno (*engagement*): un'interfaccia multisensoriale può far diminuire i tempi di apprendimento, ridurre l'affaticamento e aumentare l'entusiasmo. Portiamo un esempio. La visione di un film senza la colonna sonora ci annoierebbe dopo soli pochi minuti. L'introduzione della colonna sonora, composta da effetti sonori, musiche e silenzi, aiuta l'attenzione, la comprensione e l'interpretazione<sup>186</sup>. Il cinema non è mai stato veramente muto, fin

---

<sup>186</sup> Cfr. COMUZIO, Ermanno, 1980, *Colonna sonora: dialoghi, musiche, rumori dietro lo schermo*, Edizioni Il Formichiere, Trento.

dalla sua nascita il film è stato accompagnato almeno da un pianoforte<sup>187</sup>.

Effetti sonori sono stati aggiunti anche a videogiochi e a visualizzazioni scientifiche per le stesse motivazioni;

- possibilità di riconoscimento per modelli complementari (*complementary pattern recognition capabilities*): organi e sensi visivi e acustici sono diversi e si può quindi ipotizzare un “utilizzo” complementare dei due sensi, soprattutto grazie alla più veloce reazione ai suoni;

- correlazione intermodale (*intermodal correlation*): fornisce all'utente di un'interfaccia una convergenza tra i sensi utilizzati durante la vita quotidiana. Abbiamo visto che la correlazione dei sensi vista-udito può fornire molte più informazioni di quelle che possono essere veicolate attraverso un solo canale, quindi ciò confermerebbe gli studi per lo sviluppo e l'utilizzo sempre maggiore della sonificazione, magari applicata ad interfacce visive;

- aumento del realismo (*enhanced realism*): legato al punto precedente, questa caratteristica ci conferma che se ad un'immagine di un'interfaccia visiva viene “sommato” un suono (ad esempio al suo movimento, al suo termine e così via), il totale ci dà una maggiore impressione di realtà (oltre a segnalarci un'informazione);

- sinestesia (*synesthesia*): ovvero quando una stimolazione sensoriale viene percepita non solo dall'organo del senso interessato, ma è in grado di suscitare anche sensazioni solitamente associate ad altri

---

<sup>187</sup> Vedi *infra*, Capitolo 1, paragrafo 1.1 “Il silenzio”.

organi sensoriali (ad esempio quando ad un suono associamo anche un'immagine visiva o al tatto di un oggetto accostiamo un sapore). Questa risolve il problema, comune negli ambienti virtuali, della difficoltà di indicare alcune esperienze sensitive;

- aumento di apprendimento e della creatività (*enhanced learning and creativity*): la presentazione di informazioni in una nuova forma (come quella acustica) può produrre nuovi risultati, stimola la mente a nuovi approcci, soprattutto per le persone inclini ad apprendimenti uditivi (*auditory learning*) o chi ha maggiori difficoltà nell'apprendimento visuale (*visual learning*). Come detto in precedenza, quando abbiamo trattato Walker, la sonificazione ha apportato conoscenze dove le modalità di visualizzazione avevano fallito e può anche essere utilizzata in classe come metodo di apprendimento<sup>188</sup>.

Per il momento l'audiatura (*audiation*) ovvero la capacità di utilizzare (*manipulation*) il linguaggio figurato uditivo, o immagini uditive (*auditory imagery*), non è ancora ben concepita (anche perché è un processo innovativo). È immaginabile che noi concepiamo e utilizziamo immagini uditive<sup>189</sup> (*auditory images*) diversamente da quelle visive<sup>190</sup> (*visual images*), anche se probabilmente le prime si estendono nel tempo come le seconde nello spazio. Ad esempio, per quanto riguarda l'apprendimento, per molti studenti la capacità di attenzione è determinata dalla forma della situazione percettiva: ci sono allievi che osservano ma non ascoltano, altri che ascoltano ma

---

<sup>188</sup> Vedi sopra, dimostrazioni di Woolf e Flowers.

<sup>189</sup> Cfr. BADDELEY, Alan, 1990, *Human Memory, Theory and Practice*, Lawrence Erlbaum Associates Ltd., Hove; trad. it., *La memoria umana. Teoria e pratica*, Società editrice il Mulino, Bologna, 1992, pp. 26-38.

<sup>190</sup> *Ibid.*, 1992, pp. 38-51.

non osservano. La situazione percettiva è evocata dalle immagini visive per i primi, dalle immagini uditive (le parole dell'insegnante) per i secondi<sup>191</sup>.

Quanto detto è evidente nella differenza tra l'apprendimento della matematica e quello della seconda lingua. Infatti per acquisire le regole ed i concetti appartenenti alla matematica è necessario far ricorso alla percezione visiva (con l'ausilio di quella uditiva), mentre l'acquisizione della seconda lingua implica l'uso della percezione uditiva (con l'ausilio di quella visiva) per poter padroneggiare il codice orale, specialmente in età evolutiva<sup>192</sup>. Nonostante questo esempio possa sembrare inopportuno in quanto si utilizza la parola, credo possa essere efficace per comprendere il messaggio.

Questi sono solo alcuni dei benefici che si attribuiscono alla sonificazione e alla sua applicazione ad interfacce grafiche, ma come appena dimostrato, l'utilizzo sinergico con dei supporti visivi rende ancora più efficace e potente questa nuova scienza. Dopo aver presentato alcuni suoi punti di forza passiamo ad alcuni deboli.

---

<sup>191</sup> Cfr. [http://www.oism.info/it/adhd/mito/medicalizzazione\\_o\\_pedagogia.htm](http://www.oism.info/it/adhd/mito/medicalizzazione_o_pedagogia.htm).

<sup>192</sup> Cfr. CHEN, Jie-Qi, ISBERG, Emily, KRECHEVSKY, Mara, 1998, *Building on children's strengths: the experience of Project Spectrum*, Teachers College Press, New York; ed. it. a cura di NICOLINI, Paola e POJAGHI, Barbara, *Cominciare a costruire dalle potenzialità dei bambini. L'esperienza del Progetto Spectrum*, Edizioni junior, Azzano San Paolo, 2001.

### 3.3 Non solo benefici: alcuni problemi rilevati

I suoi effetti sembrerebbero quindi tutti positivi. Purtroppo non è così e la sonificazione comporta anche dei problemi e delle difficoltà, che gli studiosi stanno cercando di limitare ed eliminare. Vediamo quali<sup>193</sup>:

- bassa risoluzione di alcune variabili uditive (*low resolution of some auditory variables*): la precisa rappresentazione di dati quantitativi è difficile attraverso processi di sonificazione. Test hanno infatti dimostrato la bassa risoluzione quantitativa di molte variabili acustiche. Nell'esposizione di informazioni quantitative, la bassa risoluzione con cui percepiamo alcune variabili sonore scendono al di sotto (*falls far short*) della risoluzione richiesta per alcune operazioni, perché la risoluzione del nostro sistema percettivo nella discriminazione dell'ampiezza è inferiore rispetto alla nostra capacità di discriminazione nel dominio della frequenza;

- precisione spaziale limitata (*limited spatial precision*): nonostante ciò che si è scritto sulle capacità dell'udito e delle caratteristiche del suono, che ci permette di localizzare una fonte anche senza guardarla direttamente, la capacità del sistema uditivo di spazializzare un suono è meno efficace di quello visivo di focalizzare un oggetto. Questo

---

<sup>193</sup> Cfr. KRAMER, Gregory (a cura di), 1994, *op. cit.*, pp. 11-15.  
Cfr. anche [http://www.dcs.gla.ac.uk/~stephen/papers/theses/Brewster\\_thesis.pdf](http://www.dcs.gla.ac.uk/~stephen/papers/theses/Brewster_thesis.pdf), pp. 42-43.

punto è svantaggioso quando si tratta di rappresentare dati spazializzati<sup>194</sup>;

- mancanza di valori assoluti (*lack of absolute values*): la sonificazione di dati è relativa e questo non è da sottovalutare, perché ne limita l'applicazione. Il nostro apparato uditivo, pur incredibilmente sorprendente per le sue capacità, non ci permette di individuare il valore assoluto rappresentato. Ad esempio siamo in grado di stabilire se un suono è più acuto o grave di un altro, ma non siamo in grado di percepire l'esatto valore dello stesso. Questo elemento è ancor più esplicito nelle persone che non conoscono la musica;

- mancanza di ortogonalità (*lack of orthogonality*): molti parametri udivi non sono indipendenti dal punto di vista della percezione e la variazione di uno di essi può cambiare il valore percepito;

- assenza di pubblicazioni (*no printout*): un problema della sonificazione (ne sono un testimone diretto e, mi permetto di affermare, attendibile) è l'assenza di pubblicazioni riguardanti l'argomento. Ci sono pochissimi testi, riviste, manuali e quant'altro che trattano questo tema. Questo contribuisce al rallentamento della sua conoscenza e sviluppo.

Oltre a questi già elencati, la sonificazione pone altri problemi, probabilmente non meno importanti, ma certamente non proprio, caratteristici, perché comuni alla comunicazione in generale.

---

<sup>194</sup> Si tratta di conferire un carattere spaziale ai suoni, rappresentare e collocare oggetti sonori nello spazio, dare loro una profondità (l'analogo sonoro della prospettiva nella visualizzazione).

Questi sono:

- disturbo (*annoyance*): dato che non è possibile chiudere i nostri orecchi (*we have no “ear-lids”*)<sup>195</sup>, siamo costantemente sottoposti all’esposizione uditiva. Suoni da noi non richiesti potrebbero rivelarsi fastidiosi e causa di un possibile abbassamento del livello o l’eliminazione del sonoro, nonostante tutti i benefici presentati precedentemente. La frase in inglese è in verità di Murray Schafer, che scrive: «Il senso dell’udito non può venire chiuso a piacere. L’orecchio non ha palpebre»<sup>196</sup>;

- interferenza con la comunicazione verbale (*interference with speech communication*): i realizzatori di interfacce auditive devono creare suoni che non interferiscano con la comunicazione verbale dell’ambiente lavorativo. Questo problema causa il limitato uso delle interfacce in alcune applicazioni;

- non vincolato dalla linea visiva (*not bound by line of sight*): come già detto il suono si propaga in tutte le direzioni e, mentre a volte ci aiuta (ad esempio a rilevare un pericolo non visto), delle altre può disturbarci (la musica del vicino mentre si studia o il martello pneumatico dei lavori di rifacimento del manto stradale mentre si dorme). Quindi l’utilizzo della sonificazione in un ambiente aperto, oltre a poter essere disturbato da altri suoni, potrebbe interferire esso stesso: è impensabile che in un ufficio di diversi impiegati ciascun

---

<sup>195</sup> Cfr. KRAMER, Gregory (a cura di), 1994, *op. cit.*, p. 13.

<sup>196</sup> Cfr. MURRAY SCHAFER, Raymond, 1977, *The tuning of the world*, McLelland and Stewart Limited, Toronto; trad. it., *Il paesaggio sonoro*, Ricordi - Lim, Lucca, 1985, p. 24.

Un altro esempio di questo problema può essere rappresentato dai sottotitoli in un film o all’Opera. La lettura, comporta il “sacrificare” parte dell’attenzione allo schermo o al palco (non cogliendo magari alcuni dettagli) e viceversa.

operatore utilizzi la sonificazione. A questo problema potrebbe correre in aiuto l'utilizzo di cuffie o auricolari, che purtroppo non possono essere sempre utilizzati;

- assenza di persistenza (*absence of persistence*): un suono esiste quando un corpo viene eccitato. Poi cessa. Può rimanerci solo un ricordo di esso che sappiamo, può essere approssimativo e non troppo affidabile. Oppure grazie alla tecnologia possiamo farlo risuonare, ma al suo esaurimento ci rimarrebbe lo stesso il solito ricordo. Informazioni uditive di un momento produrranno solo una parziale ricostruzione della stessa informazione in un momento successivo.

Questo è un problema soprattutto nel paragone di due serie di dati. Se ad esempio abbiamo due grafici, possiamo confrontarli e la loro visualizzazione continua fino alla loro rimozione dal campo visivo, ma nel caso di dati sonificati, la revisione o la comparazione di due regioni di dati può essere molto più difficile e, paragoni simultanei sono problematici perché possono produrre fastidiosi (all'orecchio) o incomprensibili risultati <sup>197</sup>;

- limitazioni dell'utente (*user limitations*): naturalmente persone afflitte da difetti della percezione uditiva possono avere problemi all'utilizzo di strumenti o interfacce a cui viene applicata la sonificazione, ma gli studiosi si stanno mobilitando anche per ovviare questo problema.

---

<sup>197</sup> Questo problema, come detto, riguarda anche altre metodologie di comunicazione: si pensi ad esempio alle immagini in movimento di un film.

## CAPITOLO 4

### **Sonificazione applicata: alcuni casi di studio**

A questo punto credo che potrebbero sorgere delle domande:  
come va intesa la sonificazione? Come musica? Come linguaggio?  
Si tratta di scienza(/tecnica) o arte? È una scienza sottoforma di arte, o  
arte mascherata da scienza? Credo che la sonificazione possa essere  
tutto quanto insieme.

Non si tratta di una scienza esatta e quindi sono possibili più  
interpretazioni o pensieri al riguardo. Alcuni potrebbero considerarla  
(ascoltarla?) come un messaggio, un'informazione, altri come un  
ammasso di suoni senza alcun senso, altri ancora provano a renderla  
musicale, nonostante spesso il risultato (i suoni che vengono prodotti  
da variabili numeriche) sia frutto del caso.

Probabilmente la sonificazione ha bisogno di un musicista e quindi i  
tecnici dei diversi settori vanno affiancati da compositori.

Altri artisti potrebbero invece utilizzare i dati da soli, senza l'ausilio di  
tecnici specializzati dei vari campi per produrre musica da incidere o  
produrre in diretta in concerti e installazioni.

In questo capitolo finale presenterò quattro diversi casi di  
sonificazione. Due ne hanno fatto un uso scientifico, gli altri hanno  
reso le informazioni una sinfonia sonora, con scopi artistici, ma come  
vedremo anche più complessi.

## 4.1 I suoni dello Spazio

La tecnica della sonificazione è molto utilizzata nel campo aerospaziale e agenzie e centri di ricerca come la NASA<sup>198</sup> se ne servono da tempo.

“I suoni dello Spazio” o “I suoni da Marte” che il servizio del telegiornale appena andato in onda ci ha fatto ascoltare non sono in verità i suoni del Pianeta o dello Spazio, ma una “semplice” sonificazione di dati.

Sarebbe interessante proporre qui un ascolto, ma purtroppo in un testo non posso rendere bene l’idea acustica di una sonificazione. Per ovviare in parte a questa limitazione allegherò un *compact disc* contenente alcuni *files* audio di sonificazioni.

Nell’ambito di cui stiamo parlando, ovvero in quello aerospaziale, questa tecnica è utilizzata per informare gli ingegneri sulla Terra durante le numerose missioni di *Shuttle*, satelliti e sonde varie.

Questi specialisti si sono serviti della sonificazione anche, tra le altre, nella missione Cassini-Huygens. Durante la discesa su Titano, un satellite di Saturno, del 14 gennaio 2005, la sonda Huygens immagazzinava dei dati che venivano tramutati in suoni permettendo la loro monitorizzazione da parte degli scienziati. Ma quali dati occorre loro? Proviamo a rispondere, grazie anche all’aiuto dell’interfaccia grafica che opera in sinergia con questa sonificazione.

---

<sup>198</sup> *National Aeronautics and Space Administration*. Si tratta dell’agenzia governativa responsabile per il programma spaziale degli Stati Uniti d’America e per la ricerca aerospaziale civile e militare.

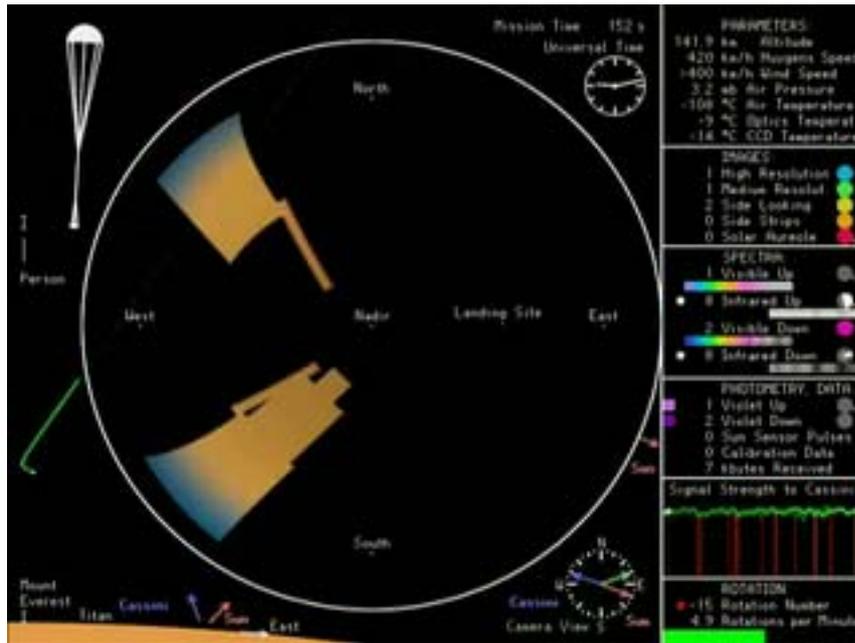


Figura 17 - Un fotogramma del video della discesa della sonda Huygens su Titano<sup>199</sup>.

Si può notare che l'interfaccia video è molto ricca di informazioni e, come affermato in precedenza, audio più video danno un risultato sorprendente.

Il cerchio al centro è Titano. O almeno dove sarà. La sonda ha iniziato da poco la sua discesa e le parti colorate all'interno del cerchio sono le prime immagini che riesce a ottenere grazie alle sue cinque telecamere. Vorrei far notare l'orologio, in alto a destra, indicante le ore 9:13 circa, momento in cui le prime foto sono scattate. Ma la sonda è ancora lontana e le foto non sono nitide a causa della densa atmosfera del pianeta. A sinistra è invece rappresentato il paracadute che frena la discesa della sonda Huygens.

Dopo alcuni ascolti della sonificazione possiamo affermare con certezza cosa i suoni stanno ad indicare. Un rumore bianco informa sull'accensione dei razzi, sull'apertura del paracadute e sull'espulsione dello scudo (già avvenuti in questo fotogramma); un

<sup>199</sup> Da <http://saturn.jpl.nasa.gov/multimedia/videos/movies/PIA08117.mov>.

classico suono di qualcosa che scende, precipita, fornisce dati sull'altitudine della sonda; un altro suono, accelerando o rallentando ci può far comprendere la velocità di rotazione della sonda su se stessa; e un *click* è chiaramente percepibile ogni volta che questa compie il giro appena descritto. Ogni armonico di un suono è associato ad uno strumento per le acquisizioni di immagini; queste avvengono con scatti fotografici e provocano un'insieme di suoni da sembrare uno scampanello. Un altro rumore bianco ci informa (oltre al video) sull'apertura di un secondo paracadute; la frequenza di un altro suono comunica l'intensità del segnale ricevuto dal satellite madre (Cassini), indicato anche graficamente, nel quinto riquadro dall'alto che troviamo sulla destra dell'immagine del pianeta.

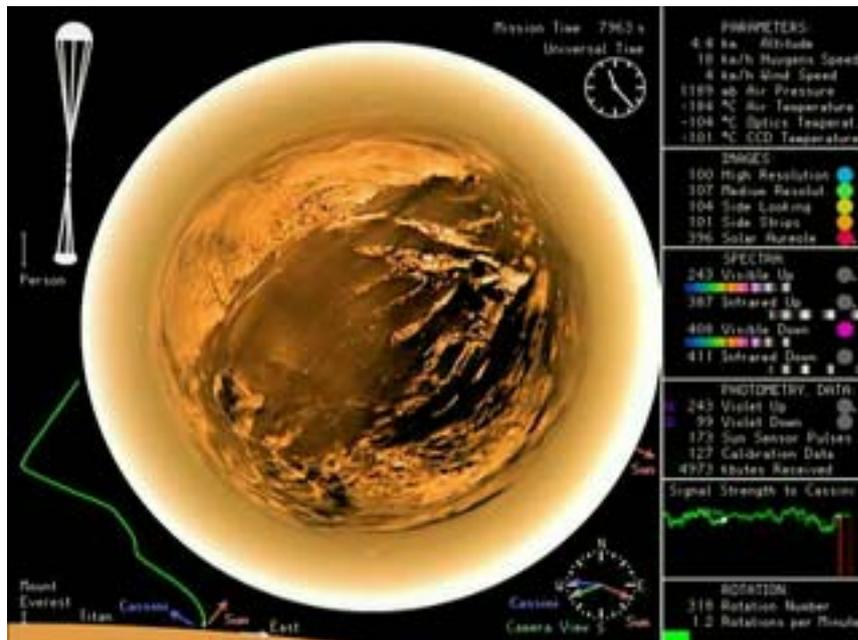


Figura 18 - Un fotogramma del video della discesa della sonda Huygens su Titano, ora ben visibile.

Le informazioni acustiche di questi parametri sono supportate da informazioni presenti sul video che comunicano anche altri dati come la temperatura, l'orientamento della sonda, quale delle cinque telecamere è a scattare una foto, e così via. Il pianeta è ora tutto visibile e Huygens sta quasi per toccare il suolo. Lo si può vedere anche dalla linea verde sulla sinistra dell'immagine prodotta dalle telecamere, che sta ad indicare il percorso effettuato dalla sonda.

Il prossimo fotogramma è invece uno degli ultimi della registrazione della sonda, giunta ormai a terra. La prospettiva del pianeta è infatti diversa da quella precedente. In basso, sulla sinistra, la linea verde ha toccato ormai il suolo, mentre in alto, il paracadute non è più gonfio. Anche questi dati stanno ad indicarci l'avvenuto raggiungimento dell'obiettivo. Dopo pochissimi fotogrammi il segnale verrà interrotto e tutte le informazioni sono già state acquisite. Vorrei far notare ancora una volta l'orologio in alto a destra.

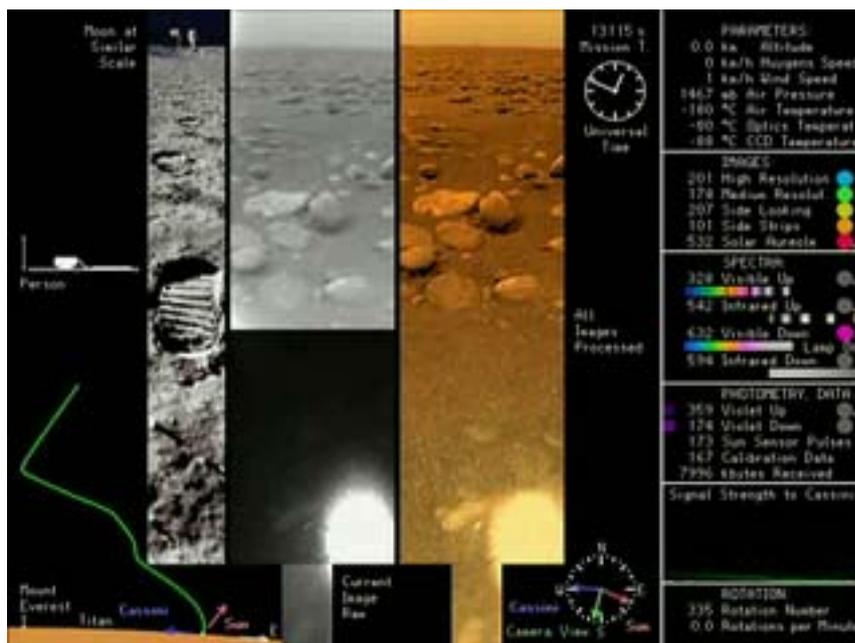


Figura 19 - Un fotogramma del video della missione Cassini-Huygens. La sonda è ormai giunta su Titano.

Sono le 12:49 minuti. Ovvero sono trascorse all'incirca tre ore e quaranta minuti dalle prime immagini acquisite. La sonificazione è invece durata quattro minuti e trenta circa. Ecco dimostrata la similitudine con il grafico di cui parlavo in precedenza. In soli quattro minuti e trenta si sono avute le informazioni che la sonda ha raccolto durante la sua discesa e finché le sue batterie sono rimaste cariche. Operazione che ha superato le tre ore e trenta.

In questo caso, la sonificazione da sola non fornirebbe informazioni comprensibili, dato che potrebbe essere considerata un insieme di suoni e rumori, a volte casuali, delle altre che si susseguono, ma ho appena dimostrato che una volta compresi a quali parametri è associato un suono (senza dimenticare un po' di allenamento), anche un profano del settore può ottenere delle informazioni.

Questa tecnica ha permesso quindi di ascoltare non i suoni del pianeta, ma di tradurre in suono alcuni dati che i sofisticati mezzi utilizzati dalla NASA permettono di studiare. Durante la stessa missione, la sonda Cassini-Huygens ha esaminato anche l'atmosfera di Encelado, un altro satellite di Saturno. Anche in questo caso, come per quanto concerne la discesa su Titano, è stato possibile un uso sinergico di audio e video: oltre alla sonificazione era possibile avere delle informazioni visive grazie ad un supporto video.

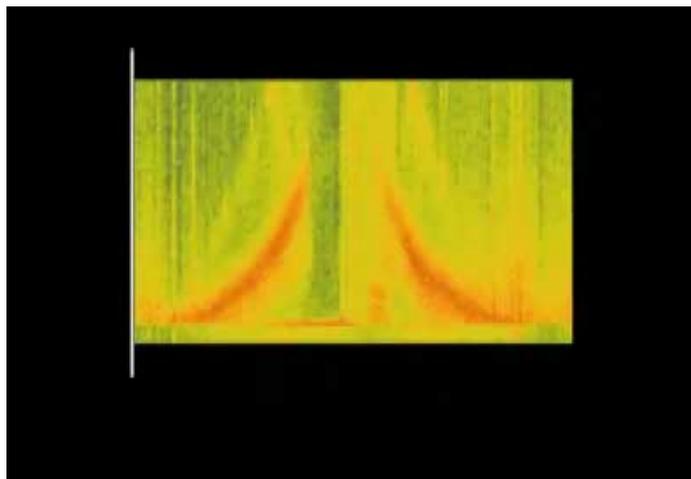


Figura 20 - Dettaglio del video dell'elaborazione dell'atmosfera rilevata intorno ad Encelado, un satellite di Saturno<sup>200</sup>.

Quindi, come spiegato nel capitolo precedente, ascoltando la sonificazione si è in grado (con delle opportune conoscenze e/o educazioni) di ottenere delle informazioni riguardo i parametri di cui si richiedono i dati e le loro variazioni. Se poi a queste informazioni audio vengono sommate quelle ottenute dal video si ha un incremento esponenziale delle stesse.

---

<sup>200</sup> Da <http://saturn.jpl.nasa.gov/multimedia/videos/video-details.cfm?videoID=86>.

## 4.2 *Listening to the mind listening*<sup>201</sup>

Un altro caso molto interessante è avvenuto a Sydney, durante il decimo congresso dell'ICAD, tenutosi dal 6 al 9 luglio 2004<sup>202</sup>.

Ho scelto di titolare così questo paragrafo, perché l'ho trovato suggestivo ma allo stesso tempo molto chiaro. Si tratta dello stesso titolo del primo Concerto di attività cerebrali (*Concert of brain activity*), che si è tenuto in quei giorni in Australia.

Come hanno scritto gli stessi organizzatori, si tratta di un'esperienza sonora di espansione mentale: dati di un elettroencefalogramma di un cervello ascoltante, trasformati in suoni e musica («*A mind-expanding sonic experience: EEG data from the listening brain transformed into sound and music*»).

Non voglio creare confusione. In fondo il meccanismo è “semplice”: si tratta della sonificazione dell'attività cerebrale durante l'ascolto di una musica. Attraverso un complicato processo, è stato possibile ottenere delle informazioni sonore (*listening...*) su quello che succedeva a livello cerebrale in una persona, mentre questa ascoltava un brano musicale (... *to the mind listening*).

---

<sup>201</sup> Ascoltando la mente che ascolta.

<sup>202</sup> Cfr. <http://www.icad.org/websiteV2.0/Conferences/ICAD2004/index.htm>.



Figura 21 - Natasha Mitchell sottoposta all'esperimento durante il decimo congresso ICAD, per *Listening to the mind listening*.

Natasha Mitchell, una ricercatrice, cablata con sedici sensori di un elettroencefalogramma, ascoltava in cuffia un brano musicale (*Can't get you out of my head*<sup>203</sup>, di Kylie Minogue). I dati da sonificare erano quelli del test medico, ma non si doveva stabilire la perfetta salute della ragazza, ma rendere quegli stessi dati materiale sonoro per uno scopo, oltre che scientifico, artistico.

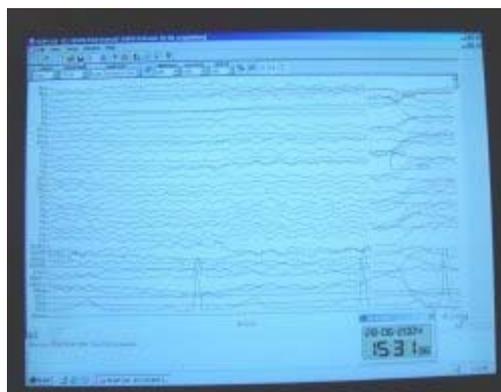


Figura 22 - Forma d'onda dei dati dell'elettroencefalogramma del cervello della ricercatrice.

<sup>203</sup> MINOGUE, Kylie, 2001, *Can't get you out of my head*, in *Fever*, England, Parlophone, 2001.

Mentre una persona ascoltava un brano musicale, attraverso il processo di sonificazione altri ricercatori o spettatori erano in grado di avere informazioni sull'attività dei suoi neuroni. Il tutto tradotto in suoni e musiche. Come del resto il titolo, ascoltando la mente che ascolta, rende benissimo l'immagine.

Durante lo stesso congresso si è tenuto anche il Sonif<sup>y</sup>) Festival dove, tra gli altri, vorrei sottolineare due casi di sonificazione molto interessanti e non meno importanti.

Si tratta di *Auditory feedback of human EEG for direct brain-computer communication* (Risposte uditive di un EEG umano per la comunicazione diretta cervello-calcolatore) dei ricercatori Hinterberger, Baier, Mellinger e Birbaumer; e un'installazione sonora, *ASX Voices* (le voci di ASX, il mercato finanziario australiano), dell'italiano Fabio Cifariello Ciardi.

---

<sup>y</sup> Cfr. <http://www.icad.org/websiteV2.0/Conferences/ICAD2004/festival.htm>.

### 4.3 L'incredibile reso possibile grazie alla comunicazione cervello-calcolatore<sup>204</sup>

Stesso luogo, stesso convegno, stesse tecnologie (elettroencefalogramma e sonificazione). A cambiare sono i ricercatori. E le finalità.

Con il progetto *Auditory feedback of human EEG for direct brain-computer communication*, gli studiosi hanno progettato *Thought-Translation-Device*<sup>205</sup> (conosciuto anche come TTD), un *software* per un computer, detto *Brain-Computer-Interface*<sup>206</sup> (BCI) che permette a pazienti completamente paralizzati di comunicare solamente tramite l'uso dei loro segnali del cervello. Si rende necessario un addestramento del paziente prima di renderlo attivo per questa attività, e per quelli che hanno anche danni permanenti alla vista il meccanismo appena descritto è reso possibile grazie all'ascolto delle attività mentali.

A Sydney, scienziati hanno reso possibile un evento creduto impossibile fino ad alcuni giorni prima: far scrivere una lettera al computer ad un malato allo stato avanzato di distrofia muscolare (anche pazienti immobili a letto).

Ma in che modo? Presentiamo un'immagine del processo per poi spiegarlo.

---

<sup>204</sup> Cfr. HINTERBERGER, Thilo, BAIER, Gerold, MELLINGER Jürgen, BIRBAUMER, Niels, 2004, *Auditory feedback of human EEG for direct brain-computer communication*, in BARRASS, Stephen, VICKERS, Paul, *Proceedings of ICAD 04 - Tenth Meeting of the International Conference on Auditory Display, Sydney, Australia, July 6-9, 2004*.

<sup>205</sup> Dispositivo di traduzione del pensiero.

<sup>206</sup> Interfaccia cervello-computer.

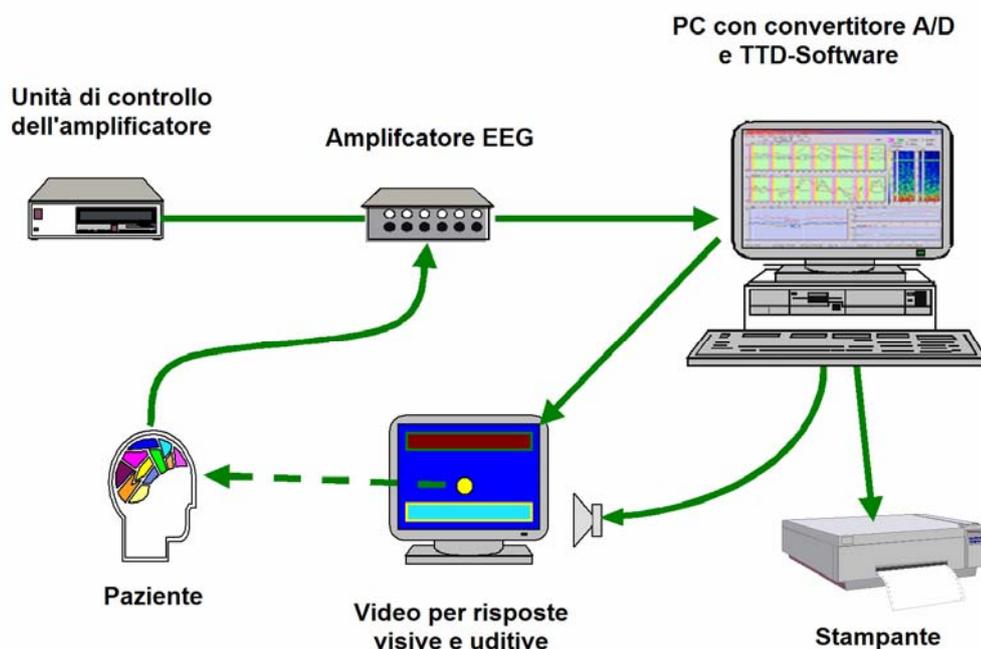


Figura 23 - La schematizzazione del processo<sup>207</sup>.

Il *software* TTD serve come *feedback* multimediale e sistema di comunicazione. L'elettroencefalogramma è amplificato e acquisito dal computer con un convertitore analogico/digitale. Il software TTD consente l'elaborazione, l'immagazzinamento, l'esposizione e l'analisi di un elettroencefalogramma continuo, oltre che a fornire risposte visive su di un monitor per apprendere l'autoregolazione di varie componenti EEG. Queste permettono al paziente ben educato di poter svolgere determinati compiti, che vanno dalla scrittura di messaggi (con risposta sia visiva che sonora) alla navigazione in internet con le sole potenzialità dei neuroni cerebrali. Tutte le

<sup>207</sup> Da HINTERBERGER, Thilo, BAIER, Gerold, MELLINGER Jürgen, BIRBAUMER, Niels, 2004, *Auditory feedback of human EEG for direct brain-computer communication*, in BARRASS, Stephen, VICKERS, Paul, *Proceedings of ICAD 04 - Tenth Meeting of the International Conference on Auditory Display, Sydney, Australia, July 6-9, 2004*. p. 1.

informazioni di risposta possono essere fornite acusticamente per permettere anche ai pazienti non vedenti di comunicare solamente con i segnali emessi dal proprio cervello.

Come già affermato, credo sia importante sottolineare che questo strumento già incredibile, aumenta le sue potenzialità perché, dopo una corretta e necessaria educazione, rende possibile questo processo ai pazienti in modo autonomo e anche ai non vedenti, grazie ai *feedback* sonori delle informazioni.

Nonostante il processo può dare all'utente risposte uditive e risposte visive ed uditive insieme, sembra che i migliori risultati vengono ottenuti con la sola risposta visiva.

Questo gruppo di studiosi ha dimostrato che le risposte uditive dei parametri di un elettroencefalogramma permettono l'acquisizione delle abilità di autoregolazione. Queste abilità possono essere utilizzate per comunicare con le attività del cervello («*We demonstrate that auditory feedback of EEG parameters allows for acquisition of self regulation skills and that these skills can be utilized to communicate with brain activity*»<sup>208</sup>).

---

<sup>208</sup> Cfr. HINTERBERGER, Thilo, BAIER, Gerold, MELLINGER Jürgen, BIRBAUMER, Niels, 2004, *Auditory feedback of human EEG for direct brain-computer communication*, in BARRASS, Stephen, VICKERS, Paul, *Proceedings of ICAD 04 - Tenth Meeting of the International Conference on Auditory Display, Sydney, Australia, July 6-9, 2004*, p. 4.

## 4.4 La Borsa, ultimo Oracolo

In Italia non stiamo solo ad ascoltare. Purtroppo questo argomento è ancora sconosciuto ai più, ma ci sono alcuni studiosi attivi. Tra questi, il musicista Fabio Cifariello Ciardi<sup>209</sup> è uno dei più conosciuti, tanto da essere uno dei protagonisti al già citato decimo incontro dell'ICAD, con un'installazione audio e video dal titolo *ASX Voices* (le voci di ASX, *Australian Stock Exchange*, il mercato finanziario australiano).

Con la “collaborazione” di *sMax*<sup>210</sup>, un *software* da lui creato «che via internet, in tempo reale, rileva gli andamenti di sessanta titoli fra i più rappresentativi dell'economia. Ogni oscillazione delle quotazioni genera un gesto sonoro particolare, un “oggetto sonoro” con un proprio timbro che lo rende riconoscibile fra gli altri e crea una inconsueta polifonia. I tradizionali, astratti mondi sonori del compositore lasciano dunque spazio al mondo dei dati, drammaticamente reali e concreti, rappresentativi della nostra vita economica. L'ascoltatore è immerso fra quattro fonti di suono disposte circolarmente nello spazio. Un grande schermo visualizza le informazioni finanziarie e musicali dei titoli in righe e colonne, con colori che evidenziano le variazioni positive o negative dei prezzi così come l'andamento dei volumi di scambio. L'installazione si propone

---

<sup>209</sup> Fabio Cifariello Ciardi, musicista e compositore. Titolare della cattedra di Composizione presso il Conservatorio di Perugia e docente di Metodologie di Analisi per le Musiche del Novecento presso lo stesso Istituto. Ha sviluppato teorie e pratiche intorno a possibili rapporti fra la musica e la memoria a lungo termine dell'ascoltatore nella musica strumentale e quella elettroacustica. Nel 2003 ha brevettato *sMax* un *software* per la sonificazione in tempo reale di dati finanziari multidimensionali via *web*.

<sup>210</sup> *sMax* è stato progettato a partire da *MAX*, un *software* sviluppato dall'IRCAM. Cfr. CIFARIELLO CIARDI, Fabio, 2004, *sMAX: a multimodal Toolkit for Stock market data sonification*, in BARRASS, Stephen, VICKERS, Paul, *Proceedings of ICAD 04 - Tenth Meeting of the International Conference on Auditory Display, Sydney, Australia, July 6-9, 2004*.

di amplificare l'informazione sensibile, creando un paesaggio sonoro che permette al pubblico di immergersi nel mondo della borsa da una prospettiva senz'altro inedita. Ai fini pratici, la psicologia cognitiva suggerisce come plausibile l'ipotesi che con i suoni si possano vagliare più dati che guardando lo schermo»<sup>211</sup>.

Quanto appena descritto è la sonificazione in tempo reale di dati finanziari, resa possibile attraverso sMax, un *software* creato dal musicista. Lo scopo è sia artistico che di fini applicativi. Si tratta di una *performance* audio-visiva, la ricostruzione di un paesaggio sonoro mai ascoltato prima del mercato economico in cui, provocatoriamente, il compositore ci invita ad ascoltare i movimenti dei titoli azionari, le “voci” dell'economia. Durante l'esecuzione di *AXS Voices*, (ma anche di *The sound of Nasdaq*, o di *Nasdaq Voices*, o di qualunque altra Piazza di contrattazione finanziaria) l'immagine proiettata è grosso modo la seguente.



Figura 24 - Immagine video durante una sonificazione di dati finanziari da parte di Fabio Cifariello Ciardi.

<sup>211</sup> Cfr. PELLEGRINI, Alessandra Carlotta, 2004, *ASX Voices: la voce dell'economia globale*, in *Sonora News*, anno V, n. 13 (maggio-agosto), 2004, p. 3.

A variare sono i nomi dei titoli inseriti, l'alternanza dei colori e l'audio. Sempre diverso. Anche se si sonificasse sempre lo stesso mercato non si avrebbero mai due sinfonie uguali, perché a “scrivere le note” dell'installazione non è il compositore, ma bensì le contrattazioni, l'economia, il mercato. Ma non si deve erroneamente pensare che il musicista abbia avuto un ruolo di secondo piano: anche se durante la sonificazione non è prevista nessuna azione da parte sua, la competenza musicale è alla base della *palette* timbrica della composizione. Durante l'installazione il programma fa tutto da solo e non necessita dell'intervento del musicista: quest'ultimo ha scelto in precedenza tutti i timbri da utilizzare per far “suonare” come meglio crede i dati. Già, perché chi ha ascoltato una qualunque tra le sue sonificazioni di dati finanziari non può che avere in mente questa immagine.

«Inizialmente sentiamo le corde di una chitarra. Gradualmente il suono di una marimba può essere distinto. Poi un piano elettrico si unisce. Uno dopo l'altro, siamo introdotti in una lista infinita di strumenti musicali. Dopo un istante la musica entra nelle nostre teste. La domanda è dove siamo? Cosa stiamo ascoltando? Non abbiamo il sospetto nemmeno per un momento che stiamo ascoltando il movimento delle azioni di Apple, Microsoft e Yahoo, sul Nasdaq. Cifariello usa il linguaggio musicale per generare una rappresentazione finanziaria. Stiamo ascoltando le stesse informazioni che ci vengono solitamente presentate con dei difficili diagrammi.

Cifariello fuoriesce dal campo visivo, per generare rappresentazioni alternative delle informazioni»<sup>212</sup>.

Come ha scritto il giornalista Sandro Cappelletto, sul suo articolo “*La «musica del Nasdaq» fa sospirare l’investitore*”, apparso sul quotidiano La Stampa il 24 novembre 2003, durante una *performance* di questo tipo, «il suono diventa un segnale anche brutale: un accordo grave, cupo, terrorizzante del pianoforte fotografa un improvviso crollo», «dietro le note si immaginano fortune che franano, altre che sorgono, disperazione e felicità di investitori e risparmiatori, pensionati che misurano la lira delle loro avventure boxistiche, finanziari che rischiano ogni giorno fortune», perché «è il suono che fa il prezzo».

Vediamo ora cosa l’autore stesso pensa a proposito del suo progetto<sup>213</sup>.

La sonificazione dei dati finanziari è un campo di ricerca interdisciplinare il cui interesse è rivolto da parte di compositori, ricercatori e operatori del mercato, specie in ambiti come questo, in cui le rappresentazioni grafiche di dati multidimensionali non permettono un’immediata comprensione dei dati.

Ma perché esplorare la potenzialità musicale della sonificazione di informazioni finanziarie? I motivi principali sono almeno due: il

---

<sup>212</sup> CANET, Mar, RODRÍGUEZ, Jesús, BEUNZA, Daniel, 2006, *Derivados, nuevas visiones financieras* in *Inèditos 2006*, catalogo della mostra, ed. Caja Madrid Obra Social, Madrid.

<sup>213</sup> Cfr. CIFARIELLO CIARDI, Fabio, 2004, *sMAX: a multimodal Toolkit for Stock market data sonification*, in BARRASS, Stephen, VICKERS, Paul, *Proceedings of ICAD 04 - Tenth Meeting of the International Conference on Auditory Display, Sydney, Australia, July 6-9, 2004*, pp. 1-2.

primo riguarda il fatto che il tasso di variazione dei titoli è spesso brusco ed imprevisto. Nella sonificazione dei dati azionari, il risultato sonoro sarebbe quindi imprevedibile. Inoltre le sottili e interne relazioni delle variazioni dei prezzi, possono essere considerate simili alle regole interne di una composizione musicale.

Nel mercato azionario, sono presenti numerosissime variabili che si modificano in breve tempo, in frazioni di secondo e, queste informazioni devono essere controllate simultaneamente. Abbiamo già visto che questa caratteristica si presta in modo ottimale alla sonificazione, dato che il sistema uditivo si offre in modo efficace al controllo e all'analisi di variabili multidimensionali. Occorre specificare però che questo accade se la resa dei dati in suoni è tale da produrre un'interpretazione dei dati stessi.

Ulteriore motivo per cui la sonificazione dei dati azionari potrebbe aver successo è anche il fatto che la rappresentazione grafica di dati complessi non permette chiare ed immediate comprensioni come è possibile per i grafici di dati semplici. Inoltre, il controllo di dati attraverso la visualizzazione stressa e annoia l'utente, dato che richiede lunga attenzione in punti fissi come gli schermi.

Con la sonificazione si potrebbe quindi ridurre il sovraccarico di informazioni visive, fornendole in modo acustico.

Durante gli ultimi dieci anni, i dati del mercato azionario sono stati oggetto da parte dei ricercatori di sonificazione.

Tra questi, Frynsinger li ha usati come fossero un'onda sonora, ma i suoni ottenuti erano difficili da interpretare; Nuehoff e altri

sonificarono prezzo, indicato dalla frequenza, e volume<sup>214</sup>, indicato dall'ampiezza, per singoli titoli. I risultati dimostrarono che l'interpretazione dei dati poteva essere distorta da interazioni e asimmetrie percettive; Ben-Tal e altri, con l'utilizzo di due vocali, sonificarono prezzo e volume di due titoli azionari; Nesbitt e Barrass hanno progettato un'esposizione multimodale per aiutare gli operatori finanziari nelle contrattazioni. I risultati indicano che i soggetti sono in grado di predire in modo significativo le probabilità delle transazioni che seguiranno.

Malgrado queste dimostrazioni dell'attuabilità della sonificazione di dati finanziari, il campo di applicazione rimane il laboratorio e i risultati hanno mostrato che non c'è differenza nell'utilizzo della sonificazione o di un grafico visivo lineare per controllare il prezzo nel tempo, ma alcuni oggetti sottoposti al test hanno segnalato una significativa diminuzione di lavoro grazie alla sonificazione che ha permesso loro di poter controllare il prezzo mentre usavano la vista per comprare e vendere titoli.

Se consideriamo pochi titoli contemporaneamente, le proprietà di dati sono rivelate da eventi uditivi distinti che possono essere compresi/appresi con un semplice e breve addestramento, ma la sonificazione di molte transazioni in un mercato altamente attivo può produrre facilmente non dei dati uditivi, ma del baccano in cui le informazioni divengono difficili da rilevare. Oltre a questo,

---

<sup>214</sup> Tutti i 'volume' del paragrafo sono in riferimento all'economia. Vanno perciò intesi come sinonimi 'quantità' e non invece confusi con l'intensità di un suono, come erroneamente si fa. Questa verrà eventualmente indicata con 'livello sonoro'.

l'artificialità e la ripetitività dei suoni potrebbe irritare, distrarre e provocare affaticamento.

Diversamente della maggior parte delle ricerche che concentrano lo sforzo soprattutto sulla sonificazione di singole informazioni, sMax fornisce all'utente un'esposizione uditiva per monitorare più dati allo stesso momento.

Proviamo qui di seguito a spiegare brevemente (e semplificare) questo complesso programma che rende possibile tutto ciò<sup>215</sup>.

sMax è un programma per la sonificazione di dati del mercato azionario. Il *software* fornisce un'esposizione uditiva all'utente per monitorare dati paralleli allo scopo di ottenere informazioni in tempo reale del mercato azionario in musica.

I risultati, come già detto, variano da installazioni a scopi artistici fino all'esposizione uditiva di dispositivi di calcolo.

sMax ha una doppia interfaccia, audio e video. I dati vengono raccolti in rete per apprendere le informazioni fondamentali circa i titoli stabiliti dall'utente. Le informazioni sono divise in due insiemi: quelle statiche (come nome del *ticker*, volume medio quotidiano, capitalizzazione del mercato, prezzo di chiusura precedente) e quelle dinamiche (come tempo, prezzo e volume degli scambi di ogni azione). Ogni 200-600 millisecondi, dipendente dal "traffico" presente in rete, i dati dinamici vengono aggiornati.

---

<sup>215</sup> Cfr. CIFARIELLO CIARDI, Fabio, 2004, *sMAX: a multimodal Toolkit for Stock market data sonification*, in BARRASS, Stephen, VICKERS, Paul, *Proceedings of ICAD 04 - Tenth Meeting of the International Conference on Auditory Display, Sydney, Australia, July 6-9, 2004*, pp. 2-3.

L'interfaccia video consiste in tre finestre, di cui la più grande comunica all'utente informazioni musicali e finanziarie dei dati, disposte in righe e colonne.

	m	s	symbol	lastTrade	change	%	Δ %	start%	avdVol	avdVolDev	midVel	fOrder	BaseMC	MC
1	●	●	CORV	>1.403	>0.003	>0.21	>-0.4	>-0.4	>11.8068	>-64.24	>80.	>30.	>A6	>F#6
2	●	●	SCMR	>4.95	>-0.2	>-3.88	>-2.9	>-2.9	>2.53327	>-19.88	>84.	>23.	>D5	>F#3
3	●	●	BRCD	>7.6422	>-0.3078	>-3.87	>-1.0	>-1.0	>13.1192	>77.425	>93.	>20.	>F#4	>B3
4	●	●	COMS	>7.27	>-0.31	>-4.09	>-1.5	>-1.5	>5.53395	>27.352	>88.	>18.	>C#4	>D#3
5	●	●	CIEN	>6.44	>-0.17	>-2.57	>-3.2	>-3.2	>11.5914	>16.010	>87.	>17.	>A#3	>C#2

**T.BELLS**

Figura 25 - Particolare dell'interfaccia grafica di sMax<sup>216</sup>.

Ogni riga indica:

- il simbolo del titolo;
- il prezzo dello scambio precedente;
- il prezzo e deviazione percentuale dal prezzo di chiusura;
- la deviazione dal prezzo rilevato precedentemente;
- il volume medio quotidiano;
- il volume medio quotidiano della deviazione;
- la velocità media dell'ultimo modello degli eventi MIDI<sup>217</sup>;
- la *note number*<sup>218</sup> MIDI di riferimento;
- l'ultima *note number* MIDI rilevata;
- lo strumento musicale associato ai dati.

Le caselle si colorano: il blu indica il rialzo, il rosso il ribasso dei titoli. E contemporaneamente forniscono l'informazione oggettiva del guadagno o della perdita, sia nel valore assoluto che in quello percentuale.

<sup>216</sup> Da CIFARIELLO CIARDI, Fabio, 2004, *sMAX: a multimodal Toolkit for Stock market data sonification*, in BARRASS, Stephen, VICKERS, Paul, *Proceedings of ICAD 04 - Tenth Meeting of the International Conference on Auditory Display, Sydney, Australia, July 6-9, 2004*.

<sup>217</sup> *Musical Instrument Digital Interface* (interfaccia digitale di strumenti musicali): è il protocollo degli strumenti musicali digitali e indica la musica prodotta con il computer.

<sup>218</sup> Il numero associato dal protocollo MIDI ad una determinata altezza temperata (Do centrale=nota MIDI 60).

L'utente ha anche la possibilità di ascoltare solo un dato, più o tutti quanti insieme. I tasti *mute* e *solo* permettono rispettivamente di «filtrare e zoomare» (*filtering and zooming*) alcune informazioni sonore. Ovvero, il primo permette di non “ascoltare” uno o più titoli, il secondo consente di avere solo le informazioni sonore che derivano dalle contrattazioni di questo singolo titolo.

Due finestre minori informano sulle maggiori fluttuazioni di prezzo e dell'improvviso aumento di volume delle transazioni di azioni.

Entra poi in funzione il protocollo MIDI, che processa i dati in tempo reale e, in base alle istruzioni assegnate (come ad esempio i vari strumenti musicali da associare ai titoli) e dovuto esclusivamente alle fluttuazioni azionarie, genera i “suoni dell'economia” o le sue “voci”. È prevista una legenda e grazie al suo aiuto, l'utente può ottenere una prima sonificazione per prevedere (o preascoltare) gli effetti che i dati possono avere a livello sonoro.

Il controllo in tempo reale esteso alla maggior parte dei parametri uditivi, fornisce all'utente una media efficace per regolare la capacità di trasmissione di informazioni della sonificazione.

Lo scopo dell'architettura sMax è duplice: rende possibile la realizzazione di uno strumento leggero di sonificazione per utenti che non sono interessati alla progettazione del suono e fornisce una piattaforma per veloci prototipi e diverse combinazioni di processo audio o MIDI, quando sono richieste funzioni aggiuntive.

I risultati ottenuti indicano la reale possibilità dell'applicazione del *software*, sia nelle installazioni artistiche che come esposizione uditiva per monitorare qualunque informazione di dati variabili. Anche se il sistema è stato descritto riguardo alla rappresentazione dei dati relativi ai dati finanziari, è possibile affermare che lo stesso sistema è applicabile a qualunque altro insieme di dati multidimensionali.

La parte del paragrafo che segue è frutto di un'intervista concessami dal professore.

Dopo aver appreso quanto scritto sulla sonificazione in generale e su quella dei dati finanziari in particolare, la mia curiosità e voglia di conoscere sempre di più aumenta.

Fin da quando ho avuto notizia del suo ambito di lavoro, mi sono sempre chiesto come mai, tra tutti i campi di applicazione della sonificazione, il musicista abbia scelto proprio l'economia, la Borsa. Che di musicale potrebbe aver ben poco, almeno così credo. Probabilmente il suo lavoro è frutto di una commissione. O forse è davvero affascinato dall'economia.

Il giorno del nostro incontro ho l'occasione di chiederlo direttamente al professore e la risposta è imprevedibile e più affascinante (o terrificante?) di qualunque possibile fantasia. Il motivo è infatti quello di dare (ed avere) un'immagine sonora all'economia, ma dietro all'economia c'è un ruolo politico potentissimo e il musicista vorrebbe renderlo tramite la musica.

Vuole comunicare a modo suo che in Borsa scorre la nostra vita. Quella qualitativa e quantitativa. Nel mercato finanziario milioni di

dollari cambiano mano ogni secondo. La proprietà del denaro varia ad una velocità inimmaginabile per la maggior parte delle persone. Passano di conto in conto, di mano in mano. E quelle mani sono poche, pochissime rispetto ai sei miliardi di persone che popolano il nostro pianeta. Quelle stesse mani che ci governano e decidono per noi. Cifariello Ciardi vuole dirci che è l'economia a manovrarci attraverso i prezzi, i tassi, l'inflazione ed altro ancora. E la maggior parte delle persone sono inconsapevoli di questo fatto. Attraverso la musica vuole esplicitare questo concetto, renderlo palese attraverso un altro linguaggio. È questo il messaggio politico che vuole comunicarci con i suoi *The Sound of Nasdaq* (i suoni del Nasdaq) o *ASX Voices* (le voci di ASX).

Crede che la Borsa sia l'ultimo Oracolo da interrogare sul presente. Chiarendo il suo messaggio mi comunica che, per chi è in grado di leggere i dati finanziari, la Borsa comunica in anticipo alcune informazioni. Un titolo non può salire o scendere più di tanto dopo che è salito o sceso di un determinato valore, ad esempio. Se in base ad un certo evento un titolo ha determinate reazioni, i suoi concorrenti avranno quelle determinate altre, oppure potrebbe trascinare verso l'alto o il basso le aziende ad esso collegate per diversi motivi, come ad esempio partecipazioni o possibili fusioni. E così via. Gli specialisti sono in grado di prevedere alcuni di questi accadimenti: chi conosce il linguaggio dell'economia può prevedere cosa succederà ad un determinato titolo, ad una multinazionale, ad una S.p.A. entro breve tempo.

Continua dicendomi che il suo non ha la “presunzione” di essere un pezzo di musica. Non vuole esserlo. Vuole rappresentare la ricchezza, milioni di dollari che cambiano mano. L’aspetto cinico dell’economia. Ma che può essere trasferito alla realtà. Al massimo potrebbe essere un suono di sottofondo, un *Moozak*<sup>219</sup>.

Questa è la musica di sottofondo che sta lì a comunicarci che siamo tranquilli, che stiamo bene, che abbiamo tutto il tempo per noi e, sempre più spesso, per i nostri acquisti. Ha una subdola funzione, quella di “attenuare la realtà”. Quando ad esempio siamo al supermercato la musica (studiata appositamente) ci comunica che abbiamo tutto il tempo a nostra disposizione per fare le scelte giuste, controllare etichette, scadenze, acquistare con calma (e magari di più). Quando siamo invece in aeroporto, la musica è tranquilla, ci distende, non ci fa pensare a quello che ci attende: siamo tutti a conoscenza del fatto che l’aereo è il mezzo più sicuro, eppure saperci in alta quota non ci tranquillizza. È per questo che prima di un volo la musica deve essere dolce e distogliere i nostri pensieri dall’ansia che si proverebbe in quel momento.

Cifariello Ciardi vuole utilizzare le sue “voci dell’economia” per ottenere un effetto opposto al *Moozak*: non intende rilassare ed

---

<sup>219</sup> Occorre chiarire immediatamente la terminologia. Si parla di *Moozak* e di *Muzak*. Murray Schafer considera la prima come una musica di sottofondo presente nei luoghi pubblici, mentre la seconda il nome di una ditta che produce questo genere di musica. (Cfr. MURRAY SCHAFER, Raymond, 1977, *The tuning of the world*, McLelland and Stewart Limited, Toronto; trad. it., *Il paesaggio sonoro*, Ricordi - Lim, Lucca, 1985, p. 140).

Altri distinguono invece *Muzak*, che ha lo stesso valore che intende l’autore canadese; con *muzak*, la musica di sottofondo dei luoghi pubblici, una musica che non richiede di essere ascoltata attentamente. (Cfr. MARCONI, Luca, 2001, *Muzak, jingle, videoclip*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*, pp. 675-683).

In questo testo adotteremo la distinzione fatta da Murray Schafer, con la speranza che sia meno probabile confondere i due termini.

attenuare la realtà ma, come egli stesso ha affermato amplificarla. E con essa i sentimenti che si provano.

Il musicista teorizza che grazie ai suoni, gli effetti psicologici che ha l'economia possono essere amplificati. E con essi anche i sentimenti di questa realtà. Con il suo lavoro ha verificato e confermato la sua teoria.



Figura 26 - Altra immagine di un'installazione sonora del musicista durante *Derivatives, new financial art visions*, tenutasi a Madrid, Spagna, dal 27 giugno al 3 settembre 2006.

La sua provocazione ha funzionato: dopo l'ascolto delle sonificazioni di dati finanziari, le persone presenti all'installazione sono uscite dall'auditorium con i loro sentimenti verso la Borsa amplificati rispetto a quelli con i quali erano entrati: chi era affascinato dalla Borsa e magari investe alcuni risparmi in questo mercato è rimasto ancora più attratto, chi invece non apprezzava molto le contrattazioni finanziarie è rimasto ancor più deluso da ciò che c'è sotto il mercato, ovvero milioni di dollari in mano a pochi eletti, speculazioni, il futuro economico incerto.

Secondo Cifariello Ciardi una “musicalità” della sonificazione è importante, soprattutto nei casi in cui gli ascoltatori sono esposti per

un lungo periodo di tempo al flusso dei dati. Nel suo lavoro, ci sono molte informazioni veicolate. Ha scelto infatti di sonificare i sessanta titoli maggiormente quotati e per ogni titolo ci sono diverse variabili (ad esempio dal semplice nome al numero dei titoli scambiati mediamente ogni giorno), per un totale di circa milleottocento variabili che devono essere aggiornate tre volte al secondo.

Le informazioni veicolate sono quindi moltissime e per alcuni di questi parametri è necessaria una competenza musicale, mentre per altri non occorre. È impensabile che una simile quantità di dati non venga progettata o controllata (anche se in questo genere di sonificazione il musicista non scrive una sola nota della “composizione”) da qualcuno che possiede competenze musicali. Il risultato sarebbe solamente un insieme fastidioso di rumori a cui si vorrebbe sfuggire il prima possibile.

Per giungere ai risultati attuali il professore ha studiato molta psicologia della musica e psicoacustica (in collaborazione con la Facoltà di Psicologia dell’Università “La Sapienza” di Roma). Ma non si deve dimenticare l’estetica, di fondamentale importanza per un lavoro come questo.

Con le sue parole, mi conferma un’idea che ho da tempo: quella di una collaborazione tra musicisti e tecnici. In qualunque settore si sonifichino dati. Il mio intervistato conferma questo mio pensiero, parlandomi di una sinergia possibile, forse necessaria tra il *broker* e il compositore, se si vuole rendere il suo lavoro applicabile e non “solamente” una forma d’arte, un modo per fare musica.

A semplificare il compito al musicista interviene una sorprendente similitudine tra economia e musica. Si è scoperta infatti una

somiglianza tra il profilo di una melodia e l'analisi tecnica nello studio dei grafici. Questa segue infatti, quasi incredibilmente, regole molto simili a quelle del contrappunto musicale.

«La melodia, è la dimensione orizzontale della musica, l'armonia quella verticale. [...] Quando abbiamo la combinazione simultanea di più di una linea melodica ben caratterizzata – e il tutto ben fuso assieme in armonica coerenza, siamo in presenza di una musica polifonica o contrappuntistica. [...] In tutti i generi di musica contrappuntistica, la caratteristica essenziale è l'interesse di ogni linea melodica. [...] I principi tecnici basilari della scrittura contrappuntistica si posson riassumere brevemente così:

- 1) *Interesse melodico* e indipendenza delle singole voci [...].
- 2) *Interesse ritmico* dato da una spiccata indipendenza ritmica di ogni parte, [...] l'orecchio è estremamente sensibile nel distinguere il variare del tessuto ritmico.
- 3) *Funzione di basso fondamentale della parte più bassa*»<sup>220</sup>.

Queste regole simili tra contrappunto musicale e leggi dell'economia, aiutano in parte il compito del musicista.

Ma lo scopo di Cifariello Ciardi è anche quello di far comprendere a chi ascolta cosa succede. Non vuole fornire solamente un'impressione globale del mercato, ma chi investe i propri (o altrui) capitali deve essere in grado di capire il loro corso e le evoluzioni delle transazioni. Per farlo occorrono più voci indipendenti. Per questo motivo ha deciso di far suonare le voci, come un doppio coro rinascimentale. In quel periodo, nella musica sacra, accadeva che un coro cantava la sua parte,

---

<sup>220</sup> KÁROLYI, Ottó, 1965, *Introducing Music*, Penguin Books Ltd, Harmondsworth, Middlesex; a cura di Giorgio Pestelli, *La grammatica della musica. La teoria, le forme e gli strumenti musicali*, Giulio Einaudi editore s.p.a., Torino, 1969, pp. 110-111.

e un altro, contrapposto ad esso rispondeva con un'altra (o la stessa) melodia.

Applicando questo concetto alla sonificazione di dati finanziari si ottiene un "coro" economico-musicale tra un titolo ed i suoi concorrenti: in Borsa i *broker* controllerebbero nei monitor le contrattazioni di un determinato titolo per vedere come reagiscono gli altri. Con la sonificazione è possibile farlo senza guardare i monitor (da ricordare che l'uomo reagisce con minor tempo ad uno stimolo acustico piuttosto che ad uno visivo), o in contemporanea (sottolineo gli aspetti positivi della doppia interfaccia audio e video) o mentre si controllano visivamente altre contrattazioni.

Si ascoltano quindi le contrattazioni di un titolo, e si verificano poi come rispondono i suoi concorrenti. Come nella realtà, grazie alla musica.

Le parole del professore producono in me una "visione" futuristica, al cui seguito un'altra domanda sorge spontanea, ovvero se sarà possibile vedere in Borsa *broker* muniti di auricolari per monitorare costantemente alcuni titoli.

La risposta è affermativa. Non immediatamente, ma non si tratta di pura fantascienza. In un futuro molto prossimo questo potrebbe essere verità.

## CONCLUSIONI

L'intervista si conclude con una domanda che mi pongo fin da quando mi sono avvicinato all'argomento.

Intendo chiudere l'intervista con quella, ed ho così l'occasione di porla. Chiedo se crede che sarà mai possibile un "linguaggio" comune nella sonificazione, ovvero una sonificazione comune tra i vari campi di applicazione.

La risposta è quella che credevo. Il professore mi comunica che non sarà mai possibile. Questo è dovuto al fatto che ci sono troppe variabili in gioco diverse, tra i più svariati settori in cui la sonificazione viene applicata. La sonificazione non può essere quindi considerata un linguaggio. Eppure abbiamo più volte affermato e dimostrato che la tecnica studiata è in grado di comunicare delle informazioni. Questo è vero, e le informazioni veicolate sono numerose, applicabili, comprensibili, quindi si può definire la sonificazione efficace e si può continuare il suo studio, il suo perfezionamento, ma non la si può considerare un linguaggio nel senso che non c'è un codice comune nelle sonificazioni di dati diversi. E mai ci sarà. Anche perché come abbiamo già in precedenza sottolineato, ogni musicista, tecnico o informatico può assegnare agli stessi valori parametri diversi e questo può verificarsi anche per lo stesso soggetto in sonificazioni dello stesso evento in tempi successivi.

Per quanto mi riguarda sarebbe già un piccolo successo essere stato chiaro e aver aiutato a rendere semplice, e perchè no affascinante, questo soggetto. E parafrasando Bregman nella sua prefazione ad *Auditory Display*, termini come sonificazione, audificazione, auralizzazione, audiolizzazione, *earcon* e icona uditiva chiedono di essere ascoltati. Quando un estraneo non alzerà sopracciglio alla pronuncia di queste parole, sapremo che il campo è maturo.

Cifariello Ciardi afferma che lo scopo primario di sMax è quello di fornire gli strumenti per il controllo in parallelo di dati finanziari. E le collaborazioni tra arte e tecnologia sono spesso cruciali per la riuscita di esposizioni uditive in cui la competenza nel trattamento sonoro è necessaria.

Ripensando alle domande con cui ho aperto il capitolo, credo di poter dare ora delle risposte più esatte.

Confermo il fatto che la sonificazione può essere considerata arte, nonostante a volte i dati in entrata, e di conseguenza quelli in uscita, siano del tutto aleatori ed imprevedibili.

Ma, come affermato poche righe sopra, l'assenza di un codice comune sommato ai problemi di comunicazione tra i vari settori non ci permette di poter affermare che il processo di sonificazione è un linguaggio. In più occorre ricordare che per potersi sviluppare, la sonificazione necessita della collaborazione di musicisti e compositori con tecnici e scienziati. Ma non solo: di fondamentale importanza sono anche psicologi e gli studiosi della percezione sonora (nonché visiva e delle due insieme).

Considero inoltre il lavoro di Cifariello Ciardi un simbolo per costruire un ponte tra l'arte e la scienza, tra due ambiti diversi, comuni e necessari. Non si tratta del primo tentativo di unificare questi due diversi domini, ma può essere un modo efficace per permettere il collegamento tra la sonificazione artistica e quella scientifica in una "terra di mezzo", un ponte virtuale fatto di conoscenze scientifiche, nozioni psicologiche, e orecchio e sapere musicale dove, come in una formula matematica (e come anche gli stessi studiosi di sonificazione potrebbero suggerire con il loro, ma aperto al pubblico, Sonif<sup>y</sup>) Festival, dove il nome del festival sembrerebbe strizzare l'occhio alla scienza dei numeri), si incontrano due costanti (gli esperti che custodiscono le conoscenze del mistero della psiche e gli artisti per la parte musicale) e una variabile (quella degli specialisti che di volta in volta necessitano della – ma sono anche necessari per la – sonificazione), dando risultato ad un terzo tipo di sonificazione, in cui i musicisti apprendono dai tecnici e gli scienziati dai compositori con benefici per tutti, anche per chi non abbia mai sentito parlare di sonificazione.

## BIBLIOGRAFIA

ADORNO, Theodor Wiesengrund, EISLER, Hanns,  
1969 *Komposition für den Film*, Rogner & Bernhard Verlag,  
München; trad. it. di Oddo Piero Bertini, *La musica per film*, Newton  
Compton, Roma, 1975.

BADDELEY, Alan,  
1990 *Human Memory, Theory and Practice*, Lawrence  
Erlbaum Associates Ltd., Hove; trad. it. Anna Berti, *La memoria  
umana. Teoria e pratica*, Società editrice il Mulino, Bologna, 1992.

BARRASS, Stephen,  
2005 “A comprehensive framework for auditory display:  
comments on Barrass”, *ICAD 1994*, in *ACM Transactions on Applied  
Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 403-406.

2005 “A perceptual framework for the auditory display of  
scientific data”, in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*,  
Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 389-402.

BATTIER, Marc,  
2001 *Laboratori*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi,  
Torino, Volume 1 - *Il Novecento*.

2001            *La scienza e la tecnologia come fonti d'ispirazione*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*.

BEILHARZ, Kristy,

2004            (*Criteria & Aesthetics for*) *Mapping Social Behaviour to Real Time Generative Structures for Ambient Auditory Display (Interactive Sonification)*, in *INTERACTION - Systems, Practice and Theory: A Creativity & Cognition Symposium*, Creativity and Cognition Press, The Dynamic Design Research Group, UTS, Sydney, 2004, pp. 75-102.

BOIVIN, Jean,

2001            *Musica e natura*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*.

BONEBRIGHT, Terri, MINER, Nadine, GOLDSMITH, Timothy, CAUDELL, Thomas,

2005            “Data collection and analysis techniques for evaluating the perceptual qualities of auditory stimuli”, in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 505-516.

BONEBRIGHT, Terri, MINER, Nadine,  
2005 “Evaluation of auditory displays: comments on Bonebright et al.”, *ICAD 1998*, in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 517-520.

BORGES, Jorge Luis,  
1956 *Ficciones*, Emecé Editores s. a., Buenos Aires; trad. it. Franco Lucentini, *La biblioteca di Babele da Finzioni*, Einaudi, Torino, 1995.

BREWSTER, Stephen,  
1994 *Providing a structured method for integrating non-speech audio into human-computer interfaces*, Ph.D. Thesis, University of York.

2005 “Sonically-enhanced widgets: comments on Brewster and Clarke”, *ICAD 1997*, in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 462-466.

BREWSTER, Stephen, CLARKE, Catherine,  
2005 “The design and evaluation of a sonically enhanced tool palette”, in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 455-461.

BRUNGART, Douglas, SIMPSON, Brian,  
2005 “Optimizing a virtual speech display: comments on Brungart and Simpson”, *ICAD 2003*, in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 437-441.

2005 “Optimizing the spatial configuration of a seven-talker speech display”, in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 430-436.

CAGE, John,

1961 *Silence*, Wesleyan University Press, Middletown, Connecticut; a cura di Renato Pedio, *Silenzio. Antologia da Silence e a year from Monday*, Giacomo Feltrinelli Editore, Milano, 1976.

1976 *Interview with Jeff Goldberg*, in *The Transatlantic Review*, n. 55-56 (maggio) 1976.

1981 *For the birds*, in conversation with Daniel Charles, Marion Boyers Publishers, Boston; London, trad. it. Walter Marchetti, *Per gli uccelli. Conversazioni con Daniel Charles*, Multhipla edizioni, Milano, 1977.

CANET, Mar, RODRÍGUEZ, Jesús, BEUNZA, Daniel,

2006 *Derivados, nuevas visiones financieras* in *Inèditos 2006*, catalogo della mostra, ed. Caja Madrid Obra Social, Madrid.

CANO, Cristina,

1985 *Simboli sonori. Fondamenti antropologici per una didattica dell'approccio semantico al linguaggio musicale*, Franco Angeli, Milano.

CHEN, Jie-Qi, ISBERG, Emily, KRECHEVSKY, Mara,

1998 *Building on children's strengths: the experience of Project Spectrum*, Teachers College Press, New York; ed. it. a cura di NICOLINI, Paola e POJAGHI, Barbara, *Cominciare a costruire dalle potenzialità dei bambini. L'esperienza del Progetto Spectrum*, Edizioni junior, Azzano San Paolo, 2001.

CIFARIELLO CIARDI, Fabio,

2004 *sMAX: a multimodal Toolkit for Stock market data sonification*, in BARRASS, Stephen, VICKERS, Paul, *Proceedings of ICAD 04 - Tenth Meeting of the International Conference on Auditory Display, Sydney, Australia, July 6-9, 2004*.

COMUZIO, Ermanno,

1980 *Colonna sonora: dialoghi, musiche, rumori dietro lo schermo*, Edizioni Il Formichiere, Trento.

CUOMO, Carla (a cura di),  
2004 *Musica urbana. Il problema dell'inquinamento musicale*,  
CLUEB, Bologna.

DAHLHAUS, Carl, EGGBRECHT, Hans Heinrich,  
1985 *Was ist musik?*, Noetzel, Wilhelmshaven; trad. it. Di  
Angelo Bozzo, *Che cos'è la musica?*, Bologna, Il Mulino, 1988.

DE LA MOTTE-HABER, Helga,  
1972 *Musikpsychologie. Eine Einführung*, Arno Volk, Köln;  
trad. it., *Psicologia della musica. Una introduzione*, Discanto, Fiesole,  
1982.

DELALANDE, François,  
2001 *Il paradigma dell'elettroacustico*, in *Enciclopedia della  
musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 – *Il Novecento*.

DOGANA, Fernando,  
1983 *Suono e senso. Fondamenti teorici ed empirici del  
simbolismo fonetico*. Franco Angeli, Milano.

1990 *Le parole dell'incanto: esplorazioni dell'iconismo  
linguistico*, Franco Angeli, Milano.

EDWARDS, Alistair, MITSOPOULOS, Evangelos,  
2005 “A principled methodology for the specification and design of nonvisual widgets”, in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 442-449.

2005 “Perceptual auditory design: comments on Edwards and Mitsopoulos”, *ICAD 1998*, in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 450-454.

EFFENBERG, Alfred,

2005 “Movement sonification: effects on perception and action”, in *IEEE MultiMedia*, n. 2, Vol. 12 (April/June), 2005, pp. 53-59.

EL-AZM, Fares,

2005 *Sonification and augmented data sets in binary classification*, Informatics and Mathematical Modelling, Technical University of Denmark, DTU.

ESQUENAZI Jean-Pierre,

2001 *Hitchcock et l'aventure de Vertigo*, Paris, Cnrs editions.

FERNSTRÖM, Mikael, BRAZIL, Eoin, BANNON, Liam,  
2005 “HCI design and interactive sonification for fingers and ears”, in *IEEE MultiMedia*, n. 2, Vol. 12 (April/June), 2005, pp. 36-44.

FERNSTRÖM, Mikael, MCNAMARA, Caolan,  
2005 “After direct manipulation-direct sonification”, in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 495-499.

FERNSTRÖM, Mikael,  
2005 “Reflections on sonic browsing: comments on Fernström and McNamara”, *ICAD 1998*, in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 500-504.

FLOWERS, John, BUHMAN, Dion, TURNAGE, Kimberly,  
2005 “Data sonification from the desktop: should sound be part of standard data analysis software?”, in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 467-472.

FLOWERS, John, TURNAGE, Kimberly, BUHMAN, Dion,  
2005 “Desktop data sonification: comments on Flowers et al., *ICAD 1996*”, in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 473-476.

FROVA, Andrea,

2006 *Armonia celeste e dodecafonìa. Musica e scienza attraverso i secoli*, Biblioteca Universale Rizzoli, Milano.

GOMBRICH, Ernst Hans, HOCHBERG, Julian, BLACK, Max,

1973 *Art, perception and reality*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore; trad. it. Luca Fontana, *Arte, percezione e realtà. Come pensiamo le immagini*, G. Einaudi, Torino, 1978.

GOMBRICH, Ernst Hans,

1979 *The sense of order. A study in the psychology of decorative art*, Phaidon Press, Oxford; trad. it. di Renato Pedio, *Il senso dell'ordine. Studio sulla psicologia dell'arte decorativa*, G. Einaudi, Torino, 1984.

HERMANN, Thomas, HUNT, Andy,

2005 "An introduction to interactive sonification", in *IEEE MultiMedia*, n. 2, Vol. 12 (April/June), 2005, pp. 20-24.

HERMANN, Thomas, RITTER, Helge,

2005 "Model-based sonification revisited-authors' comments on Hermann and Ritter, ICAD 2002", in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 559-563.

HINTERBERGER, Thilo, BAIER, Gerold, MELLINGER Jürgen,  
BIRBAUMER, Niels,

2004 *Auditory feedback of human EEG for direct brain-computer communication*, in BARRASS, Stephen, VICKERS, Paul, *Proceedings of ICAD 04 - Tenth Meeting of the International Conference on Auditory Display, Sydney, Australia, July 6-9, 2004*.

HINTERBERGER, Thilo, BAIER, Gerold,

2005 “Parametric orchestral sonification of EEG in real time”,  
in *IEEE MultiMedia*, n. 2, Vol. 12 (April/June), 2005, pp. 70-79.

IMBERTY, Michel,

1986 *Suoni emozioni significati. Per una semantica psicologica della musica*, CLUEB, Bologna.

2001 *Continuità e discontinuità*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*.

KÁROLYI, Ottó,

1965 *Introducing Music*, Penguin Books Ltd, Harmondsworth, Middlesex; a cura di Giorgio Pestelli, *La grammatica della musica. La teoria, le forme e gli strumenti musicali*, Giulio Einaudi editore s.p.a., Torino, 1969.

KLÜPPELHOLZ, Werner,

2001 *Il musicista-attore*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*.

KRAMER, Gregory (a cura di),

1994 *Auditory Display. Sonification, Audification and Auditory Interfaces*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading (Mass.).

KRAMER, Gregory, WALKER, Bruce,

2005 “Sound science: marking ten international conferences on auditory display”, in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 383-388.

LEGRENZI, Paolo,

1979 *Realtà e rappresentazione: percezione e linguaggio nella psicologia cognitivista*, Giunti Barbera, Firenze.

2005 *Creatività e innovazione*, Il Mulino, Bologna.

LOKKI, Tapio, GRÖHN, Matti,

2005 “Navigation with auditory cues in a virtual environment”, in *IEEE MultiMedia*, n. 2, Vol. 12 (April/June), 2005, pp. 80-86.

MACDONALD, Critchley, HENSON Ronald,  
1977 *Music and the brain. Studies in the neurology of music*,  
William Heinemann Medical Books Limited, London; trad. it. Daniela  
Tarquini, *La musica e il cervello. Studi sulla neurologia della musica*,  
Piccin, Padova, 1987.

MARCONI, Luca,  
2001 *Muzak, jingle, videoclips*, in *Enciclopedia della musica*,  
G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*,

MINER, Nadine, CAUDELL, Thomas Preston,  
2005 “Using wavelets to synthesize stochastic-based sounds for  
immersive virtual environments”, in *ACM Transactions on Applied  
Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 521-528.

MINER, Nadine, VERGARA PANAIOTIS, Victor, CAUDELL,  
Thomas Preston,  
2005 “Authors’ comments on Miner and Caudell, ICAD 1997”,  
in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4  
(October), 2005, pp. 529-533.

MURRAY SCHAFER, Raymond,  
1977 *The tuning of the world*, McLelland and Stewart Limited,  
Toronto; trad. it., *Il paesaggio sonoro*, Ricordi - Lim, Lucca, 1985.

2001 *Musica/non musica, lo spostamento delle frontiere*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*.

NATTIEZ, Jean-Jacques,

1987 *Il discorso musicale - Per una semiologia della musica*, a cura di Rossana Dal Monte, G. Einaudi, Torino.

OATLEY, Keith,

1978 *Perception and representation. The theoretical bases of brain research and psychology*, London, Methuen and Co. LTD; trad. it. Gian Paolo Anzola, *Percezione e rappresentazione*, il Mulino, Bologna, 1982.

ORILIA, Francesco,

2003 *Teorie del segno. Dispensa integrativa del corso di Semiotica*, Università degli Studi di Macerata.

PELLEGRINI, Alessandra Carlotta,

2004 *ASX Voices: la voce dell'economia globale*, in *Sonora News*, anno V, n. 13 (maggio-agosto), 2004, p. 3.

PIANA, Giovanni,

1991 *Filosofia della musica*, Guerini e Associati, Milano.

PIERCE, John Robinson,

1983 *The science of musical sound*, Scientific American Books, New York; trad. it. Niccolò Guicciardini, *La scienza del suono*, Zanichelli, Bologna, 1988.

POIRIER, Alain,

2001 *Le funzioni della musica nel cinema*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*.

RATH, Matthias, ROCCHESO, Davide,

2005 “Continuous sonic feedback from a rolling ball”, in *IEEE MultiMedia*, n. 2, Vol. 12 (April/June), 2005, pp. 60-69.

RIVEST, Johanne,

2001 *Alea, happening, improvvisazione, opera aperta*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*.

SHINN-CUNNINGHAM, Barbara, STREETER, Timothy, GYSS, Jean-François,  
2005 “Perceptual plasticity in spatial auditory displays”, in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 418-425.

SHINN-CUNNINGHAM, Barbara, STREETER, Timothy,  
2005 “Spatial auditory display: comments on Shinn-Cunningham et al., ICAD 2001”, in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 426-429.

SLOBODA, John,  
1986 *The musical mind. The cognitive psychology of music*, Oxford University press, Oxford; trad. it. Gabriella Farabegoli, *La mente musicale*, il Mulino, Bologna, 1988.

SMOJE, Dujka,  
2001 *L'udibile e l'inudibile*, in *Enciclopedia della musica*, G. Einaudi, Torino, Volume 1 - *Il Novecento*.

STORR, Anthony,  
1993 *Music and the mind*, Ballantine Books, New York.

TOMATIS, Alfred,

1963 *L'oreille et le langage*, Éditions du Seuil, Paris; trad. it. Laura Merletti, *L'orecchio e il linguaggio*, Ibis, Como – Pavia, 1995.

1977 *L'oreille et la vie*, Éditions Robert Laffont S.A., Paris; trad. it. Claudio Mussolini, *L'orecchio e la vita. Tutto quello che dovrete sapere sull'udito per sopravvivere*, Baldini&Castaldi, Milano, 1992.

1987 *L'oreille et la voix*, Éditions Robert Laffont S.A., Paris; trad. it. Claudio Mussolini, *L'orecchio e la voce*, Baldini&Castaldi, Milano, 1993.

VAN DEN DOEL, Kees,

2005 “Physically based models for liquid sounds”, in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 534-546.

VICKERS, Paul, ALTY, James,

2005 “Musical program auralization: empirical studies”, in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 477-489.

VOLLI, Ugo,

2000 *Manuale di semiotica*, GLF Editori Laterza, Roma.

WALKER, Bruce,

2000 *Magnitude estimation of conceptual data dimensions for use in sonification*, in Psychology Department, Houston, Texas, Rice University.

WALKER, Bruce , KRAMER, Gregory,

2005 “Mappings and metaphors in auditory displays: an experimental assessment”, in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 407-412.

2005 “Sonification design and metaphors: comments on Walker and Kramer, ICAD 1996”, in *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, Volume 2, Issue 4 (October), 2005, pp. 413-417.

WILLIAMSON, John, MURRAY-SMITH, Roderick,

2005 “Sonification of probabilistic feedback through granular synthesis”, in *IEEE MultiMedia*, n. 2, Vol. 12 (April/June), 2005, pp. 45-52.

XENAKIS, Jannis,

2003 *Apollo e Dioniso. Gli scritti di in Universi del suono, scritti e interventi 1955-1994*, a cura di Agostino Di Scipio, Ricordi - LIM, Lucca.

ZHAO, Haixia, e al.,  
2005 “Interactive sonification of choropleth maps”, in *IEEE  
MultiMedia*, n. 2, Vol. 12 (April/June), 2005, pp. 26-35.

## SITOGRAFIA

- Actualité musicale et références musicologiques. Encyclopédie de la musique, biographies de musiciens, histoire de la musique, théorie et esthétique:

[http://www.musicologie.org/Biographies/scaefffer\\_pierre.html](http://www.musicologie.org/Biographies/scaefffer_pierre.html)

(visitato il 15/10/2006).

- Annual arts & media festival:

<http://www.thisisnotart.org/Members/ben/data-sonification>

(visitato il 19/12/2006).

- Computing Science Glasgow:

[http://www.dcs.gla.ac.uk/~stephen/papers/theses/Brewster\\_thesis.pdf](http://www.dcs.gla.ac.uk/~stephen/papers/theses/Brewster_thesis.pdf)

(visitato il 18/12/2006).

- Georgia Tech Sonification Lab:

<http://sonify.psych.gatech.edu/~walkerb/research/phd/WalkerDissertation.pdf>

(visitato il 10/01/2007).

- The Web's Ultimate Guide to Jazz:

[http://italia.allaboutjazz.com/articles/arti0103\\_002\\_it.htm](http://italia.allaboutjazz.com/articles/arti0103_002_it.htm)

(visitato il 10/10/2006).

- Fondazione Maitreya. Il più rilevante istituto di cultura per la promozione della conoscenza del Dharma («legge» o «insegnamento») buddhista in Italia:

<http://www.maitreya.it/menurivista/dharma18/scelsi.htm>

(visitato il 16/09/2006).

- ICAD (International Community for Auditory Display):

<http://www.icad.org/websiteV2.0/Conferences/ICAD2004/index.htm>

(visitato il 10/09/2006).

<http://www.icad.org/websiteV2.0/Conferences/ICAD2004/festival.htm>

(visitato il 10/09/2006).

- IMM (Informatics and Mathematical Modelling):

[www2.imm.dtu.dk/pubdb/views/edoc\\_download.php/3975/pdf/imm3975.pdf](http://www2.imm.dtu.dk/pubdb/views/edoc_download.php/3975/pdf/imm3975.pdf)

(visitato il 18/11/2006).

- International Music Council:

<http://www.unesco.org/imc-OLD/imdhist.html>

(visitato il 24/11/2006).

- Comitato Guglielmo Marconi International, Bologna, ITALY:

<http://www.radiomarconi.com>

(visitato il 12/10/2006).

- NASA (National Aeronautics and Space Administration):

<http://saturn.jpl.nasa.gov/multimedia/videos/movies/PIA08117.mov>

(visitato il 02/10/2006).

<http://saturn.jpl.nasa.gov/multimedia/videos/videodetails.cfm?videoID=86>

(visitato il 02/10/2006).

<http://spdf.gsfc.nasa.gov/research/sonification/documents/Alltogether.pdf>

(visitato il 04/06/2006).

- Dal 1961 tutte le informazioni sulla nautica e il diporto nautico in Italia, Europa e Mediterraneo con documenti, articoli, notizie e normative:

<http://www.nautica.it>

(visitato il //2006).

- Portale di notizie:

[http://www.sitopreferito.it/html/codice\\_morse.html](http://www.sitopreferito.it/html/codice_morse.html)

(visitato il 09/08/2006).

- Sito dell'Osservatorio italiano salute mentale:

[http://www.oism.info/it/adhd/mito/medicalizzazione\\_o\\_pedagogia.htm](http://www.oism.info/it/adhd/mito/medicalizzazione_o_pedagogia.htm)

m

(visitato il 16/11/2006).

- The Edgar Allan Poe Society of Baltimore:

<http://www.eapoe.org/WorkS/poems/aaraafc.htm>

(visitato il 04/08/2006).

- Sito del Progetto per la comunicazione scientifica in internet, a cura del Sissa - Scuola Internazionale per gli Studi Avanzati di Trieste:

<http://ulisse.sissa.it>

(visitato il 14/01/2007).

- La telegrafia:

<http://www.telegrafia.net>

(visitato il 18/09/2006).

- Sito dell'Università degli Studi di Verona:

<http://profs.sci.univr.it/~swan/Teaching/TesiConcluse>

(visitato il 04/07/2006).

- Wikipedia immagini:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/c/cc/433score.jpg>

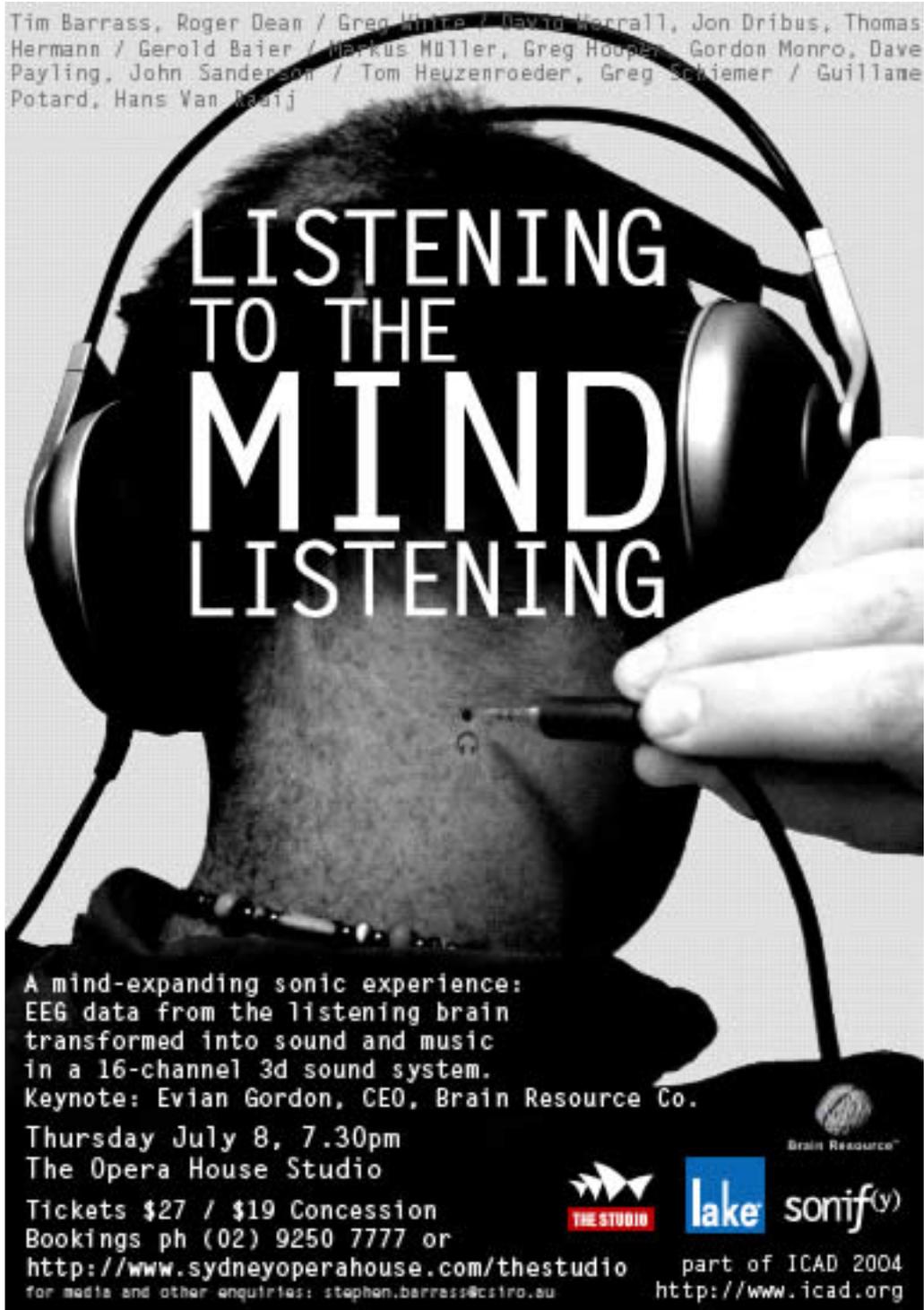
(visitato il 04/10/2006).

# APPENDICE

# ICAD 2004, Sydney, Australia

## Il decimo meeting dell'ICAD

Tim Barrass, Roger Dean / Greg White / David Kerrall, Jon Dribus, Thomas Hermann / Gerold Baier / Markus Müller, Greg Hooper, Gordon Monro, Dave Payling, John Sanderson / Tom Heuzenroeder, Greg Schiemer / Guillaume Potard, Hans Van Raaij



**LISTENING  
TO THE  
MIND  
LISTENING**

A mind-expanding sonic experience:  
EEG data from the listening brain  
transformed into sound and music  
in a 16-channel 3d sound system.  
Keynote: Evian Gordon, CEO, Brain Resource Co.

Thursday July 8, 7.30pm  
The Opera House Studio

Tickets \$27 / \$19 Concession  
Bookings ph (02) 9250 7777 or  
<http://www.sydneypopopera.com/thestudio>  
for media and other enquiries: [stephen.barrass@cstro.au](mailto:stephen.barrass@cstro.au)

 Brain Resource™

 **lake** **sonif(y)**

part of ICAD 2004  
<http://www.icad.org>

Concert of brain activity

KEYNOTES by Gregory Kramer (Clarity / ICAD) and Ros Bandt (Australian Sound Design Project)

PANELS on Sonification Design, Auditory Displays for the Visually Impaired, and Data Aesthetics

PAPERS on *Sonification of Narrative; Creating Functional and Livable Soundscapes for Monitoring Dynamic Data; and Auditory Feedback of Human EEG for Direct Brain-computer Communication.*

SOUND ART by Iain Mott, Garth Paine and Fabio C. Ciardi

# sonif(y)

the ART, SCIENCE & DESIGN of AUDIBLE INFORMATION

Thursday 8 July, 9.30am-6pm Sydney Opera House Studio

TICKETS: \$45

Bookings ph (02) 9250 7777 or

<http://www.sydneyoperahouse.com/thestudio>

part of ICAD 2004 - <http://www.icad.org>



THE STUDIO

Sonif(y) Festival

---

# GLOSSARIO

**Altezza:** una delle tre caratteristiche (insieme a intensità e timbro) di un suono, indica la distanza massima percorsa dalla particella dalla sua posizione di riposo durante l'oscillazione; nella rappresentazione di un'onda sonora, indica la distanza del punto massimo dell'onda dall'asse delle ascisse.

**Ampiezza:** distanza tra l'estremo superiore e l'estremo inferiore di una forma d'onda rispetto all'asse di riferimento. Maggiore è questa distanza, maggiore la variazione di pressione sonora del segnale. Il risultato, a livello psicoacustico, di una maggiore ampiezza, è una percezione di maggiore livello sonoro.

**Armoniche:** vedi Parziali.

**Audiazione:** la capacità di utilizzare il linguaggio figurato uditivo, o immagini uditive.

**Audificazione:** spesso erroneamente associato al termine sonificazione, indica in verità (secondo Kramer) i campioni di dati ri-suonati come suono diretto. Utilizzato anche come la “trasposizione”

di una forma d'onda in audio per comprendere e controllare dei dati (e quindi informazioni).

**Auralizzazione:** spesso utilizzato al posto di sonificazione, forse per rendere l'affinità che si ha con il termine visualizzazione, la rappresentazione visibile di dati. Con auralizzazione si fa riferimento alla rappresentazione o alla “formazione di immagini mentali” di dati uditivi.

**Binaurale:** si dice dell'ascolto di entrambe le orecchie.

**Camera anecoica:** priva di eco. Uno spazio artificiale, completamente insonorizzato, costruito per esperimenti e simulazioni scientifiche, nel quale si riesce ad annullare qualsiasi vibrazione esterna e imbottita con particolari materiali in grado di assorbire completamente le onde sonore, nella quale sia impedito anche ogni fenomeno di riflessione acustica.

**Ciclo:** vedi Lunghezza d'onda.

**Curve isofone (isofoniche):** curve che descrivono in che modo i suoni vengono percepiti sembrano avere lo stesso livello sonoro al cambiare della loro frequenza e intensità. Sono rappresentate in un grafico

specifico che ha sulle assi delle x la frequenza in Hertz, sull'asse delle y la pressione sonora in dB e diverse curve, una per ogni livello sonoro percepito, misurato in phon e determinate sulla base del comportamento dell'orecchio medio. La curva isofona più bassa delimita la soglia di udibilità, quella superiore indica invece la soglia del dolore.

**Decibel (dB):** unità di misura logaritmica dei livelli di potenza equivalente alla decima parte del bel. Misura l'intensità sonora.

**Earcon:** dalla fusione degli inglesi *ear* (orecchio) e *icon* (icona), indica un'icona sonora, un modo per trasmettere informazioni uditive. Blattner e colleghi definiscono le *earcon* come messaggi audio non verbali usati nell'interfaccia uomo/macchina per fornire informazioni all'utente riguardo alcuni oggetti, azioni del (o interazioni con il) computer. Sono brevi sequenze ritmiche di altezze con intensità e timbro variabili; tonalità sintetiche che possono essere usate in combinazioni per produrre messaggi sonori. Forniscono un efficace metodo di sonificazione e possono essere usate per aggiungere suono a dati ed interfacce. Un semplice e breve esempio che tutti conosciamo è il bancomat.

**Eco:** fenomeno per il quale un suono, riflettendosi contro un ostacolo, può tornare indietro ed essere udito nel punto in cui lo stesso suono è stato emesso.

**Evento sonoro** (*sound event*): secondo il dizionario evento è “qualcosa che accade in un determinato posto durante un particolare intervallo di tempo”. Un evento non è quindi estraibile dal *continuum* spazio-temporale che permette di definirlo. Un evento sonoro, così come un oggetto sonoro, può essere definito dall’orecchio umano come la più piccola particella di autonoma di paesaggio sonoro. Ma, mentre un oggetto sonoro è un oggetto acustico astratto e da laboratorio, un evento sonoro è invece definito dalla sua dimensione simbolica, semantica e strutturale. Costituisce pertanto un punto di riferimento concreto, ricollegabile a un insieme molto più vasto.

**Figura** (sonora): vedi Segnale.

**Fondamentale**: il segnale periodico di frequenza  $f$ , dato dalla vibrazione più lenta, caratterizzante il suono complesso che percepiamo.

**Frequenza**: indica il numero di vibrazioni al secondo. Si misura in Hertz e da essa dipende l’altezza di un suono.

**Hertz** (Hz): unità di misura della frequenza, corrispondente al numero di vibrazioni al secondo.

**Hi-fi:** abbreviazione dell'espressione inglese *High-fidelity*, alta fedeltà. Indica un rapporto segnale-rumore soddisfacente. Il termine viene utilizzato soprattutto in elettro-acustica. Applicato allo studio del paesaggio sonoro, un ambiente *hi-fi* è quell'ambiente in cui i suoni possono essere percepiti distintamente senza che vi siano affollamento o effetti di mascheramento. Vedi anche *Lo-fi*.

**ICAD** (*International Community for Auditory Display*): comunità internazionale per l'esposizione uditiva), comunità che riunisce ricercatori che lavorano sul tema di come si possano trasmettere informazioni attraverso il canale uditivo, senza l'utilizzo di parole. I ricercatori provengono da tutto il mondo e dai più disparati campi: chimica, matematica, statistica, geologia, sismologia, fisica, musica (nella musicologia, musicoterapia e composizione) aeronautica (anche spaziale), biologia, psicologia, psicoacustica, comunicazione, formazione, informatica, robotica, videogiochi, economia, sociologia, astronomia, meteorologia, linguistica, percezione uditiva, etc.

**Icona:** secondo Peirce, «un'icona è un oggetto che designa il suo oggetto in virtù di una somiglianza naturale con esso». Esempi possono essere un dipinto, una fotografia, un diagramma.

**Icona sonora:** vedi *Earcon*.

**Icona uditiva** (*auditory icon*): lo stesso concetto dell'icona, ma dal "punto di vista" dell'udito, ovvero l'utilizzo dei suoni ambientali che hanno un legame semantico con l'oggetto o l'azione che rappresentano. In questo modo i suoni che udiamo quotidianamente possono essere utilizzati anche per indicare operazioni che compie il nostro computer. Attraverso i suoni prodotti dalle azioni della nostra vita di tutti i giorni (il rompersi di qualcosa, il grattare, il rimbalzare e così via), possiamo indicare analogie tra il mondo quotidiano e quello virtuale del computer. Questi suoni possono essere inoltre complementari alle icone visive.

**Infrasuoni**: suoni inferiori alle 16-20 frequenze al secondo, e per questo non percepibili dall'uomo.

**Inquinamento acustico**: l'insieme degli effetti negativi prodotti dai rumori presenti nell'ambiente circostante e può provocare vere e proprie lesioni dell'orecchio interno ed essere quindi causa di una parziale o totale perdita dell'udito. Secondo l'articolo 2 della legge quadro sull'inquinamento acustico (legge n. 447/1995), questo è l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare:

- fastidio o disturbo al riposo ed alle attività umane;
- pericolo per la salute umana;
- deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti, dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno tale da interferire con le legittime fruizioni degli ambienti stessi.

**Intensità:** una delle tre caratteristiche (insieme ad altezza e timbro) di un suono, indica la sensazione sonora, in base alla quale i suoni sono soggettivamente distinti, in forti, e deboli. Nella rappresentazione di un'onda sonora, l'intensità è rappresentata dall'ampiezza dell'onda, ovvero dallo spazio tra il punto più alto e quello più basso raggiunti sull'asse delle frequenze.

**Livello sonoro** (comunemente volume): indica l'intensità di un suono.

**Lo-fi:** abbreviazione dell'espressione inglese *low-fidelity*, bassa fedeltà. Indica un rapporto segnale-rumore insoddisfacente. Applicato allo studio del paesaggio sonoro, un ambiente *lo-fi* è un ambiente in cui i segnali sono così numerosi da sovrapporsi, con il risultato di mancanza di chiarezza e presenza di effetti di mascheramento. Vedi anche. *Hi-fi*.

**Lunghezza d'onda:** la distanza che un'onda percorre mentre compie un ciclo completo, ovvero affinché raggiunga il valore iniziale dopo aver superato un massimo e un minimo.

**Mascheramento:** l'effetto per il quale due o più suoni prodotti assieme si “disturbano” reciprocamente. Il caso più evidente è quello in cui suoni forti coprono suoni deboli. Dal punto di vista

psicoacustico consiste nell'innalzamento della soglia di udibilità (diminuzione di sensibilità) a scapito del suono mascherato.

**MIDI:** acronimo di *Musical Instrument Digital Interface*, Interfaccia digitale tra strumenti musicali.

È il protocollo standard di comunicazione tra gli strumenti digitali che lo supportano, come ad esempio *sequencer*, tastiere, campionatori, etc.

**Moozak:** termine applicabile a tutti i generi di insipido ciarpame musicale schizofonico (vedi schizofonia), in particolare nei luoghi pubblici. Non deve essere confuso con i prodotti della ditta Muzak.

**Musica:** in questo scritto, con 'musica' intendo tutte le vibrazioni e loro brevi assenze (perché considero quella composta da suoni, rumori e silenzi) che giungendo all'orecchio umano comunicano qualcosa o provocano una reazione o emozione.

**Non silenzio:** il fatto di dire 'silenzio' implica il 'non silenzio'. Intendo quindi dire ogni momento in cui non c'è silenzio, ovvero qualsiasi istante in cui si verificano vibrazioni di un corpo elastico trasmesse all'ambiente e udibili dall'uomo.

**Oggetto sonoro** (*sound object*): secondo Pierre Schaeffer - l'inventore di questo termine (*l'objet sonore*) - l'oggetto sonoro è un oggetto (acustico) della percezione umana e non un oggetto matematico o elettroacustico di sintesi. Un oggetto sonoro può quindi essere definito dall'orecchio umano come la più piccola particella autonoma d'un paesaggio sonoro, ed è analizzabile secondo il suo profilo (è composto da un inizio, un corpo centrale e una fine). Sebbene un oggetto sonoro possa avere caratteristiche referenziali (ad esempio: una campana, un tamburo, ecc.), deve essere considerato innanzitutto come una formazione sonora di natura fenomenologica, indipendentemente da queste sue caratteristiche referenziali come evento sonoro. Vedi: Evento sonoro.

**Onda sonora**: la rappresentazione grafica del moto delle particelle che costituisce il fenomeno fisico del suono.

Si tratta in generale di una linea curva che si sviluppa in un grafico cartesiano con tempo in ascissa e frequenza in ordinata.

**Paesaggio sonoro** (*soundscape*): l'ambiente dei suoni. Tecnicamente, qualsiasi parte dell'ambiente dei suoni considerata come campo di studio e di ricerca. Il termine può applicarsi tanto ad ambienti reali, quanto a costruzioni astratte, quali le composizioni musicali o i montaggi e i missaggi di nastri magnetici, in particolare quando vengono considerati come parte dell'ambiente.

**Parziali:** multipli interi della frequenza fondamentale di un suono.

**Periodo:** vedi Lunghezza d'onda.

**Phon:** unità di misura dell'intensità della sensazione sonora.

**Pressione sonora:** misura in decibel dell'intensità di un suono, basata sulla misurazione fisica della pressione esercitata dalla massa d'aria in un punto rispetto ad una pressione di riferimento.

**Prima armonica:** vedi Fondamentale.

**Riflessione:** fenomeno che si verifica quando un'onda sonora incontra un ostacolo e si propaga in un'altra direzione con lo stesso angolo con cui ha colpito l'oggetto oppure torna indietro nella direzione contraria a quella della sua provenienza (in questo caso si ha un eco).

**Rifrazione:** fenomeno secondo il quale un'onda che attraversa due mezzi di diversa densità cambia direzione della sua propagazione nel punto di separazione dei due corpi. Tale comportamento è spiegabile dal fatto che il suono si propaga con velocità diverse in mezzi di diversa densità (più velocemente in mezzi più densi).

**Rumore:** qualunque perturbazione sonora che emerge dal silenzio o da altri suoni e dà luogo ad una sensazione acustica. Helmholtz, lo definì come un insieme di suoni non periodici.

Il termine possiede una varietà di significati e di sfumature, più importanti dei quali sono:

- suono non desiderato:
- suono non musicale:
- tutti i suoni di forte intensità:
- disturbo all'interno di qualsiasi sistema di comunicazione:

**Rumore bianco:** rumore privo di periodicità e che contiene frequenze di tutto lo spettro sonoro ad uguale ampiezza. È chiamato così in analogia con la luce bianca, che ugualmente contiene tutte le frequenze dello spettro luminoso.

**Schizofonia** (*Schizophonia*): termine derivante dal greco *schizo*, separazione e *phoné*, voce, suono. [Murray Schafer ha] utilizzato per la prima volta questo termine in *The New Soundscape*, per indicare la frattura esistente tra un suono originale e la sua riproduzione elettroacustica. I suoni originali sono legati al meccanismo che li ha prodotti. I suoni riprodotti elettroacusticamente sono invece delle copie e possono essere riprodotti e rinunciati in un altro momento o in un altro luogo. [L'autore si serve di] questo vocabolo, mediato dalla terminologia "clinica", per sottolineare l'effetto aberrante di questo sviluppo, proprio del secolo [scorso].

**Segnale** (*Sound signal*): qualsiasi suono verso cui si rivolga l'attenzione in modo particolare. Negli studi relativi al paesaggio sonoro, i segnali si distinguono dalle toniche (vedi), nello stesso modo in cui nel campo della percezione visiva si contrappongono figura e sfondo.

**Sfondo** (sonoro): vedi Tonica (in Murray Schafer).

**Silenzio**: l'assenza di rumori, suoni, voci e simili, ovvero quando il mezzo di trasmissione è fisicamente in stato di quiete. In verità il silenzio non esiste.

**Soglia del dolore**: livello di pressione sonora che provoca una sensazione dolorosa alla maggior parte degli individui.

**Soglia di udibilità**: pressione sonora minima che possa essere udita dall'orecchio umano.

**Sonificazione**: la trasmissione di informazioni attraverso i suoni ma senza l'utilizzo di parole; la trasformazione di esposizioni di dati rese da un segnale acustico con lo scopo di facilitare la comunicazione o l'interpretazione.

**Sonificazione iconica** (*Iconic Sonification*): quando i dati dei suoni vengono associati a determinati fenomeni. Un esempio: se si riunissero i dati meteorologici (temperatura, umidità e così via), potrebbe essere possibile calcolare la possibilità di pioggia o vento nei giorni seguenti (magari utilizzando il suono della pioggia o del vento che stanno ad indicare un'elevata probabilità di questi fenomeni atmosferici utilizzando i loro caratteristici suoni come delle icone).

**Sonificazione conversione-diretta** (*Direct Conversion Sonification*): quando i dati vengono tradotti in suono da ascoltare come modello rappresentativo dei (o rappresentante i) dati stessi. Un esempio: quando scienziati aerospaziali “fanno suonare” onde elettromagnetiche come fossero onde sonore.

**Sonificazione musicale** (*Musical Sonification*): si ha quando la sonificazione è utilizzata per comporre musica.

**Sorgente sonora**: il corpo che produce le vibrazioni e quindi generano il suono.

**Stereofonia**: percezione spaziale del suono da parte dell'orecchio umano mediante l'ascolto binaurale .

**Suono:** con il termine suono viene indicato il fenomeno fisico-acustico consistente nelle vibrazioni periodiche di un corpo elastico trasmesse all'ambiente e che giungono fino al nostro orecchio; ma anche il suo effetto soggettivo, ovvero la sensazione prodotta dalla sollecitazione dell'apparato uditivo e dalla percezione dell'impulso sensoriale.

**Suono complesso:** tutti i tipi di suoni non sinusoidali.

**Suono mascherante:** il suono disturbatore, nell'effetto di mascheramento.

**Suono mascherato:** il suono disturbato, nell'effetto di mascheramento.

**Suono puro** (o sinusoidale): suono non esistente in natura (è possibile produrlo solo grazie all'elettronica) dalla particolare onda sonora il cui grafico assume l'aspetto di una funzione sinusoidale, associata a suoni di ampiezza e frequenza costanti. Le onde sinusoidali sono alla base di ogni tipo di suono, essendo ogni onda sonora riconducibile alla somma di onde sinusoidali semplici.

**Timbro:** una delle tre caratteristiche (insieme ad altezza e intensità) di un suono, indica un carattere difficilmente definibile in termini generali, legato alla composizione armonica dei suoni. Il timbro è quello che ci fa capire, ad esempio, quale strumento ha prodotto una nota. A volte viene paragonato al sapore di un cibo: ogni pietanza ha il proprio particolare gusto, come ogni strumento o qualunque oggetto provochi un suono, ha il suo caratteristico timbro.

**Tonica** (*Keynote sound*): secondo Murray Schafer, negli studi sul paesaggio sonoro, le toniche sono quei suoni che vengono percepiti, in una data società, di continuo o con tale frequenza da costituire uno sfondo sul quale vengono poi percepiti gli altri suoni. Ad esempio: il rumore del mare, per una comunità che viva accanto a esso, o il rumore del motore a combustione interna per le città moderne. Spesso, queste toniche non vengono percepite in maniera consapevole, ma nondimeno condizionano la percezione degli altri suoni e dei segnali. Nel rapporto figura/sfondo che troviamo nel campo della percezione visiva, essa rappresenta lo sfondo. Vedi: Segnale.

**Ultrasuoni:** suoni superiori alle 16.000-20.000 frequenze al secondo, e per questo non percepibili dall'uomo.

## RINGRAZIAMENTI

Ancora un paio di pagine, le ultime lo assicuro. Per ringraziare la mia famiglia che mi ha permesso anche di raggiungere questo obiettivo.

Per quanto riguarda la stesura della tesi vorrei ringraziare (in ordine di “apparizione”) il capitano Luciano Boria, di fondamentale aiuto per la parte sull’aeronautica, il dottor Marco Marini, che ha contribuito alle chiarificazioni e alle informazioni sulla parte medica, e zia Luisa per avermi messo in contatto con loro.

Un grazie particolare al professor Giuseppe Giampieri per quanto riguarda la parte sui non vedenti e al professore e musicista Fabio Cifariello Ciardi, per la gentilezza e disponibilità concessa nella corrispondenza elettronica e nel nostro (parafrasandolo nel suo augurio per questo anno – e mi auguro che sia) “proficuo” incontro.

Ringrazio i professori Gianna Angelini e Paolo Marzocchi (che mi auguro comprenda la cavalleria) per i loro fondamentali contributi, sostegni, consigli e non solo.

Senza l’aiuto di queste persone il lavoro non sarebbe stato (per lo meno) così esteso.

Ma anche altre persone sono state importanti, come Letizia, tutti i ragazzi del Vallesina c5 e quelli del gruppo, senza nominarli, ma ricordandoli tutti, nessuno escluso, che mi hanno aiutato con le loro distrazioni.

Un grazie speciale a Lino che da anni si comporta come un vero fratello.

Ringrazio anche i ragazzi del gruppo di Lione, che sono sicuro il giorno della discussione sentirò vicini nonostante la distanza che ci separa.

Un “omaggio” al professor Maurizio Ciaschini, volenteroso fautore e condottiero del corso di Comunicazione musicale, purtroppo non assistito come avrebbe meritato da studenti e gerenti.

È lui che mi ha permesso di scoprire un suo inatteso lato, di approfondire una parte fondamentale della comunicazione, nonché di conoscere tutti i formidabili pazzi, ops volevo dire ragazzi, del corso, con i quali ho condiviso esperienze bellissime, formative (e naturalmente divertenti) e i professori Marzocchi e Monacchi, uomini d’arte e maestri di vita.

Grazie anche a tutti gli amici che saranno presenti (e a quelli che avrebbero voluto esserlo ma a causa del lavoro non possono), mi saranno vicini e mi applaudiranno il giorno della discussione.

Non sarò mai in grado di descrivere con delle parole la gratitudine che provo verso la mia famiglia.

Un ultimo grazie va a chi ha avuto la pazienza di giungere fino qui.

Ora inizia il bello...