

VERSO LA COMPrensIONE DELLA *MUSICA*

E DELLA

TERAPIA MUSICALE.

LA FUNZIONE “ATTRIBUZIONE” IN MUSICA.

Sull’attribuzione musicale.

Questo breve saggio può essere considerato come un tentativo preliminare tendente al progetto di una macchina pensante, concepita come un laboratorio per la psicologia della creatività, in particolare in campo musicale.

Siamo convinti che procedere verso la comprensione della musica sia uno strumento essenziale – sebbene ancora oggi non completamente sviluppato. Senza di questo è difficile avanzare verso la comprensione della terapia musicale o “musicoterapia”. Non si può sperare d’agevolmente comprendere il meccanismo di questa ultima. Ci sembra utile tentare di capire prima di tutto come mai la musica abbia tanta influenza sulla natura umana.

In questo quadro, vogliamo qui iniziare parlando del fenomeno che chiamiamo “attribuzione”, in particolare quando si riscontra nell’ambito della musica.

Noi pensiamo che le cosiddette illusioni (visive, uditive, tattili, ..) non vadano considerate semplicemente come tali o come divertenti curiosità, né superficialmente come fenomeni marginali d’interesse limitato, ma come veri e propri indizi del funzionamento umano, nella sua unità di soma e psiche. Riteniamo che il funzionamento “normale” non possa e non debba essere completamente separato da quello “illusorio” ma che sia relato alle illusioni che ne costituiscono un aspetto ed un prezioso indizio anche se entrambi ci restano ancora, per la maggior parte, sconosciuti.

Per introdurci all’argomento nel modo più diretto, possiamo ricordare e fare notare che nell’illusione di Kanisza si ha l’*attribuzione* di un biancore inesistente oggettivamente – e tuttavia soggettivamente presente e maggiore del bianco del foglio.

Come si sa, la tinta più marcata, tanto per fissare le idee la supponiamo p. es. bianca (figura e sfondo possono essere di qualsiasi colore), è oggettivamente uniforme, e tuttavia il biancore detto “illusorio” si staglia nettamente rispetto allo sfondo, di uguale bianchezza fisica, in senso fotometrico; ci sentiamo quindi spinti a concludere che il fenomeno sia dovuto ad un’attività del soggetto, riassunta col termine “*attribuzione*” il cui meccanismo non ci risulta tuttavia finora esaurientemente spiegato nella letteratura della percezione sull’argomento, nonostante alcune ipotesi siano possibili nei limiti delle conoscenze attuali.

Abbiamo accennato a questa illusione per richiamare l’attenzione sulla circostanza che spesso nelle scienze – specialmente in quelle che si occupano dell’uomo - ci troviamo di fronte a fatti difficilmente spiegabili e come occorrono spesso ipotesi coraggiose da sottoporre ad adeguate verifiche circa la loro possibile veridicità.

Il riferimento all’illusione ed all’attribuzione non sembri fuori luogo né inopportuno giacché qui vi è un motivo per affermare ancora una volta che storicamente la filosofia ha sempre preceduto la scienza con le sue ardite ipotesi anche se al tempo stesso, essa non è ancora momento di scienza in senso proprio.

L’attribuzione di una tinta più bianca dello sfondo nell’illusione menzionata, è un fenomeno che ancorché soggettivo è così comune che può essere considerato a buon diritto universalmente condiviso e pertanto assurge a *fenomeno oggettivo* che ci sembra di notevole *interesse teorico*. Sebbene soggettivo nel senso che dipende dall’attività del soggetto, è tuttavia al tempo stesso oggettivo perché condiviso e comune a tutti, dunque osservabile.

La suddetta attribuzione non ci sembra fine a se stessa nell’attività percettiva ma al contrario possiamo supporla funzionale o comunque in relazione alla definizione immediata della forma triangolare centrale nella figura considerata giacché se non vi fosse alcuna differenza di tinta – che invece è soggettivamente ed attivamente attuata – non vi potrebbe essere percezione immediata della forma centrale. La definizione è immediata nel senso che non ha bisogno di essere mediata da parole in forma logica articolata né ha bisogno di riflessione e nemmeno di tempo, almeno in apparenza.

Ci proponiamo di dimostrare che questo interessante fenomeno – comunque lo si voglia spiegare - somiglia molto da vicino all'applicazione di una forma a priori kantiana ad un materiale grezzo che per noi, normalmente, è costituito da dati fisici distali supposti nel mondo reale.

E' singolare, secondo noi, che Kanisza non si sia accorto del filone aurifero che aveva trovato. Il motivo di ciò probabilmente è che può sembrare balzana l'idea che la mente sia la responsabile di un ordine che metterebbe nel mondo. Il solo concepirlo per molti è piuttosto difficile, talmente forte è la scontata evidenza di ciò che ci appare. Nonostante il brusco risveglio dal sonno dogmatico del dormiente che si riscontra allorché ci si sveglia e nonostante si rifletta alla creatività così chiaramente espressa dalle *creative* illusioni del sogno, ciò che a noi di solito sembra essere, è tutt'altro che scontato: e cioè che il mondo stia lì in attesa di essere “conosciuto” senza alcun intervento attivo da parte nostra. Eppure è nel fenomeno del sogno che abbiamo la prova non solo che possiamo ingannarci ma anche e soprattutto importante dal punto di vista scientifico, che noi siamo dotati di attività con cui possiamo creare e che la nostra conoscenza delle cose può essere il frutto di una nostra attività capace di porre dei riferimenti adatti alla sopravvivenza.

A questo proposito, ricordiamo che Cartesio riuscì a far derivare filosoficamente l'esistenza dell'essere dall'**attività**: quella del pensiero.

Raramente pensiamo che il mondo ci appare in veste di colori, sapori, suoni, odori e sensazioni tattili che esistono solo nella nostra mente; eppure nel fenomeno del sogno, abbiamo prova che possiamo essere “ingannati” da noi stessi o, almeno, che sicuramente siamo capaci di creare per noi stessi delle appariscenti illusioni che non ci sembrano al momento tali. Vogliamo così mostrare, sebbene dovrebbe essere non necessario, che la mente s'avvale della propria capacità di dare un ordine alle stimolazioni fisiche e le tratta come fonti di sensazioni che di per sé sembrano restare inafferrabili, indefinibili.

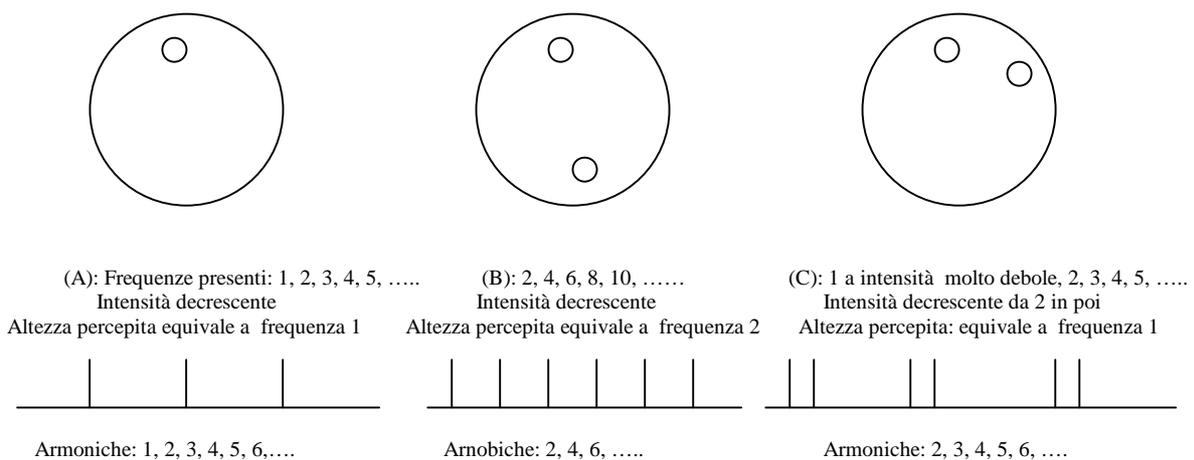
Se il colore di tutte le cose che si vedono fosse uno solo, nulla si distinguerebbe. L'ambiente ci apparirebbe piatto ed informe senza alcuna possibilità di delimitazione e di definizione di una figura rispetto ad uno sfondo.

Il colore, così come il suono, è uno dei primi strumenti che la nostra mente adopera per distinguere oggetti, creare “l'illusione” - vitale - di una distanza, separare ed ordinare le immagini con cui riesce a costruire una visione utile ed efficace del mondo.

Non deve dunque sorprendere se l'illusione di Kanisza mette allo scoperto la nostra capacità creativa – eppure involontaria – durante la percezione. Vogliamo dimostrare che questa capacità creativa non è semplicemente “sensoriale” né particolare – attinente ad un solo percetto, ma è anche mentale e generale, anzi è addirittura essa stessa una capacità più astratta che concreta.

Nel caso dell'illusione menzionata, questa ci permette e ci pone in condizione di parlare di “colore”, di “figura”, di “forma”, “sfondo”, “distanza”. “risalto”, “qui”, “esserci”, “illusione”, ..., che per lo più sono termini astratti piuttosto che concreti.

La sirena di Seebeck. Schematizzazione dei dischi della sirena di Seebeck.



Ruotando velocemente p. es. il disco A, i fori intercettano un soffio d'aria e si produce un suono la cui altezza dipende dal numero dei fori e dalla velocità di rotazione, più precisamente dal rapporto fra il numero N di fori ed l'intervallo di tempo t in cui si presentano sotto il getto, ossia il suono sembra avere una frequenza $f = N / t$. In figura, il foro è uno solo per semplicità.

Disco A: le frequenze presenti sono: la fondamentale (per convenzione la sua frequenza può essere assunta 1 (in rapporto a se stessa), come riferimento unitario) e le armoniche con frequenze multiple (2, 3, 4, 5, ...) di quella della fondamentale udita. Le intensità sono decrescenti col numero d'ordine dell'armonica: per semplicità, in figura sono rappresentate solo le frequenze, le lunghezze dei segmenti non sono indicative dell'intensità delle armoniche. Gli impulsi sono “quadri”: in figura sono schematizzati con semplici tratti verticali

Per semplificare concettualmente il funzionamento della sirena, questa è supposta avere un unico foro in una piccola porzione del disco. In ogni caso, la forma d'onda generata non è sinusoidale ma "impulsiva" (un impulso – variazione di pressione – ad ogni passaggio), e si genera approssimativamente un'onda pressoché quadra. Per il teorema di Fourier, questo tipo d'onda equivale alla somma di infinite "armoniche" sinusoidali, d'ampiezza rapidamente decrescente con la frequenza. Le armoniche hanno tutte una frequenza multipla della fondamentale e possono essere rilevate con uno strumento analizzatore di spettro.

Disco B: il numero dei fori è doppio e quindi anche la frequenza della fondamentale raddoppia e diviene 2 (anziché 1) e così pure raddoppiano le frequenze delle sue armoniche (che diventano 4, 8, 10, ...). Le intensità sono decrescenti con la frequenza. L'onda generata è ancora di tipo impulsivo, quadra ma con impulsi ravvicinati rispetto a quelli del disco A.

Disco C: il lasso di tempo fra un foro ed il successivo non è costante ma è minore quando i fori si succedono più rapidamente rispetto al getto d'aria che si trova nell'arco più piccolo, maggiore quando il getto si trova tra i fori lontani, nell'arco più lungo.

La forma d'onda è come s'intuisce, una coppia d'impulsi ravvicinati con un più lungo lasso temporale fra una coppia e l'altra. L'altezza percepita è quella del disco A e la fondamentale è ancora 1 ma la sua intensità è praticamente nulla: le armoniche sono come per il disco A. Secondo Seebeck, si percepisce la fondamentale 1 solo perché sono presenti le armoniche dispari che renderebbero il caso C simile a quello A.

Solo quando i fori sono pressappoco equidistanti – quasi come nel caso 2 – si ha bruscamente un passaggio da una percezione di tipo A ad una di tipo B.

Tutto avviene come se il sistema percettivo volesse udire la frequenza 1 anche se di debolissima intensità. La percezione dell'altezza è dunque dovuta ad un'**attribuzione non semplice** il cui meccanismo rimane tuttavia da spiegare. E' come se il sistema percettivo inducesse la presenza della fondamentale 1 dalla presenza delle armoniche dispari ma non sembra si sappia esattamente come ciò possa avvenire. (Monahan et al., 2008).

Più avanti proponiamo una spiegazione in merito, basata sull'ipotesi di un azzeramento delle fasi di tutte le armoniche al fine di poter confrontar i loro periodi.

Il suono è anch'esso attribuito, e lo è sul paradigma di una stimolazione che di per sé non è ancora sonora ma solo acustica in senso fisico. Rameau, profondo conoscitore e innovatore della teoria musicale, diceva bene che i suoni della scala temperata non sono che "simboli" con cui la mente *immagina* i suoni della scala naturale. Concepiamo, sentiamo e mettiamo questi ultimi al posto dei primi grazie alla nostra calcolata possibilità d'usarli in un nostro gioco simbolico per merito sia della "vicinanza" fisica – oggettiva - degli stimoli distali a quelli immaginari dell'altezza desiderata, sia per merito della nostra capacità soggettiva di collocazione e spostamento d'altezza dei medesimi: un'attività che si rivela quando riconosciamo sagacemente un brano ben noto nonostante sia piacevolmente stonata nella musica distorta di una vecchia pianola a manovella.

I suoni temperati aiutano la mente a ritrovarsi nella scala naturale, anche se un poco diversi; ad onta di questa diversità, sono ugualmente **attribuiti**.

Così accade che un fa, un sol o un la temperati, rispetto al "do" abbiano **frequenza fisica** rispettivamente 1,33485...; 1,49831...; 1,68180..., eppure siano uditi come se fossero i "**simboli**" delle **frequenze naturali** 1,33333...; 1,5; 1,6666..., Ci sembra di potere spiegare fenomeni come questo accogliendo l'**ipotesi di Galileo sull'importanza dei periodi delle vibrazioni**, (Frova, 1999; Pierce, 2002) – ovviamente non al livello meccanico del timpano (come egli, con le sue ancora scarse conoscenze, intendeva), ma a quello elettrico della corteccia, coadiuvata dall'elaborazione preparatoria avvenuta nella coclea.

L'ipotesi di Galileo. L'ipotesi galileiana, sostanzialmente non è troppo lontana dalla "**teoria della periodicità**", basata sugli esperimenti di Seebeck e ipotizzata per spiegare le osservazioni fatte sperimentalmente con la sua famosa sirena (Frova, p. 116, 1999, testo al quale, d'ora in avanti, ci riferiremo); in realtà la teoria della periodicità sembra si limiti ad enunciare il risultato empirico senza dare una spiegazione teorica approfondita del meccanismo che presiede il fenomeno osservato e che potrebbe orientare la ricerca.

In ogni caso sia l'ipotesi di Galileo, sia la teoria della periodicità, ci sembrano in relazione con la sincronizzazione di alcuni accadimenti: gli impulsi d'energia ceduti, secondo periodi in rapporti interi, rispettivamente da un pendolo all'altro e dalla vibrazione dell'aria al timpano nel caso galileiano. Nel caso della sirena di Seebeck, nelle relazioni fra i periodi delle armoniche – anche questi in rapporti interi fra loro.

L'ipotesi di Galileo e la teoria della periodicità hanno dunque in comune l'idea di una relazione – che per noi è di **sincronismo** - fra alcuni accadimenti caratteristici delle vibrazioni. Come i pendoli con periodo in rapporto 1 a 1, oppure 1 a 2, o ancora nei rapporti fra 4, 5, 6, (*le note D,M,S dell'accordo di do maggiore naturale hanno i rapporti di frequenza 1/1, 5/4, 3/2 e moltiplicando per 4 otteniamo appunto 4, 5, 6*) possono **influenzarsi a vicenda** a causa di un **relativo sincronismo** delle loro oscillazioni, così pure due o più vibrazioni possono indurre l'udito ad un certo tipo di percezione – un'altezza percepita virtualmente (p. es. nel caso della fondamentale virtuale di un suono complesso) - se gli accadimenti di rilievo sono sincroni. A questo proposito, mostreremo che è sufficiente supporre che il cervello sappia operare dei **confronti temporali fra i periodi delle vibrazioni**.

Per quanto riguarda le caratteristiche sincroniche degli accadimenti, ci riferiamo in particolare agli istanti in cui si hanno i massimi delle vibrazioni, sebbene si potrebbero altrettanto bene considerare gli istanti di intensità nulla, qui esclusi perché dall'orecchio medio emergono segnali corrispondenti ai massimi di pressione entro un certo limite di presunto errore che forse è utile e non solo tollerato dal cervello. Questo probabilmente esegue una media temporale dei segnali in arrivo da una zona corrispondente della membrana basilare.

La menzione della teoria della periodicità fatta da Frova *non* spiega abbastanza esplicitamente il meccanismo con cui *l'altezza percepita sia quella della fondamentale reale o virtuale*, vale a dire quella di una frequenza più bassa, vera o immaginaria che sia.

Il controllo della cadenza degli istanti di massimo – ai fini della rilevazione di un eventuale sincronismo – implica che non si tenga conto della fase e questo processo di semplificazione sarà detto *azzeramento della fase*. Si può inoltre supporre – ed è comunque da controllare in letteratura - che sia indifferente per le cellule ciliari dare segnali in concomitanza col massimo positivo o con quello negativo (“minimo”) dell’onda di pressione giacché è verosimile da un lato che le cellule siano ugualmente sensibili ai due massimi, anche se di segno opposto fra loro, e dall’altro lato che, ai fini della sopravvivenza dell’individuo e della specie, si sia sviluppata questa capacità di funzionamento per abbreviare i tempi di valutazione. Valutare un intero periodo (lasso di tempo fra due massimi successivi di ugual segno) necessita infatti di un *tempo doppio* rispetto al valutare un semiperiodo (lasso di tempo fra due massimi successi di segno contrario). Intorno ai 20 Hertz (estremo basso per l’udito), il periodo è 50 msec mentre il semiperiodo è solo 25 msec. E’ vero tuttavia che l’esigenza di valutare il semiperiodo si presenta solo a frequenze molto basse.

L’ipotesi del periodo d’attesa più lungo.

Si è sempre osservato empiricamente, senza comprenderne sempre chiaramente il motivo che *l’attribuzione* d’altezza sia compiuta trascurando le armoniche di frequenza più alta (che entrano invece in maniera peculiare nell’edificazione del timbro) e preferendo l’oscillazione di più bassa frequenza.

Una possibile ragione secondo noi è che questa vibrazione è quella che ha il periodo più lungo e pertanto l’udito deve *aspettare un tempo maggiore* – rispetto alle vibrazioni più rapide – per deciderne l’altezza la quale così finisce con l’essere assunta come *vibrazione di riferimento* anche per le altre vibrazioni di più alta frequenza.

Un’altra ragione – come vedremo più in dettaglio nel seguito - può essere quella che azzerando le fasi delle componenti armoniche del suono si viene a determinare un *accento* di maggior rilievo sul periodo del basso ed a volte persino in maniera virtuale, vale a dire in vera e propria assenza del basso fisico, oggettivo. La mente riesce così ugualmente a ricavare l’altezza di questo suono “illusorio” compiendo una sorta d’extrapolazione.

L’importanza di questo aspetto universale della *soggettività* è riconosciuta da un insigne studioso che ne fa oggetto di scienza titolandone un articolo (Schouten, 1940).

Una terza ragione della preponderanza accordata ai bassi nella percezione dei suoni potrebbe essere che durante *l’evoluzione* ci sia stato un adattamento progressivo dovuto al fatto che i suoni più bassi sono spesso più tipici di corpi e di animali di grandi dimensioni considerati più pericolosi di altri di dimensioni minori.

Un ulteriore motivo d’adattamento può essere che, come si sa, un suono ha delle armoniche che sono tutte d’intensità tendenzialmente decrescente con la frequenza e quindi *l’intensità maggiore* è di solito quella della *fondamentale* che ha anche la *frequenza più bassa*, ma bisogna riconoscere che ciò è contraddetto dall’esistenza del basso virtuale che ha intensità fisica oggettivamente nulla. La conclusione è che il basso è percepito anche virtualmente perché è una caratteristica riassuntiva del suono nella sua interezza, cosa che ci riconduce alla prima spiegazione .

Quando due o più suoni sono suonati insieme e sono d’intensità paragonabile, ciascuno di essi ha un corredo di armoniche e di ciascuno di essi l’udito valuta ed individua la fondamentale: infatti un musicista capace, riesce a scrivere le differenti note di un accordo sotto dettatura anche se con difficoltà maggiore rispetto al caso in cui sia suonata una sola nota per volta. Accade anche che dell’accordo prevalga il sottofondo determinato dal suono più basso, a sua volta determinato dalla fondamentale di frequenza più bassa.

La nostra ipotesi relativamente al periodo più lungo che funge da riferimento anche in virtù dell’accento, ci sembra spiegare questi e vari altri diversi fenomeni e ci sembra dunque non priva d’interesse.

L’ipotesi giustifica sia il perché il suono più “basso” è quello che dà l’atmosfera armonica in un accordo e sia perché di solito il basso è più lento della melodia che si trova negli acuti: semplicemente la vibrazione a più bassa frequenza ha bisogno di più tempo per essere “udito” e di conseguenza funge da *riferimento: per l’attribuzione dell’altezza* (vibrazione fondamentale reale o virtuale); *per la tendenza alla scelta ed all’attribuzione del ritmo* (periodo più lungo con relativa lentezza del battito dell’accento forte e sua conseguente funzione di riferimento); *per l’attribuzione dell’armonia* (atmosfera o sottofondo accordale). La sua importanza è tale che, se necessario, il suono più basso è determinato e quindi *attribuito in maniera virtuale* così come accade nei casi di *fondamentale virtuale* (ad intensità nulla oggettivamente, ma ugualmente percepita soggettivamente) o di *basso virtuale* (in un accordo in cui eventualmente manchi). Più avanti è illustrato un possibile meccanismo per l’attribuzione del basso virtuale.

Queste precisazioni ci servono per affermare che nell’udito, così come nella visione, la funzione dell’*attribuzione* è sempre all’opera e che la percezione non è un processo d’acquisizione passiva ma un *processo attivo* che trae per così dire pretesto dal materiale grezzo fisicamente presente per determinare *percetti* – più in generale, *entità mentali* - in sé non fisicamente definibili, neanche come attività di neuroni i quali, di per sé, rientrano nel dominio del fisico - con

attività di tipo elettrochimico – e qui siamo invece nel vissuto mentale. Colori e suoni, così come pure altri tipi di sensazioni, non sono né comunicabili né esattamente definibili e si possono comunicare soltanto per convenzione con riferimento a situazioni ed a persone, ma non di per sé.

Non si può sapere come un'altra persona veda un certo colore, ma ha senso parlare del colore di un oggetto esterno – qualunque esso sia e nonostante possa essere visto in maniera diversa da due interlocutori giacché la comunicazione è resa possibile per convenzione tramite ciò che è indicato esternamente e non su ciò che è internamente vissuto.

Sebbene nella letteratura si sia parlato spesso di illusioni uditive facendone a volte più una collezione che una teoria sistematica comune, esiste nell'udito una tendenza generalizzata – che si può riscontrare in vari fenomeni, alcuni già accennati come quello per es. del basso virtuale – nel senso di privilegiare il suono più grave per farne un riferimento, sia che questo suono esista oggettivamente o che sia fisicamente inesistente. Questa tendenza ci sembra inizi fin dalla coclea per merito dell'effetto di “mascheramento” dei suoni più alti da parte di quelli più bassi, grazie alla curva di sensibilità che risulta asimmetrica rispetto agli acuti in confronto ai bassi (descritta e illustrata da Frova, p. 135), asimmetria con cui le cellule si eccitano per effetto dell'onda sonora di stimolo.

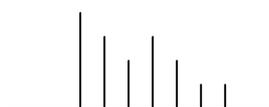
Questo mascheramento aiuta la tendenza dell'udito a privilegiare il suono più basso che assurge a riferimento sia negli accordi sia nell'attribuzione d'altezza a suoni complessi (vale a dire quelli accompagnati da armoniche presenti). Per meglio porre in rilievo **l'importanza del riferimento sonoro effettuato con il suono grave perché a periodo lungo**, riferiamo qui alcuni fenomeni secondo noi da considerare a sostegno.

1. Altezza attribuita. L'**altezza attribuita ad un suono complesso (cioè con armoniche)** è, come si sa, quella dell'armonica di **frequenza più bassa** (frequenza minore vuol dire vibrazione meno rapida). L'altezza è attribuita coinvolgendo ed investendo tutte le parti (ossia le armoniche) del suono composto appunto da più frequenze armoniche diverse sovrapposte (dette anche “parziali”). L'altezza soggettiva è quella che compete alla frequenza più bassa non per nulla detta “fondamentale”. E' ben difficile, per un orecchio non addestrato, riuscire a distinguere qualcuna delle altre armoniche che tendono a farsi udire semmai come timbro e come intensità, non come altezze componenti.

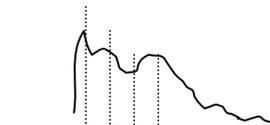
Il caso di un suono sinusoidale accompagnato da armoniche altrettanto sinusoidali, comunque è un caso più ideale che pratico. La fisica matematica assicura che qualsiasi suono abbia un'origine ed una fine nel tempo, non essendo rigorosamente periodico – perché non ha durata infinita, senza principio né fine – non può essere rappresentato da una serie di sinusoidi ma piuttosto da “**formanti**”, cioè da gamme continue di frequenze che presentano ampiezza relativamente più elevata in corrispondenza alle armoniche ideali.



Sinusoide unica



Armoniche sinusoidali



Formanti (le supposte armoniche in tratteggio)

Il suono che si ode nei tre diversi casi ha timbri diversi ma l'altezza attribuita è la stessa e corrisponde alla frequenza presente **più bassa**. Si noti che i suoni più bassi hanno un corteo di armoniche più numeroso dei suoni acuti: le armoniche sono infatti sempre di frequenza più alta della fondamentale di base, pertanto un suono di bassa frequenza ha un campo di frequenze superiori ben maggiore di un suono acuto. Per questo motivo un basso può avere una varietà timbrica a priori più vasta dei suoni molto acuti che all'udito appaiono più “eterei” e più “puri”, “chiari”, “luminosi”, “argentini”. Una legge generale delle armoniche stabilisce che la loro intensità decresce tendenzialmente con il loro numero d'ordine. Questo significa che salvo qualche sporadica eccezione, le armoniche di ordine più alto sono sempre poco intense. Per questo motivo, è usuale nei manuali, la considerazione delle armoniche solo fino alla sesta in occasione della stesura degli esempi.

Di solito, l'**altezza attribuita** è ben definita (oggettivamente), ossia corrisponde all'altezza che sarebbe attribuita ad una vibrazione sinusoidale se questa fosse unica, non accompagnata da altre armoniche né formanti. Si tratta dunque di “un'illusione” d'altezza, tuttavia utile come **valutazione riassuntiva e soggettiva** della vibrazione complessiva che si sta udendo. In conclusione l'altezza che si ode è sempre la stessa, indipendentemente dal timbro, cioè indipendentemente dal fatto che la vibrazione sia “pura” (sinusoide unica), o accompagnata da altre sinusoidi (armoniche) o costituita da gamme continue di sonorità (formanti con spettro continuo di vibrazioni).

L'illusione nell'**attribuzione d'altezza** è tanto più evidente nel caso del **basso virtuale** che discuteremo più avanti.

Si deve escludere il caso di una distribuzione di frequenze relativamente uniforme (“spettro bianco”) in cui il suono degenera in rumore cui non si riesce ad attribuire un tono (altezza) definito.

Un altro caso anomalo è costituito da suoni formati dalla sovrapposizione di sinusoidi inarmoniche (aventi cioè frequenze non multiple intere della fondamentale) come accade nelle campane o in alcuni strumenti costruiti con piastre: si ode un'altezza abbastanza definita (che si riferisce alla componente di più bassa frequenza) ma ciò che si ode sembra un misto di suono definito e di rumore o dissonanza.

2. **Scala in rapporto al tono base.** Nella pratica e nella didattica musicale, le *scale* cominciano *dal basso* e proseguono verso l'alto. I suoni della scala sono scelti approssimando il più possibile le loro frequenze a rapporti fra numeri interi piccoli, *riferiti alla frequenza più bassa* della scala. In sostanza *tutti i suoni della scala nascono perché scelti come i più gradevoli, non di per sé, ma in relazione alla nota base*, e non è un caso che le loro frequenze siano in rapporto proprio al tono di partenza che definisce anche la *“tonalità”*. Questa, a sua volta, non è altro che il *suono di riferimento musicale*, ancora una volta *il più basso della scala* alla quale presta addirittura il proprio nome (p. es. “do maggiore” è la scala, o tonalità, che comincia da do, prima nota in basso. “Maggiore” o “minore” sono termini che si riferiscono alla forma della scala, non al suo primo gradino più basso. La forma è l'insieme dei suoni intermedi scelti dopo il primo). Si noti l'assonanza fra “basso” e “base”: ciò che è in basso è anche “grave” e quindi anche poco illuminato, “scuro”. I suoni bassi sono detti anche gravi e scuri. Che altro fa la scala delle sette note, opportunamente scelte fra i dodici suoni disponibili della scala temperata, se non suggerire una nota di riferimento? E con una potenza tale da dare il nome della nota a tutta la scala intera delle sette note, (la scala p. es. di “do maggiore” o di “re minore” o magari di “fa diesis maggiore”). Si può intuire da questi semplici fatti l'enorme importanza del suono più basso, in musica.

3. **Il nome dell'accordo.** Gli *accordi* prendono il nome dalla nota più bassa e l'atmosfera armonica è determinata dal suono più basso che fa da tono di riferimento (ossia la “tonalità”), a volte persino *virtuale*: così tanto è voluto dall'udito che può essere addirittura *attribuito anche quando non c'è oggettivamente*, fenomeno che illustreremo con una dimostrazione più avanti.

Per gli accordi “rivoltati”, il riferimento è sempre comunque il suono di riferimento D sia pure virtualmente; sia che l'accordo maggiore sia allo stato “fondamentale” D-M-S, sia che si trovi in “primo rivolto” M-S-D', sia in “secondo rivolto” S-D'-M', ove gli apici denotano un'ottava più alta, il basso virtuale è D. L'effettiva possibilità di questa udibilità virtuale sarà illustrata successivamente.

4. **Intervallo fra due suoni e ruolo del più basso.** I rapporti fra le frequenze di due suoni, sono tutti *calcolati e denominati* rispetto alla *frequenza del suono più basso dei due*. Gli *intervalli* sono misurati e classificati in musica, a partire dalla *nota più bassa* che funge anche stavolta da *riferimento*. Così si dice che l'intervallo “D-S” è una “quinta” – essendo il sol la quinta nota dopo il do – mentre l'intervallo “rivoltato” S-D' è una “quarta” – il do ad ottava più alta essendo la quarta nota dopo il sol che ora è la più bassa delle due note. Eppure entrambi sono formati da suoni che hanno gli stessi nomi (ma ad altezze diverse: D' è un'ottava più in alto di D). Ricordiamo che la scala di do maggiore è D, R, M, F, S, L, X, D'. (Il si è indicato da X per evitare la confusione con la “S” di sol). L'intervallo D-F è anche una quarta. In musica la quinta e la quarta sono considerati come dotati di sonorità e gradi di consonanza diversi sebbene D-S e S-D' siano formati da note di ugual nome! Questo accade perché il riferimento rispetto a cui contare le note dell'intervallo, è al basso (una volta è infatti D ed un'altra volta è S). La combinazione delle note non conta tanto quanto la loro disposizione ordinata!

5. **Raddoppio del suono più basso.** La *nota raddoppiata* solitamente all'ottava alta è quella che negli accordi ripete il nome della nota al basso, p. es. D-M-S-D' – l'apice indica un do all'ottava più alta; suona come una specie di rafforzamento del basso data la straordinaria somiglianza.

6. **Inizio e fine brano e riferimento sonoro interno.** La *tonalità* prende molto spesso il nome dalla *nota iniziale e finale* del brano che è anche la più bassa dell'accordo di partenza nella musica tonale ed è detta *“tonica”*. I nomi delle note iniziale e finale infatti, molte volte coincidono. Se fra i suoni iniziali e quelli finali non figura la tonica, essa è implicita nella scala tonale che – a sua volta – ha la tonica come punto di partenza e d'arrivo oltre che di valutazione e determinazione degli intervalli e degli accordi. Sapendo che il *primo e l'ultimo elemento di una successione* di elementi (eventualmente sillabe), sono anche quelli *meglio ricordati*, possiamo ricordare che questi si prestano, a fare da riferimento, meglio di altri elementi intermedi. La posizione della nota (o dell'accordo di tonica) all'inizio ed alla fine di un brano significa dunque che il compositore umano ha scelto proprio quel suono determinato per *creare meglio in memoria un riferimento sonoro interno*.

E' superfluo dire che questo riferimento sonoro il più delle volte è il suono più basso della scala, degli accordi, della tonalità.

7. **Musica tonale e il tono basso come tonalità.** La *musica tonale* è quella musicalmente più dotata di significato secondo Gustin che ne fa l'elogio (1969). La *tonalità* è definita in base alla *nota più bassa dell'accordo di “tonica”*, nota che fa da riferimento e caratterizza il brano (p. es. “do maggiore”). La nota più bassa dell'accordo di tonica è spesso *anche la nota iniziale e finale del brano*.

Ci sembra difficile non essere d'accordo con la difesa della tonalità della Gustin, dal momento che:

- (1) **Rameau.** Rameau si dichiara convinto che i suoni della *scala temperata* sono *simboli che evocano i suoni della scala naturale*. (Le frequenze dei suoni nelle due scale – temperata e naturale - sono infatti un poco diverse, tranne l'intervallo d'ottava – che separa due suoni somiglianti tanto da meritare il medesimo nome di nota - che è identico in entrambe ed è 2:1. Non ci sono altri intervalli uguali). *L'importanza della scala*

- naturale* si basa sul riconoscimento della bellezza (*gradimento*) dei suoni con *rapporti semplici di frequenza rispetto al basso*. Facciamo notare che i rapporti semplici non sono miti di un universale matematico come poteva volere Pitagora, ma sono una descrizione del sincronismo con la nota di riferimento – quella d’inizio nella scala, presente in basso anche nell’accordo di tonica. Le note della scala fungono da conferma degli eventi caratteristici (i massimi di pressione dell’onda acustica - Frova, p. 112 - che ha la più bassa frequenza). In ogni caso – parafrasando Rameau - *si suona temperato ma si ascolta naturale*. I suoni temperati approssimano quelli naturali con efficacia grazie alla *capacità d’attribuzione* della specie umana.
- (2) **Gradevolezza dei suoni naturali.** Pertanto, i suoni della scala naturale sono gradevoli, massimamente l’ottava, perché i rapporti interi delle relative vibrazioni costituiscono in realtà una *conferma sincronica* (in generale, quanto migliori sono la consonanza ed il gradimento, tanto più spesso, nel tempo, i segnali di massima pressione si corrispondono). Il criterio di sincronismo si riferisce a questi massimi (di pressione o di spostamento) dovuti alla vibrazione; massimi che definiscono gl’istanti in cui avvengono, delimitano il *periodo* (o il *semiperiodo* quando si accettano i massimi di entrambi i segni) della nota di tonica e della sua fondamentale (la prima e più bassa armonica della nota più bassa) della scala usata.

Tutta la scala è infatti riferita alla nota di base o di partenza o per rapporto intero (caso naturale) o quasi intero (caso temperato) di frequenza. La nota è da noi indicata convenzionalmente con “do” (notazione americana per indicare una nota qualsiasi). La tendenza ad una conferma sembra resa drammaticamente evidente dal fenomeno del *basso virtuale*; l’udito tende ad avere un riferimento che s’accordi (ovverosia si ponga *in relativo sincronismo*) con il resto dei suoni e nel fare questo sceglie il *suono più basso che possa assumere tale funzione (persino se oggettivamente inesistente)*. Il riferimento funge da “punto fisso”, da “regolarità voluta *non* intenzionalmente”.

Spesso in musica la regolarità è un “*ritmo*” che *si ripete* uguale. Si pensi al *ritmo* stesso insito nella natura del suono, essenzialmente *vibrazione ciclica* con periodo costante, alla *cadenza* musicale delle battute, alla *ripetizione* in forma di eco nelle melodie ed anche al contrappunto in cui diverse melodie *si ripetono* e s’inseguono l’una con l’altra, alla forma musicale che tende a *ripetere* i temi iniziali, alla struttura di un “accordo” in cui ogni nota ha una frequenza o microcadenza che è *ripetizione ritmica* (periodo di ripetizione della vibrazione) compatibile con quella delle altre (per es. 1 ogni 2 periodi oppure 1 ogni 3, o 3 ogni 2 e così via, secondo rapporti interi). Il ripetere è anche un ritrovare, un confermare.

A volte si sente dire che la musica delle scale, delle note, e degli accordi sarebbe fondata sul fenomeno delle armoniche fisiche. La corrispondenza – a dire il vero parziale – fra note della scala ed armoniche, è da considerare invece *casuale*: in realtà, è la *sensibilità umana* – come *modo di sentire* - che è da considerare come fattore fondamentale della creazione della *scala musicale*.

Un esperimento che ridimensiona la *pretesa importanza delle armoniche come fondamento delle scale musicali*, è stato fatto da Pierce (1987, p. 96) che ha sintetizzato elettronicamente delle “note” suddividendo una “ottava allargata” (in rapporto maggiore del 2:1 tipico dell’ottava normale) in otto parti: suonando un noto brano in questa nuova scala gli accordi e la musica erano irricognoscibili e del tutto sgradevoli. Questo significa che la scala naturale (molto ben approssimata da quella temperata), è importante perché è impostata su rapporti semplici naturalmente graditi all’udito. E’ ovvio che va chiarito il motivo di questo gradimento: secondo noi, il motivo è essenzialmente fondato sul *sincronismo con significato di conferma* degli eventi sonori, *sincronismo e significato che nella pseudo ottava non sono rispettati*.

E’ evidente che l’ipotesi del sincronismo fra gli venti massimali di due onde, richiede l’udito capace di azzerare la differenza fra le loro due fasi, pur essendo in grado di tenerne conto; questa sensibilità alla fase è dimostrata dall’abilità nello stabilire la posizione di una sorgente acustica grazie al confronto delle due vibrazioni sfasate, in arrivo alle due orecchie. In altre parole, l’udito è capace sia d’azzerare lo sfasamento, sia di tenere conto di che cosa ha dovuto fare per ottenerne un annullamento. E’ questa *operazione d’azzeramento* che un po’ paradossalmente fornisce lo *sfasamento*, valutandolo dall’entità dello sforzo, o lavoro, che bisogna esercitare per averlo come risultato. Da una parte s’azzerava la differenza di fase, dall’altra si prende nota di quanto *ritardo* si è dovuto introdurre su una almeno delle due onde per ottenere l’annullamento. Da una parte si sgombra il campo dalla fase per un certo tipo di compito mentre dall’altra parte invece se ne prende nota per eseguire un altro tipo di compito.

Questo procedimento è esperienza giornaliera p. es. nella visione. Da un lato l’occhio si sposta per fissare un oggetto, azzerando la posizione di esso rispetto all’asse ottico e portarlo così in condizioni normalizzate di lavoro. Tutti gli oggetti sono fissati in ugual modo, azzerando così ogni differenza di posizione rispetto all’asse. Dall’altro lato, è proprio l’entità dello spostamento che si è dovuto eseguire con l’occhio per ottenere l’azzeramento che fornisce la posizione dell’oggetto nello spazio mentale, integrandola con le posizioni di altri oggetti già fissati prima o di altri non ancora nel campo ma già attesi in altrettante posizioni.

Lo scostamento dal centro oculare è annullato ma si tiene conto di quanto spostamento è stato necessario per eseguire una mappa mentale. Così nella nostra casa abbiamo un’idea abbastanza chiara di dove si trovano le stanze e per ognuna di esse abbiamo una sorta di topografia degli oggetti che vi sono contenuti.

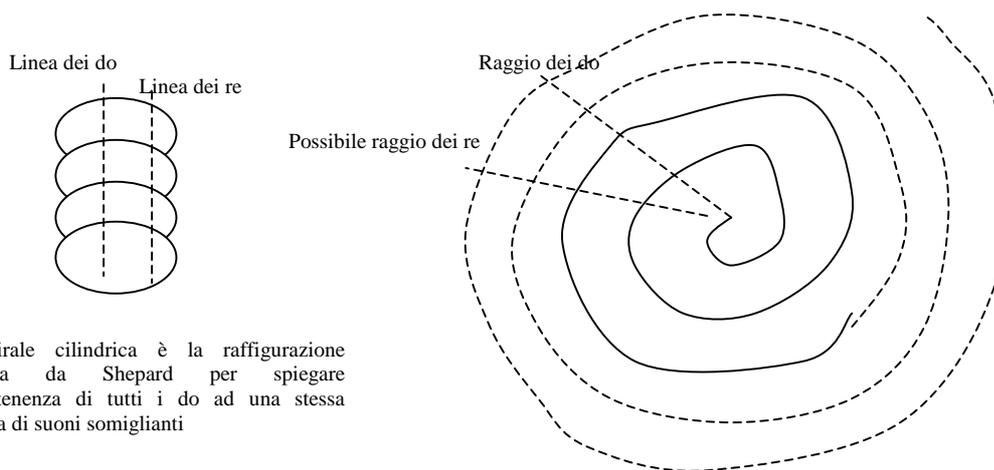
Nella scala con pseudo ottava allargata, il sincronismo degli eventi più significativi (i massimi di pressione) è impossibile poiché le onde non sono in semplici rapporti (neanche approssimativamente): la condizione di sincronismo non è rispettata e quindi i suoni non si confermano l'uno con l'altro, determinando così disarmonia e dissonanza che distrugge l'originario profondo *significato musicale*. Si parla infatti in letteratura di "parziali inarmoniche" (Frova, 1999).

Ciò che abbiamo appena affermato implica chiaramente una relazione fra sincronismo e gradimento, ossia *fra la sfera della cognizione e la sfera dell'emozione*. Che un legame possa esistere fra queste due sfere potremo dimostrarlo più avanti, parlando di due particolari effetti: l'*effetto stazione* e l'*effetto magnete*.

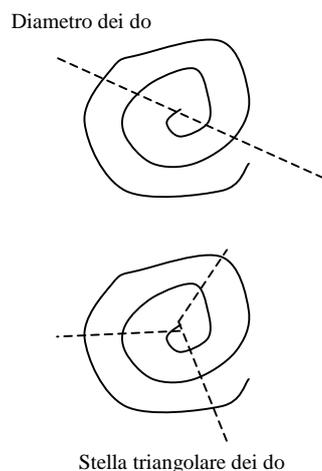
Noi pensiamo anche, insieme a Righini e Righini (1974), che *le armoniche non abbiano relazione*, se non casuale, con i fenomeni soggettivi che hanno portato allo *sviluppo storico di una qualunque scala musicale*.

In altre parole, se le armoniche non esistessero per natura su una corda vibrante o nei tubi sonori, bisognerebbe inventarle – magari usando più corde e più tubi contemporaneamente, uno per ogni "armonica" – per ottenere suoni ariosi e gradevoli. Così facendo, tuttavia, si utilizzerebbe il sincronismo indipendente dalla fase per suscitare nell'udito una *sensazione poetica di conferma* dovuta al *sovraporsi puntuale dei segnali elettrici fisiologici* (ottenuto con il ritardo opportuno di alcuni rispetto ad altri grazie a neuroni opportunamente dedicati) corrispondenti agli *eventi massimali di pressione* (prima nel mezzo aria e poi propagati nell'orecchio interno e infine segnalati ed elaborati nel cervello).

(3) Architettura spiraliforme dell'orecchio. Il basso fornisce un riferimento abbastanza lento perché tutti gli altri suoni possano ritrovarsi in esso. In altre parole in un periodo di durata 1, ne possiamo trovare 2, 3, 4, 5, .. di altri suoni più rapidi ossia *più acuti*, ed è questa regolarità – ad un tempo cognitiva e gradevole (dunque emotiva) oltre che somaticamente facilitata dall'*architettura anatomica spiraliforme dell'orecchio* stesso – che rende molto gradita la *musica artificiale*, ovvero ottenuta con strumenti e scale.



La spirale cilindrica è la raffigurazione proposta da Shepard per spiegare l'appartenenza di tutti i do ad una stessa famiglia di suoni somiglianti



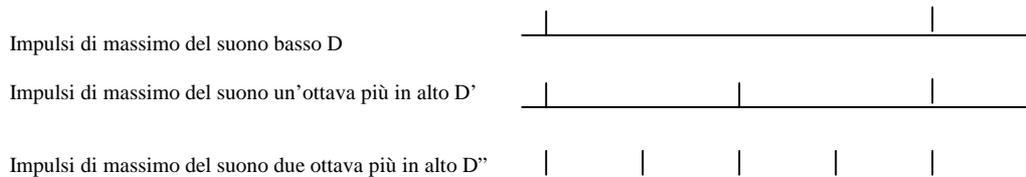
Noi proponiamo una spirale piana invece della cilindrica perché più vicina alla *forma della coclea*. Questa s'avvolge per due giri e mezzo. Nello schema qui raffigurato è aggiunto un proseguimento fittizio (in tratteggio) che s'avvolge per alcuni altri giri fittizi che però rappresentano un ulteriore possibile avvolgimento nelle fibre del nervo uditivo oppure nella corteccia di cui non abbiamo tuttavia trovato traccia in letteratura né nel senso di conferma né di smentita.

E' possibile che il nervo uditivo sia fatto in modo che l'*avvolgimento* prosegua sia nel nervo attorno a se stesso sia nella corteccia per facilitare la percezione della somiglianza d'ottava su più ottave: questo, nella supposizione che il *codice spaziale* che ne consegue sia utile per percepire sia il movimento melodico lungo la spirale, sia il riferimento armonico lungo un *raggio* della spirale piana. In alternativa, la geometria della coclea potrebbe essere sufficiente ammettendo che tutti i suoni somiglianti (differenti per una o più ottave) fossero raccolti in fasci di fibre che provengono da un *diametro* (oppure da una *stella triangolare*). Queste due ipotesi alternative sono schematizzate nelle figure a fianco.

L'ipotesi di una struttura anatomica spiraliforme anche nella corteccia e, precisamente, in un'area specializzata nell'apprezzamento dei rapporti armonici – primo fra tutti il rapporto d'ottava – ci sembra implicare una ricerca dei possibili neuroni implicati, naturalmente al di fuori di aree fonotopiche già note ma organizzate in altro modo. Per percepire la somiglianza d'ottava nella gamma dell'udibile occorrerebbero quasi dieci giri di spirale: è tuttavia vero che si valuta con difficoltà l'altezza di suoni molto acuti e di quelli molto bassi e dunque è possibile che sia sufficiente una spirale con un numero inferiore di spire, per esempio cinque o sei, un numero comunque superiore a quello delle spire evidenti nella coclea.

La struttura spiraliforme dell'orecchio interno si rivela così insufficiente ed è per questo che osiamo ipotizzare l'esistenza di una struttura a spirale nella corteccia forse non ancora evidenziata e comunque una diversa dall'area fonotopica già nota. Possiamo immaginare che poiché da ciascuna delle due membrane basilari si diparte - come si sa - il nervo uditivo, questi s'avvolga su se stesso alcune volte per sfociare nella corteccia con almeno sette (o otto) ottave, ciascuna contenente un certo numero di suoni per ottava.

Vari fenomeni - tra cui la somiglianza d'ottava, la fondamentale virtuale ed il basso virtuale - contribuiscono a dare evidenza che esiste una valutazione del *periodo* dei suoni analizzati come sinusoidali. In particolare, la somiglianza d'ottava può essere dovuta semplicemente al fatto che gl'impulsi di massimo (spike) del suono più acuto sono trovati corrispondenti, una volta su due, a quelli del suono più basso (questo per i suoni puri, cioè sinusoidali - come quelli del diapason). Lo schema che segue illustra questa osservazione.



n questo schema si suppone che i segnali debbano essere confrontati a parità di fase e che la somiglianza dei periodi non solo rende conto dell'esistenza di un rapporto intero 2:1 ma anche del possibile gradimento che vi è collegato e che ci pare dovuto alla ripetizione del segnale in uno stesso istante come un duplice accadimento che "suona conferma". Il confronto fra i periodi delle vibrazioni verrà sfruttato ed applicato più avanti. Qui ora notiamo che la somiglianza fra D e D' deve risultare maggiore e più stretta di quella fra D e D'' (dei tre suoni, D è il più basso) giacché il rapporto è di 4:1 anziché di 2:1 ovvero sia la coincidenza degli impulsi si attua solo una volta ogni quattro impulsi provenienti dal suono acuto.

Ci sembra ovvio obiettare che una vibrazione con rapporto 3:1 (sol) dovrebbe allora essere più somigliante di quella 4:1 ma così non è. La somiglianza allora non può essere dovuta soltanto al numero delle coincidenze in rapporto agli accadimenti che si succedono più lentamente (D) ma anche ad un nostro modo precostituito di percepire i predetti rapporti: più precisamente anche se due "do" si trovano a distanza di due ottave (quindi in rapporto 4:1) e un sol si trova a meno di due ottave (3:1) i due do si somigliano di più della coppia do sol perché probabilmente si corrispondono nella spirale uditiva di cui prima abbiamo parlato (e che per Shepard sembra essere una rappresentazione, mentre per noi è sostenuta da un dato anatomico - la coclea - che suggerisce la ricerca di un'altra spirale con più spire nella corteccia). Nei suoni non puri giocano le armoniche.

L'argomento qui presentato come spiegazione possibile della somiglianza (coincidenza e corrispondenza radiale sulla spirale) e gradimento (coincidenza intesa come conferma) implica la possibilità di confrontare i periodi azzerando la fase. Questa operazione non ci sembra essere una misura come l'intendiamo noi. Non dà luogo ad un codice numerico né nel cervello né nella mente ma può essere attuata mediante un confronto di eccitazioni in tempi determinati.

Questo confronto sembra dar adito ad un rendimento percettivo.

L'ipotesi di corrispondenza dei periodi è in parte analoga all'ipotesi di Galileo che tuttavia in primo luogo era intesa in senso meccanico (sul timpano) ed inoltre come sincronismo fra i periodi con trasferimento d'energia da una vibrazione di un corpo (primo pendolo o sorgente) a quella di un altro (secondo pendolo o timpano)

Con il termine "*musica naturale*" intendiamo quella musica che tutti noi possiamo ascoltare facilmente a volte in natura - il battito cardiaco, il riso, il pianto, il rumore del vento, del mare, di una cascata e così via. In tutti questi suoni si può ritrovare un misto di regolarità e di irregolarità. Anche il rumore di una cascata può subire un'analisi delle frequenze da parte dell'orecchio, così come un suono "puro" - sinusoidale - il quale, dovendo iniziare e finire, non è "infinitamente durevole", come richiederebbe la teoria matematica per essere considerato perfettamente "sinusoidale". Pertanto subisce la compresenza di infinite altre sinusoidi che s'affievoliscono e tendono a scomparire col il trascorrere del tempo e tuttavia formando corposità e timbro a tutto il suono grazie al suo proprio modo di evolversi in maniera caratteristica - dando vita al passaggio dalla fase di transitorio, fase d'attacco o *consonantica*, alla fase stabile o *vocalica*. I rumori naturali tendono a rimanere nel vago perché, continuamente cangianti e ricchi d'armoniche, non si stabilizzano su frequenze multiple della fondamentale come invece tende spesso ad accadere per la musica artificiale. Così mentre la musica naturale è ricca di un fascino imprevedibile e arcano, quella artificiale colpisce per la sua essenza che appare al confronto più ordinata ed evocatrice.

(4) **Musica atonale.** I tentativi di creare una musica atonale valendosi della scala temperata ci sembrano destinati all'insuccesso perché questa scala rievoca – nella discontinuità delle note - quella naturale e questa a sua volta evoca una conferma, un ripetersi del periodo base, persino quando non c'è, vale a dire quando è virtuale, fisicamente assente. Evitare qualsiasi riferimento, qualsiasi tipo di conferma sembra implicare addirittura una perdita di senso musicale (Frova p. 193).

(5) **Fase consonantica e fase vocalica del suono.** La musica tonale è già anche atonale – vale a dire ha una parte atonale - quando usa le percussioni *non* accordate o quando usa note *brevi* il cui *transitorio d'attacco* implica la compresenza di frequenze non previste e del tutto *fuori dalla scala adoperata*. E' la *fase consonantica* del suono che, come rumore, momentaneamente non avendo un suono di riferimento, appare atonale: la *fase vocalica* subentra o inizia a prevalere mantenendo costante nel tempo l'emissione vibratoria ed evolve verso il tonale, sempre più come suono e sempre meno come rumore.

(6) **Musica atonale e ritmo.** La musica atonale con sole percussioni o con strumentazione elettronica che permetta escursioni continue e non solo discrete come la musica in scala, potrebbe uscire nettamente dalla tonalità ma in questo caso si priverebbe del senso di conferma che la musica tonale può dare molto più facilmente. Più in generale, il senso di conferma evitato dalla musica atonale ha come conseguenza non solo il fuggire dalla tonalità ma anche dal ritmo considerato troppo costantemente uguale perché ciò che vuole evitare è ogni tipo di conferma, anche quello implicito nella prevedibilità insita nella ripetizione regolare (cioè sempre con uguale ritmo).

(7) **Conferma nella tonalità. Conferma paradossale in ambiente atonale.** Il criterio della conferma è valido anche per la musica atonale, sia pure realizzato in maniera diversa. Mentre infatti nella musica tonale la *conferma* si ha nella *costanza del ritmo*, nel *riferimento alla tonica*, nel *ritorno finale al prima parte nella forma musicale di tipo ABA*, nella musica atonale la conferma è ugualmente ricercata nel ritorno alla consonanza *c* che elimina la tensione temporanea determinata dalla dissonanza *d* secondo la formula *cdc*. Sembra esistere una *necessità psicologica per un riferimento più generale* che non investe soltanto la tendenza ad un basso cui riferirsi. Al contrario investe persino le vicissitudini della consonanza e della dissonanza, della forma musicale, del ritmo e così via. Paradossalmente, l'aspetto distruttivo di certa musica atonale, evoca la mancanza di senso della società moderna e la sua tendenza all'autodistruzione: in questo senso, la musica atonale suona da "conferma" della società che esprime e che l'ha espressa dal suo seno.

(8) **Musicoterapia ed impianto confermante.** La *musicoterapia*, spesso praticata con composizioni classiche settecentesche di struttura relativamente semplice e ritmata con regolarità, è basata su un *impianto confermante* che tende a dare equilibrio e serenità proprio per la ripetitività del suono basso di riferimento o "tono" per antonomasia, cioè grazie alla *tonalità*.

(9) **Basso insistente.** Il basso di "pedale" in uso per es. nelle zampogne, nelle cornamuse ed in talune composizioni musicali, fornisce un suono di riferimento che di solito è scelto opportunamente grave.

(10) **Somiglianza d'ottava.** La *somiglianza d'ottava* può essere vista come una tendenza a vivere il sincronismo come evento rassicurante, gradevole e *confermante*. E' basata oggettivamente sulla sincronia degli eventi caratteristici della vibrazione, in questo caso gli istanti di massimo trasferimento dell'energia trasportata dall'onda acustica alle cellule ciliate, eventi che si corrispondono una volta su due (l'intervallo d'ottava fra due suoni corrisponde al rapporto 2:1 fra le rispettive frequenze). Una conferma che diffondendosi nel Sé, nel suonare come tale può suonare come affermazione del Sé.

(11) **Consonanza e dissonanza.** La *consonanza* è un fenomeno che testimonia anche esso la tendenza ed il gradimento di una conferma. Nel semitono il sincronismo degli eventi significativi sfugge; al contrario della consonanza si ha un "non suona conferma" per il sistema percettivo che così rende la *dissonanza* un poco sgradevole esteticamente, coerentemente ad una *situazione di non conferma*. La dissonanza è infatti dovuta a due frequenze diverse che non si trovano immediatamente "d'accordo". Questo ed il fenomeno dell'attribuzione, sono ben illustrati dalla dissonanza teoricamente presente ma di fatto non riconosciuta come tale dall'udito nel corso di un brano in contrappunto. Se due voci entrano in dissonanza, benché oggettivamente le frequenze siano tali da darvi luogo, non danno tuttavia lo sgradevole stridore che ci si aspetterebbe, giacché l'udito è impegnato nel seguire le due diverse melodie, una per ciascuna voce, e *non attribuisce* i due suoni ad un intervallo dissonante in senso disarmonico, bensì a due linee melodiche diverse. Questo fenomeno è spesso udibile e ben verificabile nei *contrappunti* di Bach. Il concetto di dissonanza è dunque relativo dipendendo dalla situazione in cui si presenta: non è strettamente definibile unicamente con parametri fisici i quali hanno valori soltanto se si specificano chiaramente le condizioni di misura e di definizione. La banda critica entro cui si verifica la dissonanza è definita quindi solo nelle condizioni specificate in cui si sono eseguite le misurazioni (e non in qualsiasi condizione).

(12) **Affermazione finale della tonica.** I musicisti chiamano a volte "*affermazione della tonica*" l'*accordo finale* del brano. Questo accordo finale – nella musica detta "tonale" - è quello della "*tonica*", vale a dire l'accordo basato sul tono di riferimento che non di rado si trova all'*inizio* del brano e si ritrova ancora alla *fine* nella nota più bassa (eventualmente rafforzata da un'altra di uguale nome in un'ottava più alta), giusto quella la cui vibrazione è più lenta.

Notiamo che questa affermazione finale non rimane confinata nell'ascolto e neanche entro il dominio musicale ma s'espande nella mente cercando possibili risonanze e tende a diventare un'affermazione di ciascuna e di

tutte le parti del Sé. In questo senso le ripetizioni, le conferme, le affermazioni musicali e non, possono essere terapeutiche.

A 200 Hz, circa un'ottava più in basso del la centrale a 440 Hz, il periodo è di 5 msec. A 2000 Hz, nella zona degli acuti, sarebbe un decimo, vale a dire soltanto 0,5 msec.

A 20 Hz, al limite inferiore della gamma dell'udibile, il periodo è di ben 50 millisecondi, valore che Stroud (1955) indica come uno dei possibili valori per il quantum di tempo psicologico, spesso tuttavia valutato intorno a 100 msec ma indicato secondo una molteplicità di valori in alcuni recenti lavori (Geissler, 1992).

A fronte di una così ricca messe accumulata di fenomeni e dati sperimentali che costituiscono evidenza a favore, la nostra opinione è che la tanto sbandierata unità di mente e corpo cessa di sembrare un atteggiamento meramente filosofico o di moda superficiale di principio per la comunità scientifica ed assurge alla dignità di un fenomeno osservato che attende d'essere esplorato sempre più estesamente ed in profondità.

Ne abbiamo ulteriore prova sperimentale esaminando due fenomeni che esulano dal dominio musicale e dimostrano almeno empiricamente che anche una negazione – così come una conferma – può espandersi dalla cognizione all'emotività ed al soma, in breve e verosimilmente, in ogni parte o fibra della totalità del Sé senza riguardo per la nostra inconsapevolezza e per la forzata ignoranza di alcuni aspetti noi stessi.

Sincronismo come conferma. Effetti speciali.

Abbiamo detto che il sincronismo e la consonanza sono percepiti come gradevoli conferme. Secondo noi si tratta di un principio generale che può essere ritrovato in svariate esperienze della vita quotidiana e non solo nella musica. Ne menzioniamo due. Chiameremo il primo "*effetto stazione*" ed il secondo "*effetto magnete*".

I° **Effetto Treno.** Il primo accade alla stazione, quando osserviamo *un treno che sta partendo accanto al nostro*. Quando il treno non si vede più, all'improvviso ci rendiamo conto che non è partito ma che è stato il nostro treno a partire. In quel momento passiamo bruscamente da una situazione di percezione acquisita e riposante in cui l'altro treno "parte" ed il nostro sta "fermo", ad un'altra situazione inattesa nella quale è invece l'altro treno a stare "fermo" mentre il nostro "è in moto". In quel momento i due fatti contrastanti si trovano per un istante per così dire a contatto e *l'uno toglie conferma all'altro*: nel dubbio dell'istante non sappiamo bene dove posare il piede della nostra sicurezza ed è proprio allora che avvertiamo un senso di disagio, come un malessere, quasi una perdita d'equilibrio, non di rado accompagnata da un vago senso di nausea o di vertigine. Altre volte, non riusciamo a capire quale dei due treni sia fermo e quale in moto, ed anche in questo caso si provano i medesimi sintomi di disagio, anche più parcati se la situazione si prolunga. La *non conferma* porta dunque a questo. La situazione, che si direbbe originariamente *cognitiva*, sfocia ed implica una situazione che di fatto è pure *emotiva ed anche somatica, giacché i sintomi sono somatici* in una specie di zona franca dove le tre diverse sfere – cognitiva, emotiva e somatica – sono o sembrano chiaramente confinanti. Naturalmente possiamo notare che appena si può realizzare con sicurezza quale dei due treni è fermo e quale invece in movimento, all'istante tutti i sintomi di disagio, d'incertezza, di malessere scemano e scompaiono; s'avverte come un senso di liberazione, di benessere e di sollievo.

II° **Effetto Magnete.** Il secondo si ha quando teniamo *due forti magneti a ferro di cavallo*, ben stretti fra le mani e tentiamo d'avvicinarli l'uno all'altro affacciando fra loro i poli omonimi che si respingono. Se i magneti sono abbastanza forti, non riusciamo ad avvicinarli fino a farli combaciare ed il tentativo fallisce poiché i due magneti si respingono con forza. L'interpretazione o il significato che si può dare è che *l'uno toglie conferma all'altro* ed entrambi contrastano i nostri tentativi d'accostamento. Inoltre l'avvicinamento e l'allontanamento continuano ad alternarsi contraddicendosi a vicenda. Di conseguenza l'esperienza non è gradita e tutti i soggetti cui abbiamo proposto la prova, sono giunti a manifestare visibilmente nelle labbra e nella bocca il rifiuto con mosse accentuate di *disgusto*. Anche qui ci troviamo di fronte ad un'*emozione* (disagio, diniego) espressa chiaramente anche per via *somatica* (una sorta di nausea) e nel contempo di fastidiosa incertezza *cognitiva* e di disagio nell'*attività motoria* (sia facciali, sia nel tentativo fallito d'accostare i due magneti).

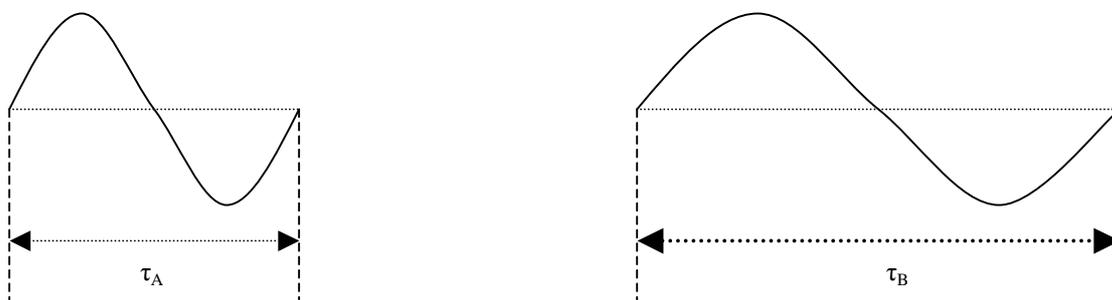
Tutto ciò scompare quando giriamo uno dei due magneti in modo che s'attraggano e si tocchino saldamente uniti l'uno all'altro confermando il nostro gesto ed il nostro essere espresso nell'atto intenzionale.

Cognizione, emotività, somatizzazione. Ascolto attivo.

Esistono dunque *almeno due casi distinti* – l'effetto *stazione* e l'effetto *magneti* - in cui l'individuo si trova su un ponte singolare che sembra fungere da collegamento fra *cognizione, emotività e somatizzazione* che implica un'attività, volontaria o involontaria, di manifestazione corporea. Attività delle mani nell'effetto magnete, attività di tendenziale ripudio somatico (smorfie, conati, cambiamento del colorito ed altro) in entrambi gli effetti.

E' comprensibile che l'effetto musicoterapeutico derivi o sia accompagnato allora dall'incontro possibile di cognizione, emotività e somatizzazione durante l'attività musicale interna (movimenti immaginari in una specie di danza mentale) o esterna (p. es. il battito del piede). Attività musicale anche più coinvolgente se s'esegue la musica con uno strumento e ancor più se la si sta improvvisando in relazione alla persona e ai bisogni che va manifestando gestualmente.

Notiamo che, in realtà, anche l'*ascolto è attivo*. L'ascoltatore valuta la musica tornando indietro, mantenendo, anticipando, ponendo in rilievo o oscurando una parte del materiale sonoro o persino immaginando occasionali variazioni e strascichi sonori. Come si è accennato, ancora più attivi sono da considerare l'esecutore e specialmente il compositore che può allacciarsi alla persona, improvvisando.



La figura illustra il suono più acuto che, supposto sinusoidale nel tempo, ha un periodo τ_A minore di quello τ_B del suono grave a più bassa frequenza.

Tornando alla vibrazione di *più bassa* frequenza che appare di tanta importanza nella musica, abbiamo osservato che non solo è soggettivamente *più bassa, ma anche la più lenta* oggettivamente, nel senso che il suo periodo (reale o virtuale) è maggiore di quello che si ha nei suoni relativamente più acuti (ovvero perfino rispetto al suono che in quel momento sembra fungere da “basso” reale).

Ora notiamo anche che, a ragione del periodo più lungo, questa vibrazione necessita di un tempo τ maggiore di quelli dei più acuti per essere percepita alla giusta altezza (oggettiva o virtuale). Di conseguenza essa va necessariamente “tenuta”, più degli acuti, per essere riconosciuta, ossia “udita” alla sua propria altezza e quindi siamo portati a ritenere che per questa ragione assurda ad un ruolo di base e funga da riferimento preferito.

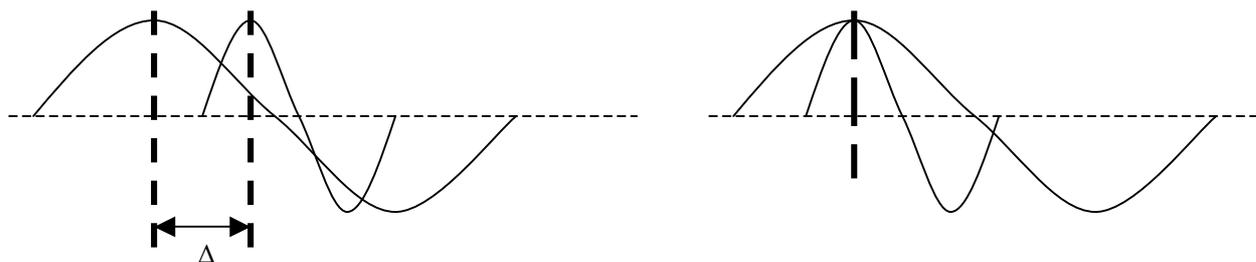
E' vero che i tempi in gioco dovrebbero aggirarsi intorno ad alcune decine di msec (tenuto conto anche di altre valutazioni come quelle di volume e di timbro) mentre invece la voce normalmente “tiene” per alcuni secondi: si ha quindi un diverso ordine di grandezza nei due fenomeni, per così dire uno microscopico e l'altro macroscopico.

Occorre tuttavia considerare che una volta che il senso dell'udito si sia fisiologicamente organizzato sul basso come riferimento, sarebbe antieconomico cambiare il tipo d'organizzazione; ciò anche perché occorre tenere conto di altre valutazioni oltre quelle d'altezza, d'intensità e di timbro, per es. d'espressione poetica, valutazione che non è bene sia compromessa da altri impegni distraenti che sarebbero controproducenti ai fini del raggiungimento dell'estasi artistica.

Ciò tuttavia non significa che l'udito non sia capace di assumere come riferimento i suoni acuti, anziché quelli bassi: molti brani funzionano bene nonostante l'inversione di ruolo che consiste nel tenere fermi alcuni suoni o accordi realizzati nel registro acuto mentre invece si varia – in alcuni casi melodicamente – il basso (cospicui esempi si hanno nella letteratura musicale).

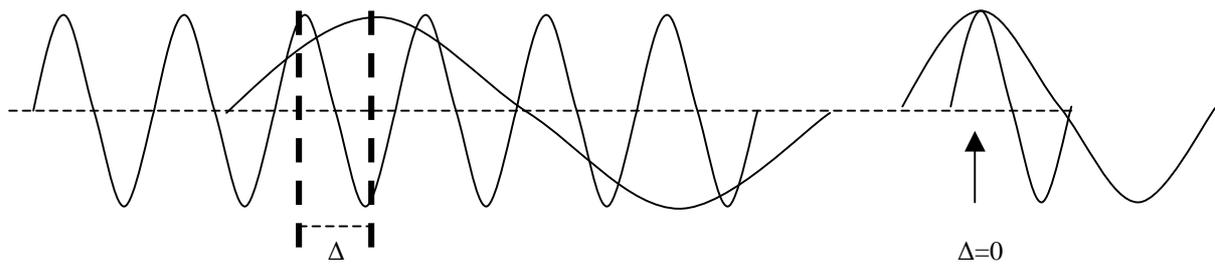
In ogni caso, la preferenza per l'assunzione del riferimento è concessa al basso che risulta così “tenuto”.

Ciò è testimoniato da un indizio linguistico: è infatti “*tenore*” il nome dato al cantante che “*tiene*” la nota bassa. Una voce ancora più bassa è quella del “basso” che tuttavia non è sempre usata quanto la voce tenorile che è anche – insieme a quella femminile “soprano” – la voce maschile più nota.



Sfasamento inutile per il confronto dei periodi

Azzeramento della fase. Utile per il confronto dei periodi



Sfasamento fra due massimi. Spostare orizzontalmente nel tempo l'onda più frequente appare meno gravoso del dovere spostare l'altra a periodo maggiore. Di conseguenza è verosimile e vantaggioso tenere l'onda più lenta come *riferimento* rispetto alla quale spostare – ritardandola – l'onda rapidamente vibrante. Questo sembra spiegare perché i suoni più bassi sono ritenuti più adatti a fare da riferimento e quindi anche perché l'udito preferisce i bassi per determinare l'atmosfera armonica nella musica.

L'azzeramento di fase comporta che il massimo di una delle due vibrazioni, sia ritardato abbastanza da farlo coincidere con quello dell'altra. Per realizzare ciò il sistema nervoso ha a disposizione i neuroni che possono fungere, abbastanza facilmente se comandati opportunamente, da dispositivi di ritardo dei segnali di massimo di una delle due onde.

Com'è naturale, nella percezione dell'altezza, l'udito non deve tenere conto della fase, vale a dire dello stato dell'onda nell'istante in cui se ne considera l'inizio. E' plausibile che tutte le vibrazioni siano confrontate a partire dalla pressione al suo valore massimo: è questo che è elettricamente segnalato – sia pure con un certo margine d'errore nel tempo - e il relativo segnale viaggia nel nervo uditivo.

Fenomeni virtuali.

La procedura per *non* tenere conto della fase sarà qui chiamata "*procedura d'azzeramento della fase*". Ci si può domandare quale possa essere la procedura seguita dal sistema nervoso per realizzare questo compito. Una è certamente quella di valutare i due periodi e attribuire le altezze ai due suoni separatamente e indipendentemente l'uno dall'altro.

Questa procedura è certo possibile ma non tiene conto del fenomeno delle *altezze inesistenti* sul piano fisico e per questo dette "*virtuali*". Un esempio è il noto fenomeno del *basso virtuale* per la realizzazione del quale è preferibile – come vedremo - mettere in fase le vibrazioni e poi confrontarne gli istanti in cui i loro stati peculiari si ripetono, istanti che sono giusto quelli relativi ai massimi (ed eventualmente ai minimi).

E' ovvio che il basso virtuale possa considerarsi un fenomeno del tutto soggettivo ma questo non sminuisce la sua importanza poiché è comune nella percezione uditiva umana. Pertanto è un fenomeno che deve essere indagato dalle scienze dell'uomo come la psicologia, la fisiologia, la musicologia, dovendo comunque essere considerato *oggettivamente presente nella specie umana*.

A questo proposito, cominciamo con l'osservare che fisicamente cresta e ventre di un'onda sono punti di massimo e minimo assoluti, ossia punti di massimo rispettivamente positivo e negativo. La considerazione di un "massimo negativo" al posto di un "minimo" è utile perché consente di trattarlo come un "massimo" - tenendo conto che le cellule ciliate possono o, in certe condizioni potrebbero, altrettanto bene essere sensibili a massimi e minimi di pressione, considerando entrambi gli spostamenti dalla posizione media di riposo. In pratica l'onda potrebbe così essere considerata teoricamente "raddrizzata" (si veda la figura). In ogni caso, sembra che a (150 ± 50) Hz si abbia un cambiamento di funzionamento. Secondo Pierce (p. 113), al di sotto di questo valore (sicuramente sotto 100 Hz) le cellule sensibili segnalano entrambi i massimi (positivo e negativo), mentre al di sopra (sicuramente oltre 200 Hz) segnalano solo uno dei due. Sotto 100 Hz, una successione d'impulsi dovuti ad aumenti bruschi di pressione darebbero la stessa sensazione d'altezza dovuta ad impulsi alternativamente positivi e negativi. Non è ben chiaro cosa si debba intendere con ciò. In ogni caso, lo scopo evolutivo ci parrebbe utile se fosse quello di segnalare più in fretta gli impulsi di massimo quando il periodo è troppo lungo. Questa strategia consente infatti di dimezzare i tempi di percezione p. es. dai 50 msec necessari a 20 Hz a soli 25 msec.

Senso interno del tempo. Modalizzazione.

L'azzeramento di fase, per la vibrazione a periodo più breve, appare meno impegnativo di quello della vibrazione a periodo più lungo giacché richiede un spazio minore nell'ipotetico serbatoio di memoria, necessario a trattenere e ritardare i relativi dati, sfasandoli per un opportuno confronto. Sembra più facile aggiustare la fase, ossia spostare orizzontalmente nel tempo, l'onda più frequente (suono più acuto) giacché il suo periodo dura di meno piuttosto che l'onda a periodo più lungo (suono più grave che, così "tenuto" come è, fa da riferimento e dunque si deve operare in modo da poterlo considerare convenzionalmente "fermo").

A questa considerazione se n'aggiunge un'altra.

Ogni onda è codificata da un segnale emesso da una cellula ciliata in corrispondenza al massimo di cresta e ciò indipendentemente dall'ampiezza (segnalata da qualche altre cellule espressamente incaricate di dare un segnale d'ampiezza). Di conseguenza non è necessario memorizzare tutta l'onda ma basta memorizzarne l'accadimento.

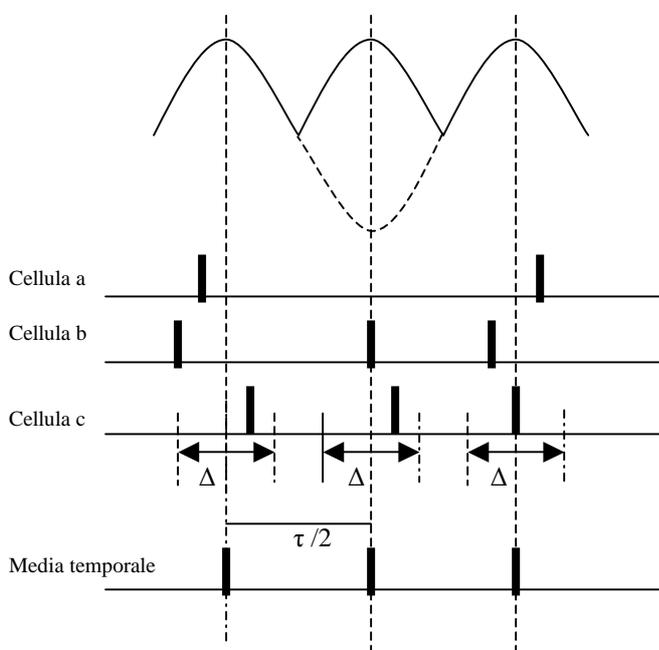
Il confronto fra onde lente e rapide è compiuto nel tempo ed è a questo punto che ci sembra lecito ipotizzare un *sensu interno del tempo* (Fraisse, 1967; Husserl, 1992). Generalizzando, siamo spinti altresì ad ammettere come formalmente valida l'ipotesi di altri sensi interni di cui la saggezza linguistica delle genti ha da tempo riconosciuto la possibile esistenza con locuzioni finora sembrate poetiche come il "senso della bellezza", "senso dell'ospitalità", "senso del ritmo" e così via.

Il confronto fra le onde nel modo suddetto (violetto azzerando lo sfasamento), è ricondotto al confronto degli istanti relativi agli eventi di massimo.

Sappiamo che la differenza di fase può essere utile per determinare la direzione di provenienza del suono: un dato vitale poiché da esso può dipendere la sopravvivenza del soggetto in caso di pericolo. Dobbiamo quindi ammettere che l'orecchio ha vari *modi* di funzionamento. In uno di questi, molto probabilmente azzerando la fase mentre in un altro modo a sua disposizione ne potrebbe invece tenere conto (p. es. per determinare la posizione della sorgente), a seconda di che cosa vuole ottenere e di come è in quel momento "*modalizzata*" la sua *attenzione specifica*.

Questo termine trae origine dal fatto che, come ognuno di noi sa, si può andare in bicicletta e contemporaneamente fischiare, oppure leggere e tenere d'occhio la finestra per vedere se passa qualcuno di cui siamo in attesa...

Possiamo anche guardare un oggetto con l'asse ottico diretto su di esso e, al tempo stesso, controllare se perifericamente ci sia qualche oggetto che si muove. In altre parole possiamo dedicare attenzione a *varie modalità contemporaneamente*: ciò significa da un lato che l'attenzione può essere modalizzata e, dall'altro, che l'attenzione può presentarsi in *modalità specifiche* ugualmente funzionanti, sebbene ve ne possa essere una più generale con ruolo centrale quando sia richiesto il massimo della "concentrazione" ovvero il massimo di attività e delle risorse disponibili nel "centro" attentivo che è quello consapevole.



L'onda di pressione ha creste e ventri, vale a dire massimi sia positivi sia negativi (in tratteggio). L'energia dipende dal quadrato della variazione di pressione, è quindi un'onda di segno mai negativo (per basse frequenze).

I massimi relativi all'energia corrispondono quindi ai massimi sia positivi sia negativi dell'onda di pressione che funziona come se fosse tutta positiva (o nulla).

Sono rappresentati i segnali inviati da tre cellule ciliate, ora in lieve anticipo, o ritardo, comunque compresi in una gamma di "errore" medio Δ .

Statisticamente la media temporale di tutti questi segnali è molto probabile sia prossima al valore esatto corrispondente all'istante in cui si ha il massimo dell'onda (riga orizzontale più in basso). Maggiore è il numero delle cellule implicate, verosimilmente migliore sarà la media.

Al di sotto di $(150 \pm 50 \text{ Hz})$ il periodo è valutato dal semiperiodo $\tau/2$ che è il lasso di tempo intercorrente fra due massimi come in figura.

L'azzeramento di fase per i punti di massimo è la procedura più probabile per confrontare i periodi, dato che le cellule otosensibili segnalano i massimi (creste).

Esistono dunque due modi di segnalare il periodo: uno rilevando i massimi ed i minimi (ventri) raddrizzati (per periodi molto lunghi), l'altro solo i massimi (periodi brevi degli acuti)

Il discorso qui si farebbe più complesso ed apre uno spiraglio da cui ci si potrebbe addentrare nella *psicologia dell'attenzione* normali sui possibili significati del termine *coscienza* (Denes e Pizzamiglio, 1996) oltre che sul *funzionamento sensoriale*.

Tornando al nostro argomento, è ragionevole ammettere che l'udito sia sensibile alla fase, ove e quando ciò possa essere utile. Nell'azzeramento di fase l'inizio del periodo τ_A viene presumibilmente spostato in maniera da coincidere con l'inizio di τ_B (come da figura).

Vediamo se la manipolazione della fase della vibrazione del grave può richiedere un magazzino di memoria più esteso.

Per la valutazione dell'altezza è necessario e sufficiente tenere conto semplicemente dei punti di massimo e *non* dei dati relativi a tutta l'onda. Da questo punto di vista sia un'onda di periodo breve sia una più lunga richiederebbero un uguale impegno della memoria, salvo il numero dei massimi da segnalare.

A questo riguardo, in un lasso di tempo uguale al periodo dell'onda più lenta, un basso a 200 Hz ed una vibrazione acuta più rapida a 2000 Hz avrebbero bisogno di un solo posto e, rispettivamente, di 10 posti di memoria per segnalare i rispettivi massimi.

La memoria è certo necessaria per rendere disponibili in un momento successivo i dati – altrimenti istantanei e non più disponibili perché effimeri - relativi all'onda. Sembra tuttavia che i massimi di pressione non siano tutti sempre segnalati da una singola cellula ciliata che a volte ne omette qualcuno e che inoltre invia l'eventuale segnale di massimo non esattamente nell'istante in cui si verifica, ma in leggero anticipo o in lieve ritardo con errore massimo Δ .

Ci sembrerebbe tuttavia singolare che un organo così altamente specializzato e sofisticato come l'orecchio possa essere soggetto ad errori. E' più verosimile che la funzione della variazione Δ della posizione del segnale abbia lo scopo di variare il periodo della vibrazione intorno al suo valore "vero" per potere operare un paragone con periodi simili in modo da giungere ad attribuire ad ambedue un valore comune.

Questa possibilità ci sembra suggerita dall'astuzia degli accordatori di pianoforti i quali lasciano lievemente fuori unisono le tre – o le due – corde dello strumento in modo da arricchire il suono degli acuti (i suoni gravi hanno una sola corda, sia per ragioni d'intensità – sono sufficienti perché più grosse – sia per ragioni di ricchezza timbrica – hanno un corredo d'armoniche più numeroso). Se più corde fossero accordate esattamente alla stessa frequenza, avrebbero uguali armoniche. In caso contrario hanno armoniche lievemente diverse e così il suono è più ricco. L'udito non sente due frequenze diverse, ma ne *attribuisce una sola* alla vibrazione complessiva, probabilmente perché ha la possibilità di assimilare i due periodi l'uno all'altro forse grazie al meccanismo dovuto alla presenza del Δ . (E' il caso del semitono D-D#, ovvero M-F, ...)

Quando la differenza fra le frequenze è troppo grande per fare intervenire il meccanismo suddetto, si ha una situazione d'incertezza fra le due, analogamente a ciò che accade fra i due treni dell'effetto treno ed alle due posizioni, lontano o vicino, nell'effetto magnete.

Analogamente a ciò che accade fra i due treni dell'effetto treno ed alle due posizioni, lontano o vicino, nell'effetto magnete. Analoga situazione d'incertezza può verificarsi fra le armoniche di due suoni non vicini, vale a dire fra i periodi o loro multipli delle armoniche.

Diverse cellule vicine s'attivano comunque al sopraggiungere della sollecitazione e tutte insieme contribuiscono nel determinare un insieme di segnali che statisticamente è *centrato intorno all'istante di massimo* (Frova, p. 112). Di conseguenza non è tanto importante il segnale della singola cellula quanto la media temporale dei segnali di un gruppo di cellule. La centratura è comunque resa possibile soltanto da una memoria attiva in grado di ritardare i segnali precedenti e di farli convergere attorno ad una media per l'esecuzione della quale può essere di vantaggio escogitare un progetto emulatore con un'elettronica vicina il più possibile a quella dei neuroni, come un laboratorio con cui sperimentare e comprendere il funzionamento di questi ultimi.

Analisi discreta e integrazione mentale.

L'altezza è attribuita in base alla media temporale dei segnali per ciascun massimo, poi valutando il lasso di tempo che bisogna attendere per ritrovarsi nella medesima precedente situazione come quella già avvenuta. Se ciò che si valuta è il semiperiodo piuttosto che il periodo allora l'onda è rilevata grazie al suo massimo relativo piuttosto che assoluto.

Questo fatto non influisce sulla valutazione ma la rende più rapida in ogni caso perché evidentemente si fa prima a valutare la durata di una sola metà anziché di un intero periodo dell'onda di pressione. Al contrario, quando è rilevato solo il massimo assoluto (quello di un solo segno), allora si valuta il periodo.

Il riferimento alla metà dell'onda non comporta un'applicazione del *teorema di Nyquist* che vale solo quando un'oscillazione è confrontata con una *frequenza di campionamento fissa*. Le condizioni in cui qui ci troviamo sono del tutto diverse perché i segnali non sono campionati: viceversa sono i ricettori ad essere fatti in modo tale da dare automaticamente un segnale in corrispondenza al punto caratteristico costituito dalla presenza del massimo il cui rilevamento è dunque garantito – fatto salvo che rimane da comprendere perché a volte di un massimo dell'onda è omessa la segnalazione: a questo proposito possiamo notare che nel momento in cui un massimo è perso, è segnalata un'onda virtuale di periodo doppio e quindi una frequenza più bassa di un'ottava che non esiste sul piano fisico e ciò ci sembra di un certo interesse.

In una valutazione del periodo T (e, in maniera equivalente, della frequenza f , essendo $T=1/f$), l'intensità (purché non nulla) e la forma dell'onda non contano tanto quanto invece la frequenza d'accadimento del massimo. L'orecchio interno è capace di compiere un'analisi in frequenza ma bisogna tenere presente che questa *analisi*, per quanto finissima possa essere, è sempre *discreta* essendo *limitato il numero delle cellule implicate e non infinito*.

Questa considerazione vale anche, naturalmente, per il numero di cellule disponibili nella massa cerebrale. Di conseguenza è proponibile che occorra considerare un *intervento integratore mentale*, analogamente a ciò che avviene per la coscienza nei confronti delle qualità di cui si nutre, ossia per i suoi *modi* di essere, comunque fra loro *non omogenei ed irriducibili* alla dimensione della *materia discreta* che sembra fare da supporto.

Modi di sentire e di essere vissuti come lo spazio, il tempo, la massa, sono incomunicabili e tuttavia hanno potuto costituire le grandezze fondamentali e fondanti della fisica. Che siano *costituzioni mentali complesse* può essere visto in vari fenomeni soggettivi che accadono nei tempi brevi; gli stessi che hanno portato anche a postulare l'esistenza di un quantum di tempo psicologico (Kristofferson, 1984; Incarbone, 1994; Stroud, 1949).

Dopo aver sancito il principio d'indeterminazione di Heisenberg del secolo scorso, persino la fisica accetta l'influenza ineliminabile dell'osservatore – corredato dei suoi strumenti di misura - sull'osservato.

Attribuzione, creatività e psicopoiesi.

Quello del basso è un riferimento spesso *inesistente* nella realtà fisica, e che tuttavia viene ugualmente percepito, *attribuito* alla sonorità complessiva, anche quando la vibrazione corrispondente è assente, purché siano presenti le armoniche che fungono da indizi per l'udito che è straordinariamente capace di ricavarlo e di percepirlo, *creandolo*.

In linea di principio è dunque utile una psicologia della creatività o psicopoiesi che tenga conto della creatività, come si manifesta nella percezione stessa che assume la veste di un insieme di processi attivi e non passivi come si ammetteva nella vecchia filosofia tradizionale.

L'attribuzione della nota di riferimento è suggerita alla mente dalla successione melodica delle note, o dal loro insieme (non importa l'ordine) sia come note ricordate (già udite in melodia ed ora compresenti nell'istante attuale) o come note presenti in un eventuale "accordo".

Ancora, accade qualcosa del genere quando di un insieme di note si coglie in quella più bassa (reale o virtuale!) la nota con cui creiamo un clima armonico, un'atmosfera di sottofondo.

Ancora se ne ha una dimostrazione sperimentale grazie alla sirena di Seebeck, quando in un corredo di armoniche è assente la fondamentale che invece è ugualmente percepita in maniera "virtuale". Così se le armoniche sono quelle di ordine 2, 3, 4, 5, ... è percepita ugualmente la fondamentale di ordine 1 (vale a dire la "prima armonica"). Se, al contrario, le armoniche presenti sono di ordine 2, 4, 6, 8, ... allora la fondamentale percepita è quella di ordine 2 (perché tutte le altre sono multiple di 2 e quindi fungono da armoniche di ordine 1, 2, 3, 4, ... rispetto alla 2!).

Un brusco passaggio d'attribuzione si verifica anche quando due suoni s'avvicinano sempre più in altezza. Per es., tenendo fisso uno dei due e lasciando scivolare l'altro, come in un glissando, il bicordo comincia a stridere alla distanza di un tono (D-R), ed ancor più alla distanza di un semitono (D-D#); improvvisamente, quando ancora non si è giunti all'unisono ma la distanza è opportunamente minore di un semitono, si ha la consonanza fino a quella soggettivamente perfetta dell'unisono che è comunque **raggiunta prima della coincidenza oggettivamente esatta delle due frequenze** di vibrazione. E' come se il cervello volesse intendere il suono che "gli sembra più giusto" perché "manca poco al rapporto esatto". In questo notevole fenomeno soggettivo, la **consonanza è attribuita essendo fisicamente imperfetta**.

Possiamo vedere l'applicazione di un funzionamento a priori (non importa se lo spazio musicale delle frequenze non era contemplato da Kant: i sensi che ci collegano con l'esterno sono tuttavia considerati nella filosofia di Husserl).

Questo è un fatto che si ripete e che è sfruttato dagli accordatori di pianoforte quando ne approfittano per dare un'intonazione lievemente diversa alle due o tre corde di un tasto nella zona degli acuti. Tipo d'accordatura apprezzato poiché mentalmente non solo udiamo una nota comunque unica ben determinata, ma ne sentiamo il suono come più ricco, gradevole e vellutato, più espressivo.

Se non s'accetta l'intervento attivo del soggetto nell'apprezzare una certa sonorità come si potrà comprendere l'influenza complessa di ciò che il soggetto **attribuisce** più o meno consapevolmente o inconsapevolmente alla musica durante la musicoterapia?

La non perfetta coincidenza viene resa non nel modo "altezza" ma nel modo "timbro", cosa che ci fa pensare – ancora una volta - che la mente dispone di **modi diversi** che sceglie ed usa a seconda della situazione, mentre noi – con i nostri pregiudizi forse eccessivi – a volte ci affanniamo inutilmente a ricercare quale sia il modo "giusto", quasi che **questo dovesse essere unico**.

La **molteplicità dei modi** fa invece parte della **creatività** (a questo proposito si può consultare il sito www.psicopoiesi.it. **Psicopoiesi** sta per "Psicologia della Creatività").

Ad es., una "differenza" (a-b) può essere vista nel modo "somma" [a+(-b)]. Così il modo differenza ed il modo somma possono essere fatti alternare come in una figura di Rubin: e l'**alternanza dei modi** ci appare uno strumento cardine della creatività.

L'attribuzione di significato da parte della mente sembra onnipresente in musica (e non solo in musica), solo che nei manuali c'è la tendenza a chiamarla "effetto", "modo di funzionare del sistema percettivo", "particolare fenomeno ancora non spiegato", "osservato da X", oppure "in questa e questa altra condizione accade che...".

In realtà, il fenomeno non si spiega finché si rinuncia a priori all'idea - senza motivo se non ideologico e comunque filosofico - di un'attribuzione attiva mentre ci sembra invece che si accarezzi erroneamente l'idea di una **passiva corrispondenza** fra un dato oggettivo esterno e una proprietà dei neuroni o di una parte del sistema nervoso.

La tendenza è spesso di vedere la causa nel reale (o supposto ed immaginario) stimolo o nelle condizioni esterne, in qualcosa cioè di "oggettivo", "reale", senza a volte badare al fatto che è proprio questo "**esterno ad essere in realtà costruito**", "soggettivo", "interno", a cominciare dal suono stesso che non coincide affatto, ovviamente, con la vibrazione fisica. Dobbiamo, secondo noi, abituarci a considerare maggiormente la **concausa esterna** insieme ad un'altra **concausa**, quella **interna** che non va di pari passo con la prima: concausa interna il cui funzionamento si può riassumere chiaramente come "**attribuzione di significato**".

Se questa idea sarà stata accettata, allora si sarà fatto un primo grosso passo avanti verso la **comprensione della musica e della musicoterapia**. Si potranno risolvere così molti problemi fra i quali citiamo l'apparente conflitto fra la teoria fonotopica (attribuzione d'altezza, **subordinata al luogo, nell'organo** del Corti e nella corteccia) e la teoria della periodicità posta in rilievo dagli esperimenti di Seebeck con la sua sirena (attribuzione d'**altezza subordinata ad una possibile valutazione temporale del periodo T, anche se questo è strettamente legato alla frequenza f dalla relazione fisica $T=1/f$**).

Non ha senso, secondo noi, domandarsi "quale" sia quella giusta. In realtà, pensiamo invece che si tratti di **due modi diversi** che la **mente ha a disposizione per dare un significato** ai suoni e farli udire, cioè **renderli suoni in un rendimento percettivo**. Anche la curva involuppo dell'eccitazione cocleare da parte di una vibrazione di frequenza determinata, non è che uno dei mezzi di cui la mente si serve per attribuire un significato ad una stimolazione che altrimenti resterebbe non udibile poiché la risoluzione non può essere infinita, sia perché le cellule ciliate sono entità

discrete e non formano un insieme continuo, sia perché l'attacco del suono – anche se fosse sinusoidale - sarebbe necessariamente improvviso e per il teorema di Fourier questo si presenterebbe non come frequenza unica ma come una distribuzione di frequenze in una banda formante di cui l'udito riesce però a cogliere la parte centrale, ancorché virtuale ed a rappresentarla con un'**altezza unica, soggettiva**, che in qualche modo è un **effetto utile d'attribuzione**.

La capacità di dare un significato vario come si rivela in quello alternante in una figura "ambigua" di Rubin, secondo noi non è una curiosità né un solo divertente o banale fenomeno marginale senza importanza, ma è invece uno strumento essenziale della creatività di cui per lo più non ci rendiamo conto, tanto è comune e scontato.

La funzione d'attribuzione: applicazione alla fisiologia del SNC.

La funzione d'attribuzione potrebbe essere vista come puramente teorica o forse come psicologicamente dettata da un metodo introspettivo ormai superato e desueto o come una speculazione di carattere sostanzialmente filosofico.

Faremo vedere invece che l'ipotesi si presta a delle applicazioni, specialmente se vista nel quadro della teoria della sperimentazione attraverso macchine.

Si suppone che a ciò utilmente possono confluire conoscenze adatte alla verifica; in particolare, fisica, matematica, robotica, elettronica, informatica ed anche altri campi più vicini allo studio dell'uomo come psicologia, filosofia, arte, possono utilmente contribuire, e queste ultime anche per elaborare ipotesi utili ad orientare, stimolare ed indirizzare la ricerca.

In particolare, se la fisiologia avesse un'ipotesi di lavoro, potrebbe sapere meglio cosa cercare. In una relativa povertà o assenza d'ipotesi su un argomento specifico, la fisiologia potrebbe trovarsi nelle condizioni di lavorare alla cieca.

Come infatti abbiamo già detto, non si potrebbero distinguere i diversi compiti delle varie aree del cervello, in particolare della corteccia cerebrale, senza i commenti espliciti o impliciti di un soggetto che ne riferisca.

La funzione d'attribuzione è già nota in qualche modo. Nel dominio della musica alcuni ne parlano come "Percezione Categoriale" laddove siano impossibili percezioni di mezzo (Pierce, p. 209). Si percepisce "male" o "mele" ma non una parola con una vocale intermedia fra "a" ed "e".

Il termine "categoria" induce a pensare ad una classificazione; questa era l'esito di un processo che partiva dall'esperienza secondo il pensiero aristotelico che s'opponesse all'innatismo platonico secondo cui l'idea era innata.

Innatismo ed empirismo erano due concezioni che parevano inconciliabili

Kant partiva da un'espressione linguistica, il "giudizio sintetico a priori" ed approdava alla "forma a priori" che chiamava "categoria". Questo termine è da noi considerato infelice poiché ci ricorda il prodotto finale di un'operazione di classificazione e non menziona l'operazione attiva necessaria per ottenerlo come risultato. Pertanto noi lo eviteremo. Trattandosi di un ente cristallizzato, fisso, chiameremo questo prodotto "**fix**", termine che dà l'idea di fissità e non si confonde con l'attività necessaria a generarlo. Il fix è ben distinto dall'operazione che l'ha generato ed anzi di questa segnala la fine. Chiameremo l'operazione "**modo**", termine che richiama l'idea di un'attività. Per essere stabilite come risultati, ogni categoria ed ogni percezione categoriale hanno comunque bisogno di un'attività mentale.

Le categorie kantiane era limitate a dodici. Con Husserl assistiamo al tentativo di aumentarne il numero.

Purtroppo Kant non riuscì a trovare altre "categorie", considerate "forme a priori" o modi di funzionare della mente ed è appunto questo ultimo termine che noi adottiamo, abbreviandolo spesso semplicemente in "**modi**".

Nel dominio della psicologia, Michotte (1972) ha indagato situazioni in cui l'esperienza scatena una "percezione categoriale" vale a dire una percezione in cui – date certe condizioni di lavoro - una certa cosa si presenta in un certo modo oppure in un altro e con forza coercitiva ma assolutamente mai in alcuna altra maniera intermedia.

Rubin ha fatto notare che in certe situazioni la percezione può essere categoriale bivalente in senso alternante. Una figura speciale di questo tipo può essere vista ora in un modo ed ora in un altro ma mai in entrambi i modi contemporaneamente.

Dopo di lui si sono trovate varie altre figure e situazioni di tipo bivalente in senso tale da richiedere alternanza.

Si potrebbe credere che siano possibili figure "ambigue" unicamente di tipo bivalente ma non è così. Esistono situazioni polivalenti che richiedono alternanza e con valenza n, con n numero intero illimitato.

In un altro articolo, noi presentiamo un esempio trivalente facilmente generalizzabile a una polivalenza alternante con valenza illimitata (n variabile da 0 ad ∞ ; si pone 0 quando non vi sono oggetti, 1 quando c'è solo un tipo di oggetti, 2, 3, 4, ... quando vi sono rispettivamente 2, 3, 4, ... tipi di oggetti che si distinguono fra loro per non potere essere osservati contemporaneamente nel fuoco dell'attenzione).

Tornando alla percezione musicale, in particolare dell'altezza del suono, possiamo notare che secondo la teoria della periodicità sembrerebbe che la percezione dell'altezza è dovuta alla valutazione del **periodo dell'onda acustica**; sappiamo inoltre che il **periodo** è rilevato dallo scatto di cellule ciliate in corrispondenza ai **massimi** dell'onda medesima.

Di conseguenza, possiamo applicare queste conoscenze al problema di come il sistema nervoso possa **intuire** la fondamentale assente da un insieme di armoniche.

La rappresentazione geometrica che sarà di seguito presentata ci permetterà di dare una spiegazione ad alcuni fenomeni di completamento del suono fra i quali in primo luogo quello della percezione virtuale di una fondamentale assente, ed in secondo luogo quello del basso assente o virtuale.

Nella nostra rappresentazione saranno presenti alcune ipotesi che qui esplicitiamo.

1. Prima ipotesi di base. Azzeramento fasico e confronto. Orologi interni.

La prima ipotesi è che sia possibile l'*azzeramento delle relazioni di fase* fra le armoniche e che così queste possano essere *paragonate* tutte fra loro.

In questo modo esse possono essere rappresentate a partire da un medesimo istante significativamente comune: quello in cui in cui tutte hanno *fase uguale*.

Le cellule che segnalano l'istante in cui si verifica un singolo *massimo* (secondo le condizioni di cui parla Frova, 1999) sono più di una ed il segnale è affetto a volte da un lieve errore, in anticipo o in ritardo. Noi consideriamo l'errore *mediamente nullo* e assumiamo l'istante in cui le varie onde sono state messe in fase quale origine convenzionale del riferimento temporale ($t=0$).

E' chiaro che il periodo dell'onda è semplicemente il lasso di tempo compreso fra gli istanti medi relativi a due massimi che si susseguono. I massimi sono segnalati ciascuno con un impulso di ampiezza costante che non è significativa, essendo uguale per tutti i massimi: può assumere solo due valori "logici", tutto o niente - in algebra di Bool (1976) sono espressi rispettivamente con 1 (presenza) oppure 0 (assenza).

Osserviamo che il dispositivo supposto si profila come doppiamente accordato. Da una parte lo è sulla frequenza più bassa di riferimento e dall'altra lo è sulla sua fase. Una volta che i segnali di massimo dei diversi suoni sono tutti ritardati in modo da essere in fase col suono più basso, il dispositivo deve essere in grado di non accettare più variazioni; caratteristica, questa, che in linea di principio consentirebbe di distinguere fra suoni di sorgenti diverse (come nell'effetto party).

L'istante $t=0$ - convenzionalmente scelto - è quello in cui si rendono disponibili tutte le *creste delle onde* indipendentemente dal fatto che si tratti di un'*armonica* o di una vibrazione "*inarmónica*" (vale a dire con periodo in rapporto *non* intero rispetto alla fondamentale, dunque eventualmente fuori dal *teorema di Fourier*, valido per una funzione esattamente periodica, vale a dire di periodo non cangiante nel tempo).

Sappiamo che la frequenza è rilevata grazie alla zona di massima eccitazione nella coclea che compie un'analisi delle frequenze. Questa analisi spettrale compiuta dalla coclea si rivela utile, come vedremo, per compiere l'azzeramento fasico ed il confronto temporale delle creste nella maniera più opportuna. Naturalmente queste operazioni possono servire non tanto alla determinazione della frequenza - già compiuta in altro modo nella spirale della coclea, grazie alla o alle zone di massima eccitazione nella membrana basilare - quanto a percepire eventuali frequenze virtuali oggettivamente inesistenti per *completare* il suono se manca di una fondamentale (percezione della fondamentale virtuale) o per *arricchire* un accordo (percezione del clima armonico arricchito di un basso virtuale) e, probabilmente, per la percezione della *forma e dell'andamento temporale* del suono, ovverosia del *timbro* che sappiamo dipendere dall'*attacco* e da come il suono *evolve* nel tempo, sempre a parità di fase. (La fase ha poca importanza nella percezione del timbro).

Poiché la spirale cocleare ha una struttura tale da funzionare quale analizzatore di spettro, è *scontato* che l'oggetto del rilevamento, punto per punto sulla coclea, sia un'onda *sinusoidale* o, se non è tale, *attribuita tale*.

Di conseguenza *non occorre memorizzare l'intera forma* della singola sinusoide ma soltanto le sue caratteristiche distintive che sono *fase, periodo, ampiezza* nonché - ma più in generale - il suo *corredo timbrico ed evolutivo*, caratteri che precludono alle qualità espressive ed al movimento nello spazio mentale: cosa che lascia intravedere un legame con la danza e la poesia come descrizione ritmata.

A questo riguardo dobbiamo distinguere fra *due modi di considerare* un certo *suono quando è seguito da un altro* (che può essere anche il silenzio).

Uno consiste nel considerare i *due suoni separatamente* (in senso ritmico l'uno dopo l'altro nel tempo, o contemporanei ma distinti).

L'altro consiste invece nel considerare un solo *suono come se fosse sempre lo stesso ma che s'evolve e si trasforma nell'altro* (in senso melodico o di evoluzione timbrica). Questo due modi trovano un'analogia nei due modi delle funzioni motorie oculari; uno a scatti (moti balistici o "saccadi", discontinui, intervallati da derive di ricerca), l'altro che s'aggancia ad un oggetto in moto e lo segue con continuità, con movimento fluido, spesso adattandosi sempre più perfettamente soprattutto se il moto osservato è ciclico o appreso. Nel primo modo "si salta" da un "oggetto" ad un "altro", nel secondo l'oggetto è sempre "lo stesso" anche se "si muove".

Nella coclea vi sono cellule specializzate che s'incaricano di *segnalare il dato relativo all'intensità* che almeno in prima approssimazione corrisponde all'ampiezza della sinusoide, altre trasmettono il *dato di frequenza* corrispondente alla posizione (nella coclea) o al periodo e che indicano l'altezza, altre ancora trasmettono la *fase* sotto forma di segnale che indica solo la posizione temporale della cresta nel tempo (non l'intensità, quella del segnale è prefissata, ossia standard), caratteristiche tutte insieme implicate nella percezione del suono e del suo andamento in generale.

La *successione delle creste nel tempo* si presta ad essere confrontata con un orologio interno il cui ritmo – per essere preciso e con sufficiente potere risolutivo – dovrebbe essere regolato sulla frequenza più alta percepibile (50 μ sec corrispondono al limite superiore della frequenza a 20 kHz). Il ciclo utile dell'orologio dovrebbe essere dell'ordine del periodo più lungo (50 msec corrispondente al limite inferiore di frequenza a 20 Hz).

La *successione temporale delle creste* nel fornire un modo ulteriore di segnalare il periodo (e di conseguenza, indirettamente la frequenza) è anche indispensabile per mettere in fase uguale e confrontare le armoniche fra loro; si predispone e si facilita, come s'è detto, la percezione del *timbro*, della provenienza, e così pure dell'*altezza virtuale* (fondamentale virtuale) nonché del *clima armonico* (basso virtuale), nonché l'eventuale decorso del suono nel tempo.

Il tipo d'operazione così svolta (azzeramento della fase), giustifica (almeno localmente, ossia nell'ambito dell'operazione medesima) anche il fenomeno spesso riscontrato e noto in letteratura per cui il timbro è poco o nulla influenzato dalla fase; questa invece si suppone avere un ruolo determinante per stabilire la direzione di provenienza e la distanza della fonte sonora, ma ci sembra anche essenziale nella percezione virtuale dei bassi, come già detto.

E' bene precisare che l'azzeramento e l'eventuale confronto delle fasi fra le due orecchie potrebbe intervenire nella percezione della direzione della sorgente, mentre qui stiamo parlando di un azzeramento di fase nel singolo orecchio, ipotesi posta per un confronto dei periodi e non per la direzione. E' giusto dire tuttavia che l'azzeramento comporta anche la possibilità di tenere conto e mettere a disposizione le fasi che possiamo supporre rilevate dal lavoro svolto per azzerarle, per un ulteriore loro confronto fra le due orecchie allo scopo di percepire la direzione di provenienza dei suoni.

2. **Seconda ipotesi conseguente. Codice cronotopico. Orologi interni.**

Una volta che avremo stabilito che l'azzeramento fasico ed il paragone dei periodi sono ipotesi valide a spiegare vari fenomeni (fondamentale virtuale, basso virtuale, predisposizione alla percezione del timbro fondata sulla costituzione, sull'attacco e sull'evoluzione del suono), si presenterà il problema di stabilire come ciò possa essere attuato con dispositivi *naturali* (neuroni) o *artificiali* (macchine).

In particolare, il progetto artificiale potrà servire per controllare la possibile validità ed eventuali errori d'interpretazione dell'architettura naturale supposta.

Tutto ciò potrebbe sembrare di secondaria importanza ma, a volte, è dall'esame dei dettagli che possono scaturire nuovi progressi e fecondi orientamenti per la ricerca: la regola per noi è di non lasciare e di non trascurare alcunché.

Venendo alla seconda ipotesi, conseguente alla prima già sopra vista, ammetteremo che *l'informazione temporale delle creste si possa tradurre in un'informazione spaziale* secondo un *codice cronotopico* ovvero con passaggio dalla rappresentazione dei periodi nel tempo secondo un codice espresso in modo *temporale* ad un codice espresso in modo *spaziale*.

Ciò può essere realizzato per es. in neuroni connessi sì da fungere da orologio. Ogni armonica (quindi ogni frequenza) avrebbe a disposizione una fila di neuroni come la scala di un immaginario quadrante in un orologio.

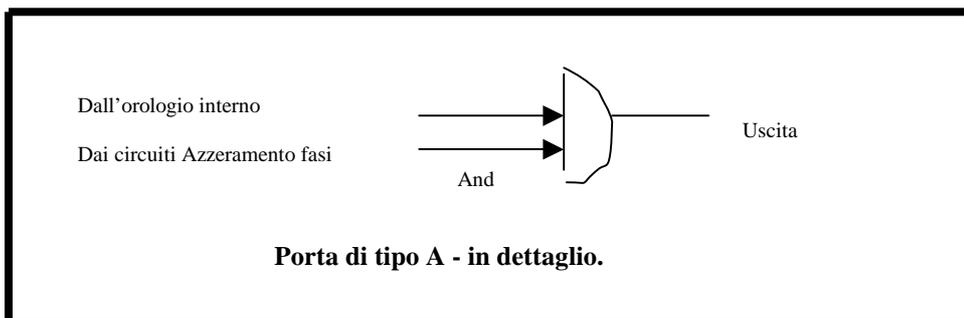
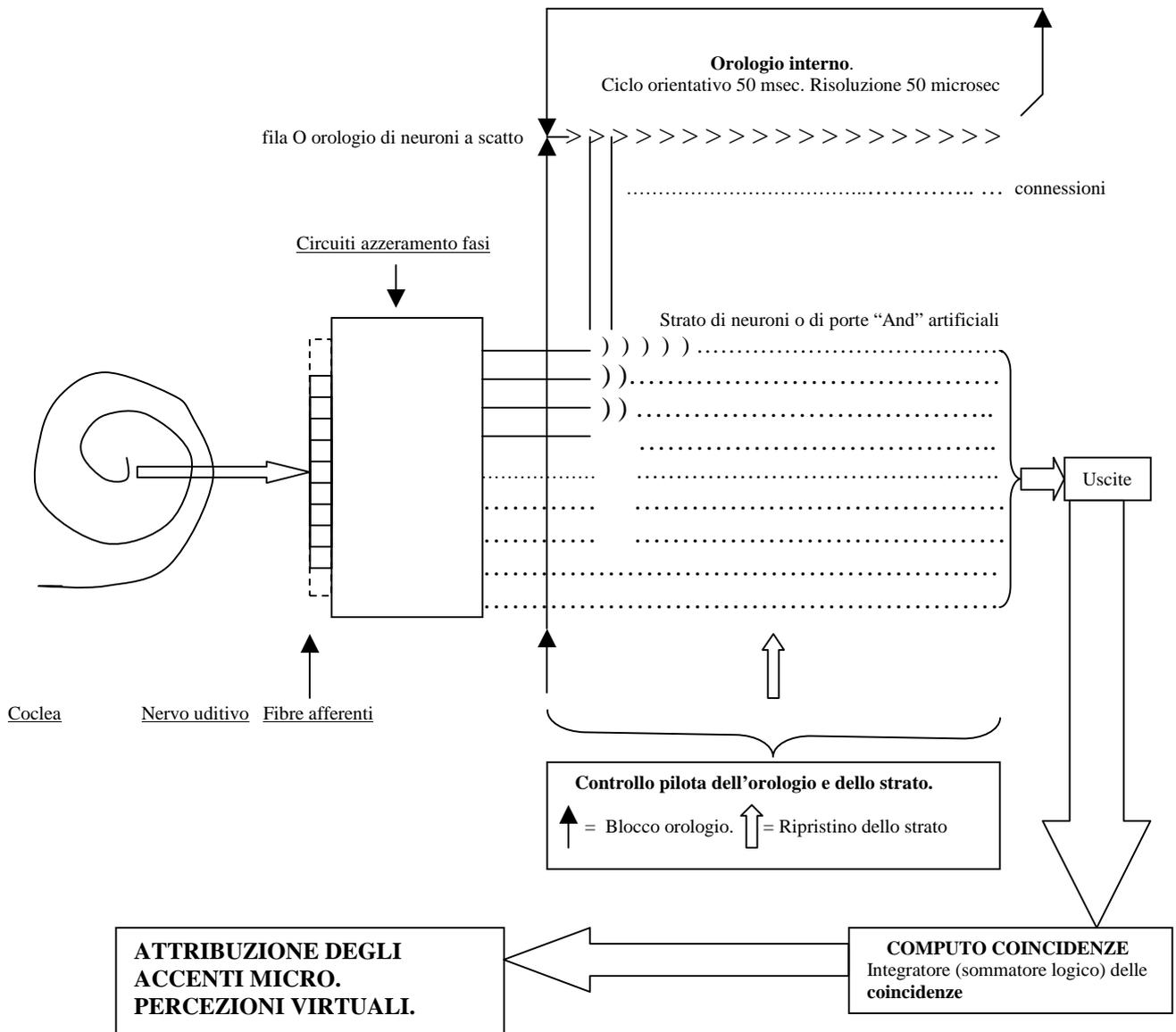
Ciò non contraddice e non sostituisce la concezione tonotopica dell'area uditiva; può inoltre costituire ed arricchire la nostra concezione dell'udito con la possibilità di comprendere come possa usare più modalità di funzionamento.

Passiamo ora ad uno schema a blocchi dello "strato" naturale o artificiale che realizza le percezioni della fondamentale e del basso virtuali.

Si tratta di un progetto che sottopone le ipotesi fatte alla prova sperimentale. Lo scopo è quello di vedere se la macchina funziona secondo le ipotesi poste. Il fatto che funzioni non garantisce naturalmente la presenza di un dispositivo equivalente nel SNC, ma può costituire un incentivo o una meta per la ricerca fisiologica.

Viceversa, se la macchina non dovesse funzionare in alcun modo, significherebbe che le ipotesi non erano tali da poterne dedurre risultati apprezzabili e pertanto dovrebbero essere cambiate.

SCHEMA A BLOCCHI DELLO "STRATO" NATURALE O ARTIFICIALE CHE REALIZZA LE PERCEZIONI DELLA FONDAMENTALE E DEL BASSO VIRTUALI.



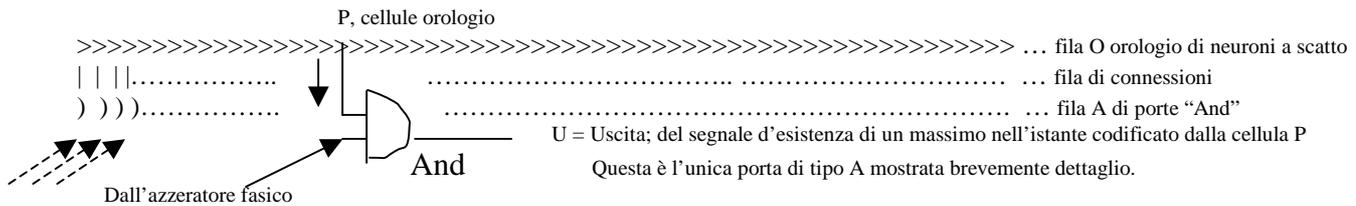
Sensibilità e gamma del codice cronotopico. Cellule orologio a scatto e cellule condizionate.

Nell'orologio interno abbiamo supposto 1000 segmenti rappresentati da altrettanti neuroni capaci di scattare l'uno dopo l'altro in sequenza ogni 50microsec (in modo che dopo 1000 scatti siano trascorsi tutti i 50msec ipotizzati), ovverosia che lo stato di ciascun neurone permanga eccitato per un lasso di tempo di 50microsec.

Accanto a questa fila O di *cellule "orologio a scatto"* – che realizza una sorta di *linea di ritardo* del segnale che inizialmente lo comanda, s'immagini ora un'altra *fila A di cellule "condizionate"* [")))..."], nel senso che ciascuna di loro scatta soltanto se si verificano contemporaneamente le due condizioni:

1. La vicina cellula orologio P della fila "O", [">>>..."], che si trova accanto alla fila A condizionata, è eccitata ed invia un appropriato segnale di controllo.
2. Dalla coclea perviene un segnale M di massimo per la frequenza corrispondente (armonica). Questo segnale è sul "canale afferente", caratteristico della frequenza che ha innescato l'eccitazione della fila O.

Rappresentando le cellule con il simbolo di una porta digitale "And", abbiamo lo schema seguente, valido sia per i neuroni che per dispositivi artificiali elettronici (in circuiti non sequenziali ma *paralleli*).



Nello schema che seguirà, si suppone che i segmenti orizzontali equidistanti e numerati distinguono sia le armoniche (1, 2, 3, ...) e sia le file di neuroni. Ogni fila di neuroni è pilotata da segnali con sfasamento ormai già annullato e provenienti da una corrispondente zona della coclea, (vale a dire relativa giusto ad una vibrazione o armonica). Possiamo quindi immaginare un intero strato di neuroni disposti su un piano in file parallele, tante quante sono le possibili vibrazioni (con risoluzione pari a quella della coclea, ossia migliore di 50 μsec).

Nello schema successivo che illustra lo strato distinguiamo le righe dalle colonne. Un dispositivo di controllo, o conduttore, comanda le colonne, abilitandole una alla volta, segnando il tempo. Il singolo neurone A si eccita soltanto se gli giungono due segnali nel medesimo istante; uno dal neurone precedente nella riga come segnale di massimo (cresta dell'onda) ed un altro dal conduttore che indica l'istante specifico (in cui quel massimo si è verificato ed è pervenuto).

Seguiamo la storia di un impulso di massimo per una data armonica (fila di neuroni). Ad ogni tic-tac (clock) dell'orologio interno (ciclo di 50 msec o pari al periodo del suono più basso presente, e risoluzione di 50 μsec) lo stato del neurone A passa al successivo neurone. Un primo impulso di massimo giunge dalla coclea e da una rete opportuna è rifasato (nel senso che è trattenuto e memorizzato, così aspetta gli altri segnali per immettersi nello strato).

Una volta immesso assieme agli altri, gli impulsi successivi sono anch'essi trattenuti per un tempo uguale e, se non ci sono altri sfasamenti che implicano ulteriori attese, tutti s'immettono nello strato.

Nel contempo viene valutato il numero di armoniche presenti (nello schema che seguirà – v. avanti - sono 5). Questo numero indica le coincidenze dei segnali di massimo. Dal momento che le armoniche state poste in fase, le coincidenze sono tante quante sono le armoniche. Questo numero si ripresenterà uguale solo dopo un certo periodo di tempo (essendo i segnali periodici) ed in quel nuovo istante l'orologio dovrà bloccarsi.

Di conseguenza, la propagazione dei segnali si ferma (appena l'orologio si blocca), cosa che accade quando si ripete una volta appunto il segnale di massima coincidenza già valutata nell'istante $t=0$.

Alla fine, quando si raggiunge questa condizione, i neuroni eccitati saranno in numero limitato e corrisponderanno ciascuno ad un istante in cui si è avuto un massimo per una data armonica. Il quadro complessivo sarà come quello in illustrato nello schema.

Ogni fila di neuroni di tipo A, funge così da memoria degli istanti nei quali si sono verificate le eccitazioni dovute ai massimi relativi all'armonica della fila.

Il movimento nel tempo è imposto dall'orologio interno e, tanto per fissare le idee, possiamo immaginare avvenga da sinistra a destra nello schema. I tratti verticali disposti sotto a ciascun segmento corrispondono all'eccitazione stabile di un singolo neurone (o di un gruppo ristretto di neuroni), eccitazione dovuta al sopraggiungere dei due segnali contemporanei suddetti, di controllo e di massimo.

Lo schema rappresenta la situazione ormai stabile, quando il ciclo, imposto dal ripetersi della massima coincidenza, si chiude.

Ad esempio, il segmento 2D' è relativo alla seconda armonica – convenzionalmente detta do' (sigla D') ove l'apice indica che si trova *un'ottava* (otto note) più in alto del do (D) centrale del pianoforte. Questo suono convenzionalmente di nome "do" (ma che indica un suono qualsiasi a piacere, secondo l'uso convenzionale americano) è individuato da un gruppo di cellule nella coclea che sono eccitate e stanno trasmettendo impulsi ad intervalli pressoché regolari in corrispondenza delle creste d'ogni periodo dell'onda eccitatrice. Nell'istante catturato dalla figura, i massimi riscontrati

per D' sono tre e stavano viaggiando lungo la fila orologio come se fossero gocce d'acqua appese ad un filo, mantenendosi ad uguale distanza fra di loro finché il numero delle coincidenze si è ripetuto uguale per numero e presumibilmente per composizione (essendo uguale al numero delle armoniche costituenti il particolare suono pervenuto, a meno che il suono stia cambiando in quel momento coinvolgendo il timbro: non analizziamo attualmente questo problema).

La terza armonica è quella che corrisponde al segmento siglato 3, S'. Si tratta di un sol nell'ottava più alta e si trova cinque note più in alto di D' (do', re', mi', fa', sol'). Poiché questa armonica oscilla per tre periodi mentre D' oscilla solo due volte, si hanno tre periodi (compresi fra le quattro tacche verticali corrispondenti), e nell'istante "fotografato" nel grafico, il segmento 3S' rappresenta una fila di neuroni in cui soltanto quattro sono eccitati: E' infatti evidente che dovendo essere $3/2$ il rapporto della frequenza fra do e sol, a due periodi del do devono corrispondere – nell'identico intervallo di tempo – tre periodi del sol. Ogni periodo è rappresentato dallo spazio compreso fra due tratti verticali. I neuroni eccitati ora sono fissi ma l'eccitazione prima si propagava e un istante successivo i quattro neuroni menzionati non erano più i medesimi e la loro nuova quaterna si trovava spostata di un piccolo tratto verso destra. Il numero dei neuroni necessari (ma non necessariamente sufficienti) su una fila si può calcolare in prima approssimazione dal rapporto fra il ciclo massimo e la risoluzione: $50\text{msec}/50\mu\text{sec}=1000$.

Per valutare sia il numero dei neuroni o circuiti sufficienti, sia la durata del ciclo, è bene ricordare che il basso virtuale presente in un accordo si trova ben due ottave sotto il suono più basso – supposto fondamentale dell'accordo, come un D'' nel caso di D''-M''-S'' e pertanto, teoricamente, il ciclo di 50 msec dovrebbe essere portato a 4 periodi in più rispetto a D'' vale a dire a $4 \times 50\text{msec} = 200\text{msec}$ nel caso che il D'' si trovasse all'altezza più in basso.

Notiamo anche che dovrebbero esserci dei neuroni che manifestano i suoni virtuali testimoniandone l'esistenza, non forse all'interno della coclea ma in qualche strato della corteccia cerebrale.

Gamma dell'udibile. Slancio emotivo. Suoni virtuali e suoni trascendentali.

Si apre qui un'interessante questione: se il do dell'accordo si trovasse veramente troppo in basso, oltre il limite della gamma dell'udibile, impossibilitati a percepirlo virtualmente al di fuori della gamma, (il suono sarebbe due ottave più in basso rispetto al limite della gamma) la percezione sarebbe impossibile e saremmo portati allora a tradurre la percezione in *slancio emotivo*? Abbiamo infatti già fatto vedere che vi sono casi in cui chiaramente si nota che la conoscenza è in qualche maniera legata all'emozione oltre che alla manifestazione somatica in una relazione reciprocamente triangolare tra cognizione, emotività e soma.

In ogni caso, se per la creazione di un basso virtuale così grave da esserne impossibile la percezione non vi sono problemi nel trascurarne la realizzazione, dovremmo comunque prendere in esame la possibilità di ritoccare il ciclo dell'ipotizzato orologio interno, giacché esso non esaurisce il suo compito che dopo la ripetizione dell'accento micro, complessivo di maggiore valore e questo si ha dopo 4 periodi del do che si trova nell'accordo do-mi-sol. E' questo accento che – pur non potendo determinare una percezione impossibile fuori gamma dell'udibile perché troppo bassa – potrebbe incaricarsi di suscitare un'emozione o un sentore non uditivo ma di altra natura. (L'accento è in relazione al numero di coincidenze discusso nello schema).

A questo punto possiamo osservare che al contrario di quelli virtuali che sono percepiti ma non fisicamente dati, i suoni al di fuori della gamma dell'udibile possono esistere fisicamente (come vibrazioni meccaniche ma non acustiche perché affatto non udibili). Questi suoni che abbiamo ipotizzato concepiti come slancio emotivo – non percettivo nella modalità uditiva – possono meritare un nome: proponiamo quello di "*suoni trascendentali*". La loro importanza è quella che potrebbero essere presenti – suggeriti dalla musica – e quindi avere un ruolo nella somministrazione musicoterapeutica. Un paragone che si può fare è quello dei numeri immaginari i quali, per quanto sembrano irreali, dimostrano tuttavia la loro alta utilità nel calcolo delle reti elettriche ed elettroniche. Così gl'ipotetici suoni trascendentali possono, ripetiamo, avere un ruolo non trascurabile nella musicoterapia ma la musica non può contenerli oggettivamente bensì potrebbe suggerirli all'attività creativa dell'individuo.

E' possibile che questi suoni particolari si rivelino al soggetto nei momenti d'estasi artistica che a volte si rivela nell'espressione e nella luminosità del volto, nei brividi lungo la schiena e nell'attività elettrica sulla superficie cutanea nonché in segni minimi tra i quali potrebbe esserci la direzione di alcuni peli, il diametro pupillare, la resistenza elettrica della cute e altre grandezze finora trascurate o non rilevate ma che potrebbero meritare un'adeguata strumentazione e un occhio attento da parte di un osservatore clinico.

Tonalità trascendenti. Rumori naturali.

In analogia ai suoni trascendentali possiamo supporre delle tonalità trascendentali che non esistono nelle scale comunque queste siano scelte; l'ipotesi è che s'interpongano sia nel rapporto fra musica tonale e musica atonale, sia nel rapporto fra una tonalità ed un'altra e ci sembra si manifestino come stati emotivi ineffabili (perché non esistono mezzi per esprimerli) e come tendenza ad un suono o tonalità inespressa ma che urge dal di dentro: l'artista ne è dolorosamente consapevole e rimane insoddisfatto nonostante agli altri le sue realizzazioni possano apparire a volte sublimi.

E' in questo senso che ci sembra di poter cogliere la continua ricerca che ha spinto nel secolo scorso la ricerca, la sperimentazione e gli sforzi per creare una musica atonale non sempre pienamente riuscita e tuttavia altamente ambita. La tonalità che si era affermata con il canto per quinte, la scoperta della dominante, la scoperta degli accordi, ed infine con lo sfruttamento di tutte le risorse tonali teneva nel suo seno il germe del proprio superamento. La fuga dalla tonalità rimanendo nell'ambito della scala dodecafonica era destinata tuttavia all'insuccesso perché la scala è comunque basata su un "tono" di partenza (che potrebbe essere individuato anche nel "La a 440 Hz" oppure in un do o in qualsiasi altro suono della scala).

A questo punto possiamo allora domandarci quale sia il ruolo dei rumori, specialmente di quelli naturali (il mare, il vento, le cascate, le foglie, ...) e se questi siano da annoverare fra le possibili sorgenti musicoterapeutiche e, in caso affermativo, in che maniera possano allora agire.

Nel mugghio del mare, nel chiacchierio di una cascata, l'udito coglie delle ripetizioni vagamente regolari di ritmi e di suoni: ripetizioni inattese o in mancata momentanea in attuazione che tiene l'animo in sospenso – come nell'effetto treno – ma subito lo rassicura con un nuovo mugghio, una nuova voce. Sono ripetizioni fuori tempo che stimolano l'attività uditiva ora offrendo un vuoto in cui creare, ora un pieno in cui appagarsi ma sempre dando la certezza di un molto prossimo ritrovamento, anche timbrico oltre che vagamente ritmico, sempre vario ma sempre presente.

Questi rumori naturali, forse proprio perché non rigorosamente ritmici, si prestano all'attività interna con cui tendiamo a risistemarli e modellarli come rendendoci intenti ad una nostra scultura, donandoci la materia di una realtà modificabile con successo grazie al nostro immaginifico intervento. Se la scultoterapia e l'arteterapia sono terapeutiche non c'è motivo di dubitare che anche la musicoterapia delle fonti naturali sia terapeutica. In senso positivo operano l'abitudine ancestrale, il possibile corredo genetico di questi rumori che hanno accompagnato il genere umano che li ha da sempre udito durante il suo lungo peregrinare terrestre.

E' da notare che questi rumori naturali sono perfettamente atonali perché al di fuori della tonalità e privi di un "tono" di riferimento vero e proprio. In qualche maniera essi realizzano in via del tutto naturale, il sogno della musica atonale.

Sensi interni.

Notiamo anche che per la spiegazione dei fatti su accennati, abbiamo dovuto ammettere l'ipotesi di un orologio interno tarato su tempi elementari piuttosto piccoli (50 microsec o meno). Una volta accettata questa ipotesi, riteniamo che sarebbe eliminata una difficoltà di principio in psicologia: quella d'ammettere appunto l'esistenza di un "orologio interno" o di un senso interno del tempo dato che non esisterebbe un organo per questo senso (Vicario, 2002). A questa ultima obiezione, possiamo controbattere affermando che al contrario, esiste la possibilità di elencare un certo numero – che riteniamo piuttosto ben nutrito – di *sensi interni* che pur non disponendo di un organo visibile esternamente (come l'occhio, l'orecchio o la pelle), tuttavia dispongono certamente di un ricettacolo nel nostro grande sistema nervoso. Lo stesso senso della vista non sarebbe un senso vero e proprio se il nervo ottico non fosse collegato al cervello di cui la retina non è che un semplice avamposto nervoso, sia pure altamente efficiente e specializzato.

*La saggezza popolare ci da ragione quando si parla per es. di "senso della bellezza" o di "senso dell'ospitalità" ed anzi ci indica una strada da percorrere, giacché questi sarebbero per così dire **sensi artificiali**, creati apposta dalla massa nervosa, acquisiti per versatilità, plasmabilità, esperienza e capacità di metterla a frutto.*

*Ci sono persone consapevoli di disporre di un "senso del tempo": alcuni non hanno bisogno di sveglia, spesso indovino l'ora. In particolare, è risaputo che i musicisti hanno il "senso del ritmo", sanno quando e in che misura rallentare o accelerare mentre eseguono o improvvisano un brano. In questo quadro, la nozione d'orologio interno potrebbe essere generalizzata estendendola a più orologi con cicli l'**uno multiplo dell'altro** o con "**momenti**" secondo multipli (Geissler, 1992; Kristofferson, 1990) ed inoltre prevedendo la possibilità di importanti capacità ausiliarie d'importanza non trascurabile come quella di suddividere un intervallo di tempo in parti uguali come dimostrano quotidianamente ancora una volta i musicisti quando interpretano una battuta inserendo un gruppetto **irregolare** di suoni in un singolo intervallo di tempo fino ad allora non diviso (per es. 5 battiti al posto di uno di durata ben definita).*

In figura si vede che nella colonna di sinistra tutte le armoniche hanno un massimo nello stesso istante: si tratta ovviamente di un istante interno, dovuto alla capacità del sistema nervoso d'adattarsi e di tardare opportunamente, se occorre, l'eccitazione di ciascun segnale quel tanto che basti per ottenere una giusta eccitazione "allineata" (su una colonna, in verticale nello schema) ed un proficuo funzionamento generale ai fini di un confronto. Si tratta quindi del risultato di un'operazione d'**azzeramento della fase**.

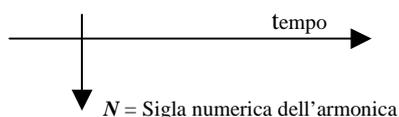
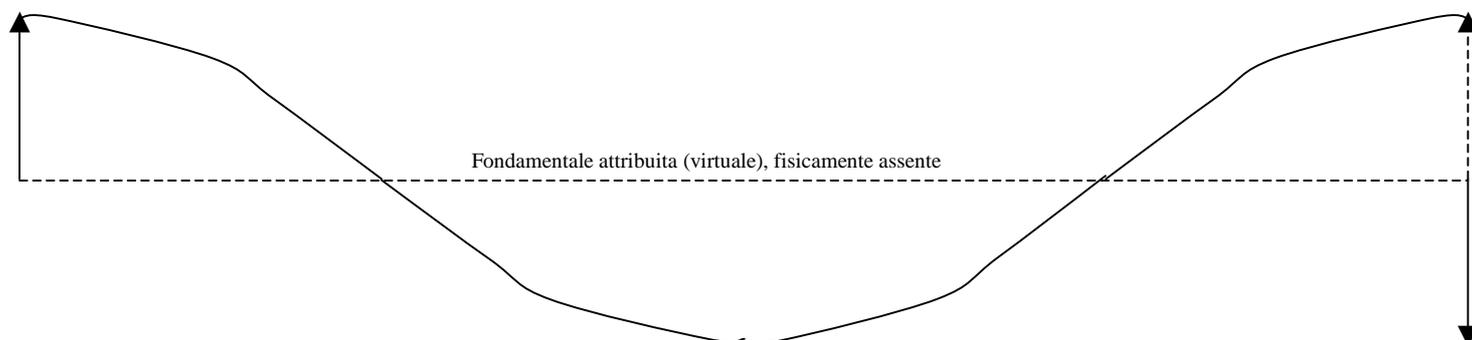
Riassumendo, in questo primo schema si è quindi assunto che le fasi delle armoniche che giungono al sistema percettivo abbiano già subito un allineamento cosicché le armoniche risultano tutte in fase fra loro, pronte ad un confronto dei loro periodi.

Gli accadimenti fisici nel tempo sono supposti tradotti in eccitazione spaziale facendo uso del movimento dell'eccitazione da un neurone all'altro lungo una fila rappresentata dal segmento che è dedicato a un'armonica specifica che proviene dalla coclea grazie all'individuazione selettiva della posizione corrispondente alla frequenza.

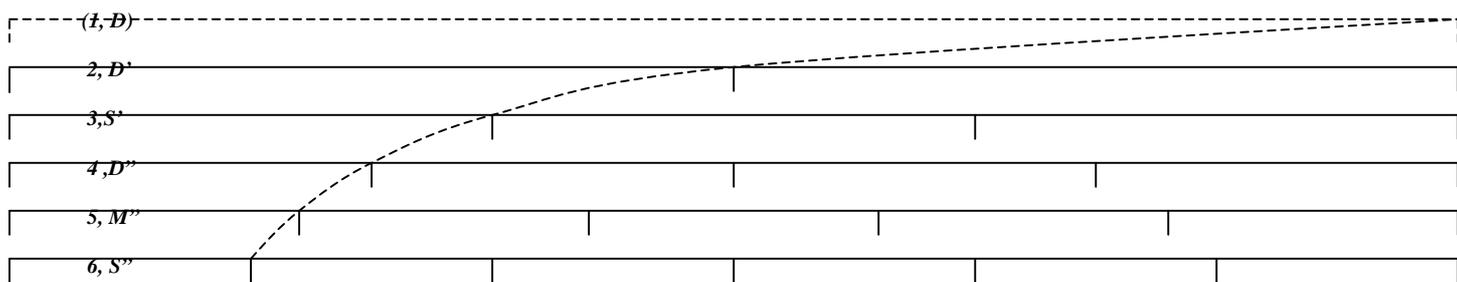
In questo modo, il procedere dell'attivazione trasforma il codice tempo in codice spaziale. La fila di neuroni, armonica per armonica (e quindi frequenza per frequenza), funziona in virtù dell'orologio di comando il cui compito è

essenzialmente quello di *trasformare* mediante il movimento il trascorrere del *tempo* in *posizione*, posizione occupata da temporanea eccitazione (come la sabbia in una clessidra, le lancette su un quadrante e così via).

Schema conforme alla prima ipotesi.



Numero d'ordine e lettera iniziale dell'armonica. La fondamentale è 1,D ed è fisicamente assente.



Numero di coincidenze.	(I numeri di coincidenze tra parentesi si riferiscono al caso in cui la fondamentale attribuita fosse invece presente).											
5	1	1	1	2	1	3	1	2	1	1	1	5
(6)	(1)	(1)	(1)	(2)	(1)	(3)	(1)	(2)	(1)	(1)	(1)	(6)

Conformemente alla prima ipotesi, abbiamo già illustrato lo schema di una sola armonica con una fila O di neuroni orologio e un neurone A.

In questo altro schema, ancora conforme alla prima ipotesi, consideriamo invece cinque armoniche, dalla 2° alla 6°: lo scopo è di far vedere in che modo il SNC può riuscire a produrre la percezione della fondamentale virtuale, oggettivamente assente ma soggettivamente udita da tutti (nelle radio a transistor questo fenomeno è utilizzato per evitare le fondamentali e i bassi degli accordi che implicherebbero altoparlanti troppo grandi).

A sinistra è indicato il numero d'ordine N della relativa armonica, dalla "prima" (assente) alla sesta. L'indice numerico N cresce dall'alto verso il basso. L'asse orizzontale rappresenta il tempo. Le tacche su ciascun segmento orizzontale, rappresentano l'accadimento fisico "massimo di pressione fisica della vibrazione". La distanza fra due tacche successive nel tempo, rappresenta un periodo. In alcuni casi, per frequenze piuttosto basse, si può considerare il semiperiodo al posto del periodo ma il rendimento percettivo resta presumibilmente immutato rispetto a ciò che dovrebbe essere perché il SNC è indubbiamente capace di tenerne conto.

Da un punto di vista energetico, il trasferimento d'energia è proporzionale al quadrato della variazione di pressione che è pertanto sempre positivo. Da un punto di vista elettrico invece, tutto dipende da come è fatta la cellula sensibile vale a dire se è capace di incamerare energia sia per spostamenti positivi che per spostamenti negativi oppure no. L'energia in gioco si conserva in ogni caso, ma ne cambia la gestione soltanto.

Rispetto alla fondamentale assente (armonica 1 ipotetica, segmento orizzontale in tratteggio), il periodo dell'armonica 2 è la metà (la frequenza è infatti doppia), quello dell'armonica 3 è un terzo e così via. Ciascun segmento orizzontale è graficamente suddiviso in tante parti quanto è il numero d'ordine N dell'armonica (p. es. l'armonica 6 ha il segmento suddiviso in 6 parti).

Ogni parte è un periodo della relativa armonica.

Queste vibrazioni presenti corrispondono all'accordo maggiore D'-S'-D''-M''-S'' con note ripetute. Gli apici indicano rispettivamente una (') o due (') ottave superiori.

Armoniche presenti: seconda, terza, quarta, quinta, sesta. (2,3,4,5,6). Manca fisicamente la prima (1D, in tratteggio).

Nella penultima riga in basso abbiamo il numero massimo di coincidenze riscontrato in corrispondenza a ciascun istante (in verticale): questo numero è 5. (Le altre coincidenze sono in numero inferiore: 3,2,1). Noi supponiamo che il numero massimo (5) segnali la presenza di un periodo e dunque di una frequenza più bassa oggettivamente inesistente. In questo modo si spiegherebbe il fenomeno della fondamentale virtuale.

Osserviamo che se la fondamentale fosse presente tutti i numeri di coincidenza resterebbero uguali, tranne quello massimo che passerebbe da 5 a 6: la sua collocazione nel tempo non cambierebbe (si è supposto l'azzeramento delle differenze di fase) e la fondamentale verrebbe ugualmente percepita come abbiamo visto prima, senza che cambi nulla d'altro (a parte l'intensità ed il timbro che risulterebbe un poco diverso): nasce in ogni caso la questione di quale sia il meccanismo di percezione delle intensità nei due casi di fondamentale assente o presente ed in che modo queste intensità siano attribuite. Non esaminiamo qui questo punto relativo alle intensità.

Conclusione: esiste una ripetitività massima, che va dall'istante iniziale in cui il numero massimo di coincidenze è "5" ad un istante successivo in cui il numero massimo di coincidenze è ancora "5" e dunque *per attribuzione* viene percepita una fondamentale, *fisicamente inesistente*, di corrispondente periodo. Sulla prima riga è disegnata l'onda per un periodo che va da un massimo positivo al successivo positivo, da cresta a cresta.

La fondamentale è così oggettivamente assente ma è tuttavia vissuta e resa come presente, "virtuale" (o, se si vuole, "amodale"). E' il risultato (fix) di un'operazione di completamento del suono

E' tratteggiata la curva iperbolica che rappresenta che raccorda i periodi T delle armoniche in funzione del numero d'ordine di ciascuna. Questa curva, puramente indicativa, è un'iperbole perché qui i segmenti orizzontali y che rappresentano l'evolversi delle armoniche nel tempo, sono il reciproco aritmetico del numero d'ordine x delle armoniche equispaziate. (Ricordiamo che l'equazione dell'iperbole equilatera è $y=1/x$).

Successione degli accenti armonici del suono. Attenzione e processore interno. Accordi completati virtualmente.

Il fenomeno d'*attribuzione* qui illustrato tramite la coincidenza dei punti, ossia degli istanti, di massimo, caratteristici di ogni vibrazione, è sperimentalmente dimostrato per es. dal *basso inesistente* eppure percepito ugualmente nelle radioline a transistor portatili nelle quali i bassi non possono essere prodotti a causa dello spazio limitato disponibile per l'altoparlante. Il particolare risultato cui siamo pervenuti con lo schema conforme alla prima ipotesi, nasconde in realtà un altro *risultato di portata più generale*.

Si supponga infatti che sia assente anche la seconda armonica. Complessivamente le coincidenze sono 13 nel lasso di tempo esaminato. Il numero delle coincidenze diminuisce e, precisamente, passa:

da (presenti le armoniche 2, 3, 4, 5 e 6): → 5, 1, 1, 1, 2, 1, 3, 1, 2, 1, 1, 1, 5 (D' - S' - D'' - M'' - S'')

a (presenti solo le armoniche 3, 4, 5 e 6): → 4, 1, 1, 1, 2, 1, 2, 1, 2, 1, 1, 1, 4. (S' - D'' - M'' - S'')

Ora il massimo delle coincidenze è solo 4 ma non cambia di posto nel tempo e pertanto il basso virtuale rimane immutato in periodo e quindi in frequenza (oltre che in fase). In questo caso, l'armonica 3 funge da "sol" rispetto alla fondamentale (sigla 1) e rispetto alla seconda armonica (sigla 2) supposta ora assente. L'accordo conseguente è in "secondo rivolto": S'-D''-M''-S''.

Data l'importanza delle coincidenze e dato che il numero più elevato deve avere un significato in relazione alla percezione virtuale (ed anche alla percezione timbrica), noi proponiamo di considerarle come accenti che richiamano il funzionamento di un'*attenzione inconsapevole* o processore interno, appositamente dedicantesi e che s'incarica di preferirli e considerarli come dati di un'*attività interna*.

Per attenzione inconsapevole intendiamo un *processore interno* che dedica attività a ciò che ne reclama, sia per intensità, sia per singolarità, oppure per abbondanza, per alternanza e così via, per qualsiasi altro motivo, analogamente a ciò che accade per i sensi di relazione con l'esterno. Di conseguenza, parleremo anche di "*sensi interni*".

I motivi apparentemente contrastanti che richiamano normalmente attenzione, sono fra i fattori che hanno reso l'attenzione (consapevole) difficilmente definibile fino ad ora.

Tornando al nostro argomento specifico, cosa accade se manca anche la terza armonica? In questo nuovo caso le armoniche 4, 5 e 6 fungerebbero da D, M, S rispetto ad un *basso virtuale* che si trova due ottave più sotto rispetto all'armonica 4 (un salto di due ottave più in basso significa dividere la frequenza di partenza per 4 e si ha $4/4 = 1$ passando dall'armonica 4 alla vibrazione 1 assente). Questo fenomeno è stato veramente osservato ed è descritto da Pierce (p. 102) che in proposito cita il *basso fondamentale di Rameau* secondo il quale un D valeva qualsiasi altro (possiamo dire che per lui era come se il "do" fosse semplicemente il cognome della famiglia di tutti i do). Nel caso esaminato, mancherebbero le prime tre armoniche.

Vediamolo in maggiore dettaglio. Mancando le prime tre armoniche (1, 2 e 3) le coincidenze assumerebbero i valori:

Presenti le armoniche 4, 5 e 6: → 3, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 1, 1, 1, 3 (D'' - M'' - S'')

Questo effetto può essere previsto persino se mancano tutte le armoniche tranne la 5 e la 6. In questo caso le due vibrazioni fungerebbero da M e da S rispetto ad un basso D virtuale, fisicamente inesistente. Il bicondimento M''-S'' si

presenta oggettivamente come primo rivolto (dell'accordo maggiore D''-M''-S'') e ipotizziamo che l'udito lo "completi" ponendo un D come basso virtuale.

Non abbiamo tuttavia trovato in letteratura questo fenomeno specifico che ci sembra tuttavia verosimile dato che risulta dalla premesse da noi poste.

In questo ulteriore caso, il numero delle coincidenze diminuisce da 13 a 11 ed i singoli valori diventano:

Presenti le armoniche 5 e 6: → 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2 (M'' - S'')

La ripetizione periodica si ha in corrispondenza al valore 2 e si verifica in corrispondenza ai massimi fisicamente inesistenti della "fondamentale" virtuale (armonica di sigla 1), come prima.

Sappiamo che dividere la frequenza di un suono per 4 o per 8 significa spostarlo di due o di tre ottave verso il basso. Dividere per 5 significa quindi spostarsi per più di due ottave ma meno di tre. Si sa anche che nella scala naturale il rapporto di M rispetto a D è 5/4. Pertanto dividendo per 5 la frequenza di M'' (che è 5) si passa da M'' a D.

Con M'' ci si trova infatti più di due ottave sopra D e si ha 5/5 = 1 che rappresenta D. In alternativa operando in più passaggi: 5/(5/4) = 5 x 4/5 = 4 (M corrisponde a 5/4 e dividendo per questa frazione si salta di una "terza" sotto a 5, effettuando il salto M'' → D'' nell'ambito della medesima ottava). S'ottiene così l'armonica 4 (che, come abbiamo visto prima, è il D'' due ottave sopra alla fondamentale virtuale).

Dividendo poi ancora per 4, si ha 4/4 = 1 raggiungendo così il basso fondamentale virtuale.

In sostanza M'' → D'' → D.

La successione del *numero di coincidenze* entro il periodo di maggiore durata sembra avere il significato di accentare diversamente i diversi istanti della vibrazione che si è trasformata da acustica (fisica) in sonora (psicologica) e pertanto sarà detta "*successione degli accenti armonici del suono*".

Se e quando questa struttura di funzionamento sarà individuata nel tessuto nervoso, si potrà parlare in termini di successione degli stati d'eccitazione fisiologica dei neuroni coinvolti negli accenti armonici della sonorità.

Notiamo intanto che:

l'accento più forte sembra concernere il suono di frequenza più bassa: questa maggiore forza potrebbe essere almeno in parte responsabile del – o comunque ci sembra compatibile con – il predominio del suono basso nella determinazione del clima armonico e nell'attribuzione dell'altezza associata ad una fondamentale anche quando questa sia virtuale.

Rileviamo anche che l'accento "forte" si può interpretare tale come reso dalla sovrapposizione dei massimi (creste d'onda della armoniche presenti).

Pierce (2002) sostiene che l'altezza virtuale sarebbe dovuta alle frequenze parziali ma non spiega come queste potrebbero essere utilizzate nel sistema nervoso centrale per ricavarla.

A noi, al contrario, sembra giusto ritenere che il confronto venga fatto dapprima azzerando le differenze di fase grazie anche – ma non solo - al funzionamento analitico della coclea, che può disporre di un indirizzamento posizionale (tonotopico) nelle fibre del nervo uditivo (non basta questo perché i segnali di massimo che servono come modo complementare di funzionamento dell'udito, riproducono la fase) e grazie al confronto dei periodi in un'ipotetica fila orologio di neuroni ritardatori, azzeratori fascici.

Completamento d'altezza. Calcolo grafico di una fondamentale assente.

(1, D)	(o).....virtuale									(o)	
2, D'	o									o	
3, S'	o		o			o				o	
4, D''	o		o			o		o		o	
5, M''	o		o		o		o		o	o	
6, S''	o		o		o		o		o	o	
Conteggio (somma degli accenti presenti):											
	5		1 1 1		2 1		3		1 2		5

E' possibile rappresentare più sinteticamente lo schema già prima illustrato il quale – come abbiamo visto - dimostra l'esistenza di almeno un metodo di "calcolo grafico" (non escludiamo a priori la possibilità di metodi migliori presenti nel SNC grazie ai milioni di anni evolutivi a disposizione) per ricavare la fondamentale anche in sua assenza.

Accenti armonici nel caso di un suono mancante della fondamentale. Completamento del suono.

Gli accenti armonici della singola vibrazione non hanno un'intensità variabile: o ci sono o non ci sono e dunque sono entità binarie del tipo "tutto o niente" (valgono 0 o 1 per i conteggi).

Ripetiamo qui lo schema semplificato conforme alla prima ipotesi (azzeramento fasico e confronto di periodi).

D'' si trova due ottave sopra al D mentre D' si trova un'ottava sopra il D.

La successione degli accenti armonici è: 5111213121115. L'ultimo accento è 5, uguale al primo e pertanto ripete il ciclo della successione. Gli accenti sufficienti a caratterizzare la successione sono soltanto i primi dodici giacché la successione si ripete indefinitamente, dato il carattere periodico delle vibrazioni. Il confronto dunque cessa appena il valore iniziale (5) si ripresenta.

Gli accenti armonici del suono complessivo non appaiono binari come quelli della singola armonica ma possono assumere stati diversi.

Diciamo **forti gli accenti di valore massimo** (in questo caso 5) nell'ambito della successione, **elementari quelli di valore minimo** (1): diremo **intermedi tutti gli altri** e **deboli quelli che hanno un valore minore del massimo ma maggiore di tutti i rimanenti** (3 nell'esempio illustrato).

Accenti armonici nel caso di un accordo maggiore.

Il precedente quadro può essere utilmente messo a confronto con quello che s'ottiene quando si vuole illustrare ciò che accade con un accordo maggiore, cioè del tipo D-M-S.

(D)	(o).....virtuale...										(o)					
[D']	[o]....virtuale non previsto in letteratura.....					[o]					[o]					
Note dell'accordo D''-M''-S''																
D''	o		o		o		o		o		o					
M''	o		o		o		o		o		o					
S''	o		o		o		o		o		o					
Conteggio (somma degli accenti presenti):																
:	3		1	1	1		1	1	2		1	1	1	1	1	3

D corrisponde all'accento di valore 3 e si trova due ottave più in basso rispetto a D'' giacché dal conteggio degli accenti armonici si ricava che il valore massimo delle coincidenze è 3 e si ripete dopo 4 periodi di D'' che equivalgono ad un periodo di D (gli spazi vuoti fra i pallini rappresentano i periodi).

Il suono D è in effetti "udito" non su base fisica, ma sulla base di un'attribuzione operata attivamente dal SNC e riscontrata empiricamente sui soggetti esaminati (Pierce, 2002). Il fenomeno illustrato dal presente quadro non è che la versione accordale di quanto già esaminato nel quadro precedente che illustrava un fenomeno diverso, quello di un suono provvisto di armoniche ma mancante di fondamentale che si ode in maniera virtuale, fenomeno anche questo riscontrato solo empiricamente (Pierce, 2002). Si ventila infatti che il cervello "in qualche modo riesca" a ricavare ciò che manca, ovverosia la fondamentale virtuale in un caso ed il basso virtuale in un altro caso. I due casi sono ovviamente diversi, ma il meccanismo degli accenti armonici sembra rendere ragione di entrambi in maniera convincente.

Si può constatare anche la possibile presenza di un suono virtuale più debole (meno intenso perché s'appoggia a due accenti uno di valore 3 ma l'altro di solo valore 2), vale a dire di un D' situato un'ottava più in basso di D''.

Alcune conclusioni. Accenti micro e accenti macro. Accenti musicali. Peso degli accenti.

Abbiamo visto in concreto alcuni esempi d'attribuzione come si verificano nella pratica osservata empiricamente ed un esempio di meccanismo con cui potrebbero essere ricavati (dispositivi di neuroni o di circuiti artificiali).

In particolare, nel caso di un suono mancante della **fondamentale** e nel caso di un **accordo maggiore** abbiamo anche indicato una possibile spiegazione sia con un meccanismo d'attribuzione sia con un possibile processo supposto basato sull'azzeramento della fase delle singole vibrazioni armoniche, sul confronto degli istanti temporali dei rispettivi

accadimenti di massimo (cresta) e i risultati valori di coincidenza considerati assurgere al ruolo d'**accenti armonici** – naturalmente fuori della consapevolezza del soggetto – nel quadro di un'**attività** che potrebbe essere riscontrata nel funzionamento dei neuroni del SNC. Continuando, occorre un'operazione interna che equivalga ad un **conteggio attivo** o ad un'**integrazione** degli accenti il cui numero abbiamo mostrato indicare l'eventuale armonica assente che così può essere resa percepibile in maniera virtuale. Sta alle **neuroscienze** confermare o smentire l'ipotesi che potrebbe essere considerata comunque come “di lavoro”.

A questo punto si aprono almeno due ordini di problemi: uno concerne l'**individuazione dei meccanismi che alcuni tipi di neuroni dovrebbero esibire per potere realizzare la funzione escogitata**. L'altro riguarda invece il **passaggio dal livello micro ed inconsapevole al livello macro e consapevole**. L'udito non riesce ad udire i suoni al di sotto dei 20 Hz il cui periodo è di 50 msec, molto vicino all'ordine di grandezza del quantum di tempo psicologico ipotizzato da vari autori citati nella rassegna di Incarbone (1994). Per frequenze più alte, il relativo periodo è minore e non è comunque percepibile in modo preciso e consapevole come durata: a 20kHz il periodo è infatti di soli 50 microsecondi: la durata della vibrazione non si percepisce come tale ma come rumore praticamente “istantaneo”.

Pertanto gli accenti armonici sono riferiti a durate molto brevi e non sono da confondere con gli **accenti musicali** di cui si ha ben chiara coscienza. Questi sono, infatti, spesso accompagnati dal battito delle mani o del piede e possono ispirare abbastanza facilmente, a volte istintivamente, la danza e così pure la rima o la struttura in poesia e nella prosodia.

Noi riteniamo che accenti di ben più grandi dimensioni – non sempre percepiti consapevolmente – possano ispirare interi capitoli di un romanzo, fasi di lavoro industriale e così via. S'intravede qui l'importanza formativa e sociale – oltre che potenzialmente terapeutica – di una didattica musicale.

Ciò nonostante, come faremo vedere - gli accenti macro musicali possono derivare da processi analoghi a quelli micro che abbiamo ipotizzato. In analogia con ciò che abbiamo visto a proposito degli accenti armonici, **gli accenti musicali si possono dividere in forti, deboli, intermedi ed elementari**.

La presenza di questa analogia depone a favore della possibile esistenza degli accenti armonici.

In musica, l'accento forte è quello che scandisce il ritmo. Per la musica occidentale è situato all'inizio della “battuta”. Si “batte” il tempo, ed ogni volta che si batte si viene a creare un intervallo di tempo che cessa con quello del battito successivo. Nella musica orientale, a volte si trova invece l'accento a fine battuta..

La durata compresa fra due colpi “forti” del ritmo è chiamata “battuta”. Nei ritmi più semplici – di tipo binario – i musicisti pongono in rilievo che esiste un accento forte all'inizio, uno debole a metà battuta; di solito non si parla degli altri intermedi di minore importanza fra il forte ed il debole, sia prima che dopo quello debole di mezzo.

Un accento importante si riferisce così a tutta la battuta. Nell'ipotesi che il soggetto tenda a suddividere la durata principale – di battuta – in due parti uguali, si viene a determinare un nuovo accento per **ciascuna metà** della battuta. Eventuali altri accenti intermedi si determinano, con un meccanismo simile, a **metà delle metà** ed abbiamo (adottando la suddivisione binaria che ci sembra il caso più semplice che prendiamo come esempio):

Accento di tutta la battuta	o			
Accenti delle metà della battuta	o	o		
Accenti intermedi, a metà delle metà	o	o	o	o
Peso risultante degli accenti:	3	1	2	1

Si noti che la scrittura del tempo in musica si basa sulla suddivisione **binaria** iterativa delle durate.

L'accento qui corrispondente al peso 3, è detto in musica “accento forte”, quello di peso 2 è detto “accento debole”, gli altri intermedi sono o ignorati oppure sono considerati semplici “movimenti” ma in realtà sono accenti elementari intermedi che sono comunque scanditi dalla bacchetta del direttore d'orchestra e conteggiati con attenzione dall'allievo che studia i ritmi nell'applicare la teoria del “soffeggio” che permette di leggere i tempi della musica.

Nella teoria musicale non è spiegata la ragione per cui esiste un accento forte ed uno debole: è considerata “istintiva” e la capacità ritmica si riscontrerebbe già nei neonati. Qui avanziamo l'ipotesi che il processo che dà vita agli accenti armonici macro sia in congruente analogia con quelli micro.

Secondo la spiegazione da noi qui data, l'accento macro è un'**attribuzione di durata** (rispetto all'oggetto a cui si applica) ed anche d'**attribuzione d'intensità** (rispetto alla forza apparente con cui s'impone).

Secondo il nostro quadro, risulta che l'accento è tanto maggiore quanto maggiore è la durata cui si riferisce perché in esso s'integrano gli altri accenti che sono riferiti a durate inferiori.

In altre parole, a parte l'estensione nel tempo, l'accento avrebbe una propria forza intrinseca che sembra uguale per qualsiasi tipo d'accento: alla sua posizione è **attribuita** una forza che aumenta per il concorso di altri accenti, **non per virtù propria**.

Riteniamo che l'accento debole – che i musicologi ritengono verificarsi solo all'inizio della seconda metà della battuta (purché del tipo formato da un numero pari di “movimenti”) – è o potrebbe essere presente anche all'inizio della prima metà battuta per semplici ragioni d'uniformità, espressa dalla tendenza alla ripetizione – in questo caso interna e non consapevole ma che ci sembra necessario ammettere. Crediamo che finora sia passato inosservato nella prima metà giacché era qui che l'accento forte (che sembrava tale di per sé) prendeva il sopravvento e l'oscurava. Viceversa, se

s'ammette che esista anche un accento debole nella prima metà, la somma di tutti gli accenti renderà forte l'accento complessivo dell'inizio di battuta che così risulta giustificato non per "istinto" ma per la forma dell'operazione. La numerosità di un certo tipo d'accento non va confusa con la sua importanza o peso. Per es. gli accenti intermedi del nostro esempio sono 4 ma di per sé valgono soltanto 1, mentre l'accento di tutta la battuta è uno solo ma il suo peso è 3. Sappiamo che nella musica orientale, spesso l'accento forte si trova alla fine della battuta. E' presumibile che la successione degli accenti possa essere di tipo inverso dando luogo ad una successione di pesi del tipo 1, 2, 1, 3, ma non abbiamo portato abbastanza avanti l'esame di questo fenomeno per poterlo affermare con piena sicurezza.

Schema conforme alla seconda ipotesi conseguente. Funzione soglia.

In questo schema si prende in considerazione una funzione matematica che lega i segnali presenti alle porte d'ingresso all'eventuale segnale presente all'uscita di un neurone N . La funzione può rappresentarne in prima approssimazione il funzionamento dal punto di vista esclusivamente elettrico. Assumiamo che ad esso accedano più segnali i_k ciascuno ad una delle porte d'ingresso e che da esso diparta un canale d'uscita lungo l'assone avente il compito di trasportare fuori di N un segnale u , emesso come risultato dell'elaborazione locale di N e presumibilmente trasmesso ad eventuali altri neuroni.

Si considera che i segnali che si presentano all'ingresso siano impulsi del tipo "tutto o niente" ovvero tutti della stessa ampiezza e durata impulsiva. Quando pervengono al neurone N , i segnali d'ingresso vengono assommati per valutarne il numero che deve essere confrontato rispetto ad una soglia σ , superata la quale scatterà rilasciando un segnale dalla "porta" d'uscita.

La funzione – simile a quelle usate nel Perceptron di Rosenblatt (Block et al., 1961) - è definita dalle relazioni:

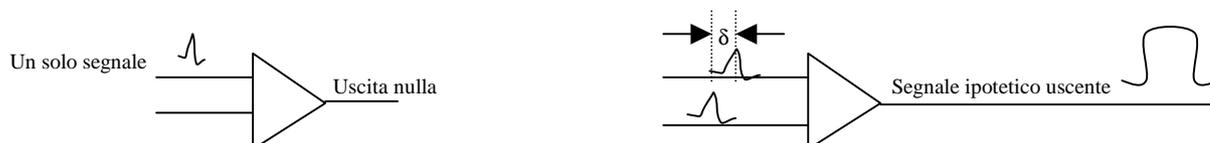
$$u = 1 \quad \text{se } \sum_k i_k \geq \sigma$$

$$u = 0 \quad \text{se } \sum_k i_k < \sigma$$

ove si conviene che $u=1$ significa "segnale di una coincidenza di n segnali in ingresso" mentre $u=0$ significa "nessuna coincidenza presente",

Essendo i segnali impulsivi e non necessariamente esattamente contemporanei, ammettiamo per ipotesi che la somma abbia effettivamente luogo soltanto se la distanza temporale fra l'uno e l'altro risulti minore di un lasso di tempo δ che esprime la tolleranza alla distanza temporale fra i segnali ritenuti significativi.

Chiameremo questa operazione "integrazione temporale".



Considereremo che questa condizione sia senz'altro verificata anche perché esiste la possibilità che vi siano a monte di N alcuni neuroni per così dire "preparatori" incaricati di fare in modo che l'istante dell'impulso destinato all'ingresso di N sia segnalato in maniera efficace per essere riconoscibile ed utilizzabile da N .

Supponiamo ora che una cellula ciliata dell'orecchio scatti dando un segnale quando l'onda acustica è massima. Sappiamo anche che non è detto scatti sempre né che scatti nell'istante teoricamente giusto: piccoli "errori" in realtà potrebbero essere utilizzati per scopi particolari dal SNC con la conseguenza che – tratti in inganno dalla loro apparenza negativa dell'essere un errore – potremmo non comprenderne di primo acchito la preziosa ipotetica funzione.

In ogni caso, piccoli "errori" di rilevamento possono far sì che lo scatto avvenga leggermente prima o leggermente dopo l'istante del massimo. Vi sono tuttavia altre cellule vicine che possono scattare, un poco prima o poco dopo nel tempo a causa di "errori" simili. Ipotizziamo che un'elaborazione successiva s'incarichi di mediare questi segnali per attribuire la migliore collocazione all'istante supposto di massimo. Questo istante, sia che corrisponda oppure no ad uno dei segnali, può essere tuttavia attribuito mediante una procedura usuale di media temporale. Dal punto di vista degli accadimenti fisici, è necessario ammettere che l'attribuzione temporale avvenga leggermente dopo gli accadimenti che l'hanno provocato perché bisogna "aspettare" che si verifichino tutti i segnali distribuiti in un lasso di tempo ragionevole, precedente all'attribuzione che dà luogo all'evento percettivo: l'attribuzione dà naturalmente luogo ad un rendimento percettivo conforme. A causa del ritardo necessario allo costituirsi dell'attribuzione, in certe situazioni possono verificarsi fenomeni inattesi e magari paradossali di rendimento percettivo (Incarbone, 1994; Vicario 2002)

Grazie alle predette elaborazioni che avverrebbero l'una di seguito all'altra, possiamo supporre che in corrispondenza agli istanti di massimo così mediati, ciascuno pertinente ad una delle varie armoniche (o dei centri formantici), si

abbiano a disposizione segnali corrispondenti, uno per ciascuna vibrazione in esame che, per semplicità, ipotizziamo viaggiare su una fibra nervosa ad essa dedicata (secondo il principio della separazione tonotopica).

Ad un livello d'elaborazione superiore, esisterà un neurone N al quale questi segnali pervengono e che supponiamo scatterà ogni volta che c'è una coincidenza di segnali in ingresso.

Supponendo la soglia variabile, supponiamo che sia possibile attribuirle un valore anche lievemente maggiore al numero di segnali coincidenti in arrivo. Se la soglia σ ha valore minore di uno ma di poco maggiore di zero, (così determinato per valutare l'arrivo di un solo segnale in arrivo), N scatterà ad ognuno di questi. Supponiamo ora che la soglia venga portata ad un nuovo valore σ' minore di 2 ma maggiore di 1. Il neurone non scatterà più ad ogni singolo segnale ma potrà farlo se i segnali che coincidono sono almeno due, dato che la soglia σ' si trova compresa tra i valori: $1 < \sigma' < 2$.

Questo processo si ripeterà successivamente passando man mano dal valore di soglia σ' compreso fra 1 e 2 a quello successivo di σ'' compreso fra 2 e 3, poi a quello compreso fra 3 e 4 e così via, fra 4 e 5 fino ad assumere il valore di poco maggiore di 5 ed inferiore a 6.

Supponiamo ora di lavorare con 5 armoniche di una fondamentale assente.

Nelle condizioni supposte di assenza della vibrazione fondamentale e di presenza di soltanto 5 altre armoniche, non esistendo alcun valore di coincidenza maggiore di 5 (i segnali presenti alle porte d'ingresso sono soltanto cinque), il neurone non scatterà più ed il valore assunto dalla soglia, dopo un certo tempo di permanenza della prova, potrà p. es. essere di nuovo diminuito e portato tra 4 e 5 così da provocare lo scatto di N come segnalazione di una coincidenza ripetitiva significativa; questo corrisponde all'insieme dei cinque segnali (dovuti alle cinque armoniche) e sarà definitivamente attribuito dal soggetto (fino a verifica contraria su N) ad un "basso fondamentale, virtuale", con una frequenza attribuita 1, fisicamente inesistente.

Si noti che l'architettura di questo schema è resa possibile dal fatto che ogni segnale è di tipo impulsivo e non continuativo (vale a dire il segnale dura soltanto nell'intorno dell'istante cui si riferisce e non perdura; altrimenti si confonderebbe il sistema funzionalmente).

E' dunque da supporre che i segnali condotti lungo le linee siano di *tipo impulsivo per facilitare in ogni caso la loro analisi nel modo "tempo"*, ovverosia *per facilitare eventuali elaborazioni di tipo temporale*.

Lo schema che abbiamo brevemente esposto fin qui, ci sembra ancora più flessibile se si suppone che i neuroni di tipo N siano, anziché uno solo, almeno due N' e N'' ciascuno con una propria soglia, rispettivamente σ' e σ'' .

Mentre la soglia σ' di N' assume uno dopo l'altro i valori numerici come sopra detto, si supponga che la soglia σ'' di N'' assuma il valore immediatamente superiore $\sigma'' = \sigma' + 1$.

In questo modo, un neurone successivo C che accolga i segnali d'uscita u' e u'' da N' e da N'' può essere in grado di confrontare i due segnali emergenti da questi ultimi.

Nelle condizioni supposte di cinque armoniche presenti, il massimo numero di coincidenze è 5 e l'istante del suo effettivo accadimento sarà segnalato quando le due soglie avranno assunto il valore rispettivamente fra 4 e 5 per σ' (p. es. 4,4) e fra 5 e 6 per σ'' (p. es. 5,5). Avendo supposto che per il funzionamento tipico di questo sistema sia $\sigma'' = \sigma' + 1$, i due segnali d'uscita saranno allora $u' = 1$ e, contemporaneamente $u'' = 0$. Questi segnali d'uscita assicurano che nell'istante del confronto con le soglie, il numero valutato è superiore a 4 ed inferiore a 6 e pertanto – dovendo risultare un numero intero - non può che essere 5. Questo accadimento si verifica, come già sappiamo, soltanto all'inizio ed alla fine di un periodo. Questo metodo è necessario e sufficiente alla valutazione del massimo numero di coincidenze e del periodo virtuale corrispondente (compreso fra due accadimenti di questo numero). E' necessario perché non si può sapere a priori che cosa accade fra l'inizio e la fine del semiperiodo; è sufficiente perché dopo di esso, essendo le vibrazioni di tipo periodico, e dunque ripetitive (con grande probabilità almeno per un certo tempo per quanto certamente limitato), tutte le elaborazioni già fatte non potrebbero che ripetersi uguali. Le eventuali variazioni dovranno invece interessare altri tipi di elaborazioni successive e coinvolte nel rendimento timbrico.

Quando il valore massimo (nel nostro caso è 5) riscontrato, viene di nuovo raggiunto e tutte le vibrazioni si presentano di nuovo in fase di massimo, si ha la valutazione del periodo fondamentale ovvero virtuale, ciò che implica il riconoscimento del periodo, quindi dell'altezza, da attribuire al basso inesistente.

Vogliamo tirare le conclusioni di questo possibile funzionamento e anche ricordare le ipotesi di lavoro poste.

- 1) Le soglie dei neuroni N sono sotto il controllo di un dispositivo di controllo e di processo più "centrale" rispetto a questi.
- 2) I neuroni di tipo N devono essere capaci d'integrare i segnali nonostante piccole differenze di tempo (sfasamenti) tra l'uno e l'altro, il che accade se i_1 e i_2 non sono contemporanei. Il termine integrare è usato intenzionalmente al posto di "sommare" proprio perché l'integrazione dei segnali deve poter avvenire nonostante le differenze temporali d'accadimento dei segnali (che dovrebbero essere sommati).

In certi casi, a frequenze molto basse, è possibile che il semiperiodo vada considerato al posto del periodo ai fini della rapidità dell'elaborazione, rapidità indispensabile alla sopravvivenza dell'individuo ed all'adattamento della specie all'ambiente; ciò è verosimile alle basse frequenze quando i segnali sono più lenti, i periodi essendo più lunghi; l'ipotesi ora detta non è invece indispensabile a frequenze più elevate quando i periodi in gioco sono abbastanza brevi. Abbiamo

supposto che il semiperiodo sia ottenuto per raddrizzamento dell'onda del segnale cosa che sembrerebbe accadere al di sotto di un valore posto fra 100 e 200 Hz (Pierce, 1987) cioè quando i periodi più lunghi sono più pericolosi obbligando all'attesa nelle reazioni motorie.

- 3) Ciò che accade al livello dei neuroni N, può accadere anche ad un livello di superiore astrazione. In generale nulla vieta che un funzionamento a livello più periferico, si ripresenti ad un livello più elevato, più centrale e più vicino alla consapevolezza. Da alcuni indizi che abbiamo visto a proposito delle percezioni virtuali, siamo inclini a pensare che il procedimento percettivo "microtemporale" si potrebbe ritrovare molto simile in un procedimento macrotemporale, per es. in musica e precisamente, come si è visto, nelle strutture della scansione ritmica, nella suddivisione delle battute e nella distribuzione degli accenti coinvolgendo argomenti come *ritmo, battute, accenti*.

Ritmo, battute, accenti. Attribuzione di significato e azione terapeutica della musica.

E' noto che in un brano musicale sussiste un aspetto ritmico. Alcuni suoni risultano accentati, altri no. L'accento può essere considerato come l'attribuzione di un rilievo attentivo (Benussi, 1913) dedicato ad un particolare momento peculiare o a "singolarità" (Stroud, 1955) del materiale sonoro grezzo. Anche alcuni musicologi sono persuasi che il ritmo – di solito poco ben definito – sia dovuto ad un intervento attivo del soggetto (Righini e Righini, 1974) e basta il caso del tic tac dell'orologio per convincersene: battiti tutti uguali (tic tic ...) vengono accentati e percepiti diversamente (tic tac ...) senza che alcun dato fisico autorizzi a farlo tranne la diversità dell'istante nella successione ordinata degli accadimenti. E' superfluo dire che i diversi suoni attribuiti ai battiti uditi, possono essere scambiati fra di loro grazie ad un intervento volontario del soggetto. Un diverso accento può essere attribuito esprimendolo con una diversa vocale, oppure – sempre usando alternativamente due vocali – è possibile accentarle ora l'una, ora l'altra, oppure con un accento d'intensità sonora anziché vocalica.

Diverse qualità d'accenti sembrano dunque passibili di combinazione fra loro.

L'importanza del rilievo dato dall'attenzione è stata ampiamente riconosciuta nei fenomeni brevi (intorno a 100 msec ma spesso anche secondo multipli o sottomultipli di questo valore) nei lavori di vari autori (Geissler, 1992; Kristofferson, 1990; Vicario e Zambianchi, 2002) i quali, tuttavia, non hanno potuto raggiungere alcuna conclusione definitiva soprattutto a causa di una mancata definizione precisa di attenzione oltre che per la presenza di fenomeni che davano *valori temporali in apparenza fra loro contrastanti*.

Per la valutazione di durata o dell'ordine di eventi sonori, i tempi in gioco sono comunque superiori, dell'ordine dei 50 msec.

Noi abbiamo già osservato che 50 o 25 msec sono un limite superiore per la valutazione inconsapevole del periodo delle vibrazioni acustiche, mentre il limite inferiore è di 25 microsec. Questi tempi sono quelli necessari per l'attribuzione dei caratteri distintivi dei suoni che – grosso modo – corrispondono, quando non siano valutazioni virtuali e soggettive – a caratteristiche fisiche oggettive della vibrazione acustica.

Se da un lato è importante riconoscere l'influenza reciproca che i caratteri distintivi del suono soggettivo hanno gli uni sugli altri (ad esempio l'intensità attribuita influenza l'altezza attribuita, il timbro l'intensità e così via) allo scopo di avere le idee chiare sulla differenza che esiste fra caratteri soggettivi e caratteristiche oggettive – queste ultime descrittive, le prime invece meritevoli comunque di una spiegazione che può essere estremamente illuminante sui meccanismi della percezione, dall'altro lato non si può negare che i caratteri del suono potrebbero avere (ed empiricamente risulta che hanno) connotazioni e risonanze emotive e somatiche: ciò alla luce dell'effetto treno e dell'effetto magnete che, pur lontani dalla musica, ne condividono tuttavia gli aspetti semantici d'affermazione e di negazione e costituiscono come i segni di un collegamento apparente nascosto fra sfere in apparenza lontane fra loro, vale a dire comprensione, emozione e soma.

Nella musica tonale settecentesca, che è la preferita dalla musicoterapia, i temi, le frasi ed i periodi musicali, sono scanditi da un ritmo costante che facilmente richiama il battito vitale del cuore nonché la conferma di un evento udito, ripetuto, atteso. Quando ciò che è atteso, improvvisamente non si verifica o è contraddetto dalla realtà, come nell'effetto treno, si scatena un significato di non conferma che sembra risultare a volte fastidioso o distruttivo per l'integrità salutare, psichica o somatica, del soggetto, eventuale paziente.

Il ritmo costante a cui alludiamo è l'alternarsi tendenzialmente regolare del suono con il silenzio (una sonorità uniforme genera ben presto assuefazione), quello delle battute che si ripetono con ritmo costante (tipico della musica tonale), quello delle parti che si ripresentano con uguali strutture anche timbriche, quello della tonalità che dopo modulazioni e passaggi, ritorna verso la tonalità di partenza, situazioni – tutte queste - tali da ritenere dotate di *significato* essenziale, generale *non specifico*.

E' infatti noto che una scena teatrale, filmica o semplicemente una danza, possono essere accompagnate ugualmente bene da musiche diverse (e viceversa una stessa musica può adattarsi bene a scene disuguali) e queste sembrano avere un significato più generale che specifico che verte e coinvolge capacità umane di base, non particolari.

Ci sembra non si possa trascurare il fatto che la vita soggettiva del paziente ha tanta importanza quanto la realtà dell'ambiente in cui vive. Nel suo proprio vissuto, le realtà esterna ed interna non si distinguono che per attribuzione d'appartenenza; entrambe sono in ogni caso l'effetto di attribuzioni – adeguate o inadeguate - senza le quali non ci sarebbe vissuto e quindi sarebbe impossibile la vita per il paziente.

L'azione terapeutica della musica *non* va vista nell'ottica di un'*azione fisica* sul corpo del paziente ma nell'ottica di un'*attribuzione di significato* in cui la parte fisica svolge soltanto ed unicamente una *funzione intermediaria* al pari di qualcosa scritto su un biglietto.

Presentando ad un soggetto due fogli di carta uguali, stampati con la stessa quantità d'inchiostro dello stesso colore e di uguale formato globale, ma l'uno espresso con parole diverse da quelle dell'altro, ad esempio uno di buona nuova e l'altro di cattiva notizia, l'influenza fisica (p. es. della quantità di nero sul bianco del foglio) è in pratica indifferenziata mentre ha grande importanza il significato di ciò che è scritto: il nero sul bianco del foglio fa solo da supporto fisico al messaggio ma non lo sostituisce e non può sostituirlo.

In conclusione, la musica esercita su di noi un fascino ed ottiene un certo effetto non per l'azione fisica che può esercitare sui centri e sui sistemi nervosi ma grazie al fenomeno dell'attribuzione con cui la interpretiamo e che ci consente di dare un senso, un significato più profondo che di solito sfugge e di ricevere un'influenza.

Ciò ovviamente grazie alla natura del supporto fisico indispensabile, necessario ma non sufficiente.

Abbiamo potuto assistere al fenomeno notevole del diverso effetto che un semplice colpo su un piatto o su un gong aveva su persone diverse. Positivo l'effetto sugli uni, altamente negativo su alcuni altri, giacché profondamente diversa era l'attribuzione compiuta nei vari casi.

La musicoterapia non è dunque un toccasana né una panacea valida per tutti i mali; in alcuni casi può avere effetti negativi e richiede cautela, accortezza o pazienza nella somministrazione.

Allo scopo di chiarire l'importanza essenziale dell'operazione d'attribuzione, abbiamo messo in rilievo la sicura ed universalmente osservata – da vari autori – attribuzione d'altezza virtuale, di basso virtuale e così via che danno percezioni soggettive di entità fisicamente inesistenti. Eppure l'altezza di un suono avrebbe dovuto essere legata alla frequenza fisicamente misurata come si sosteneva in antico, mentre così non è.

Nonostante ciò, i fenomeni virtuali non sono l'effetto di pura fantasia, ma il risultato della natura e del dinamismo fisico e fisiologico, combinati insieme per la preparazione più adatta alla creatività del significato attribuito dalla persona.

Abbiamo dunque ragione di ritenere che l'*attribuzione* possa intervenire ed avere un ruolo fondamentale nel miglioramento della salute, nella velocità della guarigione, nell'alleviamento della sofferenza nonché sulla frequenza cardiaca, sull'ossigenazione dei tessuti, sul ritmo del respiro vale a dire anche su caratteristiche psicosomatiche empiricamente da tempo rilevate con sicurezza.

Il motivo di queste influenze risiede in fenomeni psicologici che meritano certamente di essere studiati come quello dell'attribuzione di percetti e di significati tenendo anche conto che le attribuzioni a volte possono essere inadeguate, mal poste, illusorie, o del tutto errate. Non di rado alcune attribuzioni sia favorevoli, sia a volte sfavorevoli, possono essere pesantemente condizionate dalla storia passata dell'individuo, da influenze culturali e sociali negative, da incidenti e da altri fattori che provocano disagio psichico o fisico nella persona.

La migliore prova del ruolo psicologicamente confermando della musica sta forse nella musica stessa.

Si vede già nella scala, gradevole in rapporto al basso (il "primo grado" o gradino della scala, esemplificando: il "do") perché suona conferma essendo i periodi in rapporti interi e quindi pronti a ritrovarsi aritmicamente senza che il soggetto naturalmente ne abbia coscienza. Questa ipotesi è resa valida da troppi e diversi fenomeni per essere rigettata frettolosamente: nella scienza è necessario attenersi ai fatti e non tenere conto di pregiudizi ideologici a volte ingenui, specialmente quelli dettati da eccessivo scientismo, lodevole nelle intenzioni ma a volte disastroso nei risultati.

Oltre al fenomeno universale dell'adozione della *scala* che inizia e termina con la stessa nota, ma ad un'ottava più alta, forse la conferma più alta di tutte, abbiamo anche il fenomeno dell'*accordo* in cui il nome stesso c'illumina: d'accordo, significa avere le stesse idee, trovarsi "in armonia", "in sintonia", "in sincronia d'azioni e d'intenti". Ed è un fatto che le altre note dell'accordo confermino il periodo del basso, ed anzi addirittura ne creano un altro virtuale come se non bastasse quello reale! Le diverse note "confermano" il basso con cui sono "d'accordo" essendo i periodi in relazione di sincronismo – ed abbiamo visto che per prevedere i fenomeni virtuali esaminati è infatti necessario annullare la differenza di fase e confrontare l'inizio e la fine dei periodi o dei loro multipli.

Il basso è confermato in ogni caso anche dagli altri suoni della scala che ne costituiscono un richiamo ora vicino ed ora lontano (a seconda della semplicità del rapporto delle frequenze). La tendenza alla conferma si scopre nella dissonanza che è tale quando non si riesce a scegliere il fix unico fra due suoni (o altri enti, in generale) troppo vicini da creare ambiguità o direttamente (semitono come M-F) o indirettamente tramite le loro armoniche (tritone come D-F#).

La conferma sta nell'attribuzione d'altezza virtuale che sussiste non solo nel caso del fenomeno della fondamentale mancante ma anche nella dissonanza lieve, quando due corde suonano quasi alla stessa altezza, sicché s'attribuisce loro lo stesso suono, (cosa da sempre nota agli accordatori che lo sfruttano per rendere il suono più ricco e pastoso). Le lievi differenze di frequenza fra più corde dello stesso nome non è resa con una percezione di diversa altezza – attribuita uguale – ma sul timbro! L'udito annulla la differenza d'altezza, dunque, ma al tempo stesso non l'ignora bensì ne tiene conto avvertendoci con il timbro: questo significa che la mente è capace di un'*attribuzione forzata*, da alcuni detta "percezione categoriale", termine di cui abbiamo già parlato prima.

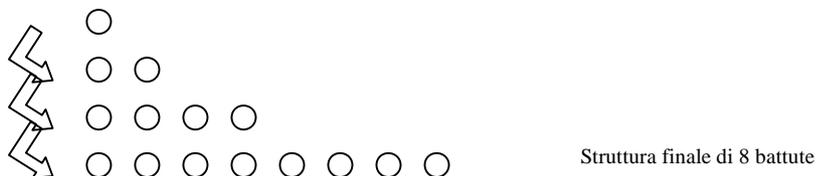
Il suonare conferma – quasi come dire un sì con il capo in tanti modi così diversi l'uno dall'altro eppure altrettanto pregni di uguale senso – sta anche nella forma musicale che ripete il brano iniziale.

La conferma sta nel ritmo che è essenzialmente ripetizione regolare, vale a dire conferma di qualche cosa che ci attendiamo (un battito dopo l'altro); così la nostra aspettativa (del battito) è confermata. **La ripetizione è conferma.**

Sta, ovviamente, nel gradimento e nella somiglianza soggettiva – universalmente nota ed usata – dei suoni a distanza d'ottava che ripetonono l'un l'altro le coincidenze dei periodi.

Struttura tematica. Sta persino nella forma strutturale tematica del brano. Infatti la prima battuta si ripete a volte identica o quasi identica nella seconda battuta, poi queste prime due si ripetonono a loro volta nelle seconde due e così via, generando forme di battute in numero di 2 (prima frase), 4 (semifrase iniziale), 8 (frase o tema), 16 (tema e sviluppo del materiale tematico), e così via fino alle 256 battute della forma canonica “gongan” usata per la musica nel sudest asiatico che denomina anche le forme di 16 battute, il “kawatang”, o di 32 che è il “ladrang” o il “gangsaran” (diversamente combinazione delle parti ma pure di 32 battute) mentre la semplice forma di 8 è la frase “gongan” (Garzanti, 1993).

Sebbene nella nostra musica si trovano brani formati da un numero di battute che non è una potenza di 2 (ma per lo più si tratta di brani con un numero *pari* di battute, p. es. 12), non può essere un caso che i brani canonici siano molto spesso composti da una **potenza 2ⁿ** di battute! Se questa forma strutturale si trova in aree geografiche fra loro così lontane come l'Europa ed il Sudest asiatico (Giava, Bali) deve esserci un significato profondo e questo, secondo noi, è insito nella ripetizione, principio che sviluppato con coerenza porta alla ripetizione della ripetizione secondo una struttura annidata.



Struttura annidata di un brano o di una sua parte significativa. La struttura può proseguire oltre le 8 battute illustrate.

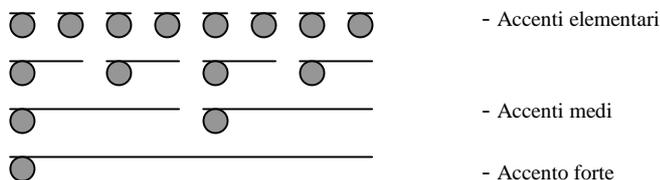
Se si trattasse dell'esposizione di una prima parte, a queste prime 8 battute potrebbero seguirne altre 8 come seconda parte; a volte, proseguendo, ne seguono poi 16, o magari ancora 32 e così via secondo uno sviluppo in cui ogni nuova aggiunta ripete la grandezza della precedente pur cambiandone i contenuti secondo una struttura annidata che complessivamente è formata da un numero di battute uguale ad una potenza di 2.

Accenti macro e loro forza nominale. Il principio della ripetizione.

Il principio della ripetizione sta anche nella forma musicale che ripete il brano iniziale.

Sta nell'esistenza del ritornello.

Sta non solo nella regolarità del ritmo ma anche nella struttura accentata della battuta nella quale l'accento elementare si ripete con valore logico unitario e con regolarità, ma ecco intervenire un accento intermedio di valore doppio e poi un altro ancora un altro con valore quadruplo e magari uno di valore otto volte maggiore – giusto come nella forma annidata ora illustrata a proposito di un brano ed ora anche qui chiaramente visibile negli accenti “genetici”, così da noi introdotti in un “tempo di otto ottavi” (8/8) in cui si odono chiari i diversi accenti:



Valore attribuito: 4 1 2 1 3 1 2 1
 Accento maggiore: P E T E S E T E

(P = Primo, S = Secondo, T = Terzo, E = Elementare)

Nomenclatura: F E D E M E D E

(F = Forte, D = Debole, M = Mezzoforte)

Gli accenti forti, mezzoforti e deboli sono conosciuti con questi nomi in musicologia e nella didattica musicale. La genesi qui illustrata non era finora stata proposta. Non sembra si conosca un diverso motivo per cui si generino. Nella teoria musicale accademica, gli accenti mezzoforti non sono due, ma soltanto uno, quello di mezzo e gli accenti elementari non sono otto e non sono considerati. Ci sono solo due accenti deboli. La loro sequenza, in un “tempo” suddiviso in quattro movimenti è infatti:

I = Forte, II = Debole, III = Mezzoforte, IV = Debole.

Abbiamo adottato la terminologia diversa per distinguere il nostro concetto genetico di accento da quello risultante espressivo. Così abbiamo chiamato diversamente i nostri accenti che non sono in relazione diretta e non sono equivalenti a quelli musicologici.

Queste diverse maniere di dare luogo alla realizzazione della ripetizione, alcune consapevoli e facilmente osservabili nelle forme macro (forma musicale, ritornello, struttura annidata) altre addirittura inconsapevoli ma universalmente diffuse (ottava, vibrazione periodica del suono che si ritrova nell'accordo, nell'altezza della fondamentale o nel basso virtuali, nella concezione universale della scala e così via) è secondo noi la prova migliore che il principio della ripetizione è non solo universale ma anche gradito: se al contrario fosse sgradito abbiamo ragione di ritenere che non sarebbe così facilmente accettato da popoli lontani e diversi. Un gradimento che ci sembra non possa essere che un significato di conferma della persona intera che s'immerge nella musica.

Se l'accento e la ripetizione sono qualcosa che si percepisce ed implica la *sfera cognitiva*, il loro significato d'affermazione implica invece una *connotazione emotiva* che in qualche modo ha ripercussione sulla *componente somatica*. Pensiamo genericamente al cuore ed alle reazioni positive riscontrate empiricamente nella musicoterapia e che ora, con le ipotesi qui introdotte e comprovate almeno in parte dai dati osservati e dalle conseguenze dedotte in accordo con i fenomeni spiegati – specialmente in merito alle attribuzioni virtuali – ci sembrano indicare una via che porta verso una sempre maggiore comprensione della *musica* e della *musicoterapia*.

Musicoterapia e patologia.

In base alle esperienze da noi osservate con pazienti gravi in ambiente psichiatrico, ci sembra ingenuo pensare che la musica possa corrispondere biunivocamente alla forma patologica. Il *significato è attribuito* alla musica in via soggettiva; e l'individuo in un certo istante è il risultato di tutta la sua storia passata e di tutto il proprio corredo ereditario. Sarebbe assurdo allora pretendere che esista un brano adatto all'epilessia ed un altro alla bulimia e un altro ancora consigliabile solo per gli ustionati.

In realtà uno stesso brano può essere utile ed efficace per un paziente ma controproducente per un altro a parità di patologia giacché il significato attribuito dipende in modo complesso dalle esperienze pregresse, dalla costituzione genetica e dalle condizioni attuali in cui il soggetto si trova (per es. fare parte di un gruppo, dal fatto che questo sia un gruppo danzante oppure no e così via).

Una difficoltà nella comprensione dell'effetto musicoterapeutico è che l'attribuzione di significato è relativa ad un significato molto più generale e "astratto" di quanto si sia a volte disposti ad ammettere che sta alla sensibilità del musicoterapeuta scoprire o almeno rispettare considerandolo come necessario e privato della persona..

Il primo significato e forse più importante e generale della musica è quello della conferma dell'essere, accettato così com'è. Questo significato è colto nel ritmo che è e si ripropone come accadimento, nel colpo che si ripete: il suono penetra dentro di noi e ci pervade, l'orecchio non ha palpebra.

Il suono è, e quando si ripete, è ancora e, se lo vogliamo, può sembrarci uguale oppure diverso come il tic dell'orologio che può rimanere tic oppure diventare tac in un'alternarsi di modi di essere, si sentire e di sentirsi.

Questo significato può costituire una chiave decisiva per l'accesso alla persona ma potrebbe essere anche un mezzo di chiusura della medesima con effetti negativi a volte disastrosi.

Occorre dunque cautela, la musica non può essere usata indiscriminatamente.

Abbiamo osservato il più delle volte effetti positivi applicando la musica, specialmente insieme alla danza, ma in qualche raro caso abbiamo potuto osservare che anche un semplice colpo su un piatto può, con le vibrazioni che ne seguono, generare effetti nocivi e sorprendenti ancorché passeggeri se sospesi tempestivamente.

In alcuni casi, se l'individuo ha una scarsa autostima, tenderà ad accettare di buon grado musiche che lo confermino così com'è, ossia musiche tristi o melanconiche perché paradossalmente sono le uniche in grado di confermare il suo essere fatto di tristezza, inferiorità o depressione; la musica ha il pregio inestimabile di evolvere nel tempo e dunque un brano inizialmente melanconico può ben essere il cauto prologo ad un finale meno triste in cui s'intravede una nuova e promettente luce.

Qui entriamo però nell'ambito di una musica d'improvvisazione interattiva.

In ogni caso, i primi approcci musicoterapeutici dovrebbero sempre essere fatti nel segno della cautela: in questo senso, l'intervento gruppale si presenta come più adatto di quello individuale perché meno coinvolgente, più indiretto perché indirizzato al gruppo e non all'individuo specifico. In ambiente ospedaliero una musica diffusa con volume gentile, di sottofondo, non intrusivo, non diretto al singolo, ha buone probabilità di successo così come ne ha quella a scopo incantatore dei supermercati per incrementare le vendite senza parere.

Dal punto di vista della musica come conferma, gli autori consigliabili potrebbero essere quelli del 1700, da Vivaldi a Mozart, comprendendo naturalmente Haydn, Bach come pure gli altri del medesimo periodo. I romantici sono un poco tormentati e non sono facilmente sostenibili. Tutto questo corrisponde a ciò che si sa già empiricamente (Wigram e altri, 1997). Il fatto è che la musica non deve essere problematica ma dovrebbe invece infondere serenità e sentimenti positivi non problematici, come la speranza e una calma fiduciosa sciogliendo ansie e timori che potrebbero avere incresciose complicazioni attraverso semplici meccanismi come l'irrigidimento e la tensione vascolare, l'alterazione del ritmo della produzione vitale glandolare o l'influenza sulla respirazione e d'altri sintomi noti in letteratura.

Ci sono vari modi di fare musicoterapia: quella “passiva” dell’ascolto, quella “attiva” dell’esecuzione o, meglio ancora dell’improvvisare o del danzare ed infine quella “interattiva” in cui il musicoterapeuta improvvisa in base a ciò che il paziente sembra esternare, meglio se questi lo fa danzando, magari in gruppo (Incarbone, www.psicopoiesi.it).

Queste tre categorie di musicoterapia sono vere soltanto in prima approssimazione: ad esempio, la forma passiva è in realtà anche attiva poiché l’ascoltatore pone in rilievo certe parti del materiale sonoro, ne occulta delle altre, mescola ciò che ha udito con ciò che ora ode e con ciò che s’aspetta e così via. La maniera attiva è in parte passiva: chi sa improvvisare suonando uno strumento non sempre riesce ad esprimere ciò che sente, si sa che l’artista è sempre insoddisfatto! La musica prodotta in questo modo può essere considerata una prima approssimazione a ciò cui veramente si tende.

La maniera interattiva è anche attiva se il paziente può esprimersi danzando; al tempo stesso è passiva perché una parte del materiale sonoro gli viene offerta dall’improvvisatore anche se, a dire il vero, è il paziente stesso che l’ispira con i suoi gesti e con il significato ed il ritmo che alla danza sembra imporre.

Non dovrebbe sorprendere l’influenza positiva sugli animali e sulle piante: in quanto essere viventi, hanno analogie strutturali con gli umani, ogni cellula ha i suoi cicli vitali, così sembra che questi cicli abbiano bisogno di conferme per potere attuarsi con positivo slancio e frutto.

E’ da considerare anche che le piante e gli animali hanno gamme di sensibilità diverse. Bisognerebbe dunque provare a concepire o a traslare brani di musica nel campo degli ultrasuoni e degli infrasuoni. E’ molto positivo senza dubbio che la musica dei classici del ‘700 sia quella empiricamente più adatta: dà migliori risultati giacché questo convalida ciò che sappiamo in merito alla struttura stessa del suono. Sarebbe interessante sottoporre ad una prova di controllo l’influenza che una musica distorta con ottava allargata (Pierce, 2002) potrebbe avere sulle creature non umane. Si avrebbe così conferma che l’ottava ha un significato anche per gli essere viventi diversi dall’uomo e che la somiglianza che noi percepiamo è udita in qualche maniera anche da loro.

E’ nostra convinzione che molto ancora resta da fare e che siamo agli inizi di quello sviluppo che la musicoterapia avrà in futuro grazie anche ai procedimenti di tipo empirico che spesso anticipano la comprensione piena o parziale dei fenomeni.

Bibliografia.

- Benussi, V. (1913). *Psychologie der Zeitauffassung*. Heidelberg. Winter.
- Block, H. D. (1961). A model for brain function. *Collected Technical Papers. Vol. 1. Jan. Cell University. Ithaca, N. Y.*
- Boole, G. (1976). *Indagine sulle leggi del pensiero*. Einaudi.
- Denes, G. e Pizzamiglio, L. (1996). *Manuale di Neuropsicologia*. Zanichelli.
- Fraisse, P. (1967). *Psychologie du temps*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Frova, A. (1999). *Fisica nella musica*. Zanichelli.
- Geissler, H. D. (1992). New Magical Numbers in Mental Activity: On a Taxonomy System for Critical Time Period. In Geissler H. D. et al., *Cognition, Information Processing and Psychophysics: Basic Issues*. Hillsdale, New Jersey: Hove and London, LEA.
- Gustin, M. (1969). *Tonalità*. Philosophical Library. New York. In: Frova, A. (2007). *Fisica nella musica*. Zanichelli. Bologna.
- Husserl, E. (1992). *Per la fenomenologia della coscienza interna del tempo*. F. Angeli.
- Incarbone, S. (1994). *Il problema del quantum di tempo psicologico*. Università di Padova. Tesi non pubblicata.
- Incarbone, S. (1997). www.psicopoiesi.it
- Kristofferson, A. B. (1984). Quantal and deterministic timing in human duration discrimination. In: J. Gibbon & L. Allan (Eds.), and timing perception. *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 423, (pp. 3-15).
- Kristofferson, A. B. (1990). Timing Mechanisms and Threshold for Duration: In Geissler H. D. *Psychophysical Explorations of Mental Structures* (pp. 268-277). Toronto: Hogrefe & Huber.
- Michotte, A. (1972). *La percezione della causalità*. Giunti Barbera. Firenze.
- Monahan, P. J. et al. (2008). Neuromagnetic evidence for early auditory restoration of fundamental pitch. *Plos one. New Zealand. July 15*.
- Pierce, J. R., (2002). *La Scienza del Suono*. Zanichelli
- Righini, P., Righini, G. P. (1974). *Il suono*. Tamburini.
- Schouten, J. F. (1940). The residue, a New component in Subjective Sound Analysis. *K. Ned. Akad. Wet. Proc.* 43. 356-365.
- Stroud, J. M. (1955). The fine structure of psychological time. In H. Quastler (Ed.), *Information theory in psychology: Problems and methods* (pp. 174-205). Glencoe, IL: The Free Press.
- Wigram, T. et al. (1997). *Manuale di Arte e Scienza della Musicoterapia*. Ismez. Roma.
- Vicario, G., Zambianchi, E. (2002). *La percezione degli eventi*. Guerini Studio.

Indice

Sull'attribuzione musicale.

La sirena di Seebeck.

L'ipotesi di Galileo.

L'ipotesi del periodo d'attesa più lungo.

1. Altezza attribuita
2. Scala in rapporto al tono base.
3. Il nome dell'accordo.
4. Intervallo fra due suoni e ruolo del più basso.
5. Raddoppio del suono più basso.
6. Inizio e fine brano e riferimento sonoro interno.
7. Musica tonale ed il tono basso come tonalità.
 - 1) Rameau
 - 2) Gradevolezza dei suoni naturali.
 - 3) Architettura spiraliforme dell'orecchio.
 - 4) Musica atonale.
 - 5) Fase consonantica e fase vocaliva del suono.
 - 6) Musica atonale e ritmo.
 - 7) Conferma nella tonalità. Conferma paradossale in atonalità.
 - 8) Musicoterapia ed impianto confermante.
 - 9) Basso insistente.
 - 10) Somiglianza d'ottava.
 - 11) Consonanza e dissonanza.
 - 12) Affermazione finale della tonica.

Sincronismo come conferma. Effetti speciali.

I 1° Effetto Treno

II 2° Effetto Magnete

Cognizione, emotività, somatizzazione. Ascolto attivo.

Fenomeni virtuali,

Senso interno del tempo. Modalizzazione.

Analisi discreta ed integrazione mentale.

Attribuzione, creatività e psicopoesi.

La funzione d'attribuzione: applicazione alla fisiologia del SNC.

1. Prima ipotesi di base. Azzeramento di fase e confronto. Orologi interni.
2. Seconda ipotesi conseguente. Codice cronotopico. Orologi interni.

Schema a blocchi dello strato naturale e artificiale.

Sensibilità e gamma del codice cronotopico. Cellule orologio a scatto e cellule condizionate.

Gamma dell'udibile. Slancio emotivo. Suoni virtuali e suoni trascendentali.

Tonalità trascendentali.

Sensi interni.

Schema conforme alla prima ipotesi.

Successione degli accenti armonici del suono. Attenzione e processore interno. Accordi completati virtualmente.

Accenti armonici nel caso di un suono mancante della fondamentale.

Accenti armonici nel caso di un accordo maggiore.

Alcune conclusioni. Accenti micro e macro. Accenti musicali. Peso degli accenti.

Schema conforme alla seconda ipotesi conseguente. Funzione soglia.

Ritmo, battute, accenti. Attribuzione di significato e azione terapeutica della musica.

Accenti macro e loro forza nominale. Il principio della ripetizione.

Musicoterapia e patologia.

.

Ulteriori enigmi.

Sono necessarie ulteriori ricerche teoriche e sperimentali per dipanare le incertezze intorno ad alcuni enigmi della musica e della musicoterapia.

Uno di questi concerne ancora la somiglianza d'ottava. E' possibile infatti che non basti la forma a spirale per giustificarla giacché mentre sembra farlo per l'ottava non funziona altrettanto bene per l'intervallo di "quinta" e di "terza": la spirale spiega l'ottava ma non la bontà e le consonanze dell'accordo D-M-S che sono quelle relative a D-S (quinta giusta), a D-M (terza maggiore) e a M-S (terza minore). Per queste consonanze va abbastanza bene la teoria del sincronismo di alcuni eventi dei periodi ma solo in prima approssimazione perché se è vero che il rapporto 2/1 (una coincidenza di D per ogni 2 periodi di D' nel bicordo D-D') è di migliore gradimento del rapporto 3/2 (una sola coincidenza di D ogni 3 periodi di S, nel bicordo di D-S), non ci s'aspetta che questo a sua volta sia migliore del rapporto 4/1 (relativo all'intervallo di due ottave D-D'') in cui si ha una sola coincidenza ogni 4 periodi di D, giacché la somiglianza di D'' rispetto a D è maggiore della consonanza di D rispetto a S. La coincidenza dei periodi, idealmente fa capo a Galileo ed alla sua ipotesi.

Occorre allargare queste ipotesi facendo entrare in campo le armoniche (purché i suoni di partenza considerati non siano sinusoidali, cioè suoni puri. Questa condizione è dovuta sia al fatto che nel quotidiano, la maggior parte dei suoni possiedono un corteo di armoniche, sia soprattutto che le considerazioni che faremo non valgono per i suoni senza armoniche).

Il grande matematico svizzero Euler propose di considerare tanto migliore la consonanza quanto minore è il prodotto dei numeri che entrano nei rapporti semplici (Righini e Righini, 1974). Risulta infatti

$$D-D' \rightarrow 2 \times 1 = 2$$

$$D-D'' \rightarrow 4 \times 1 = 4$$

$$D-S \rightarrow 3 \times 2 = 6$$

e poiché $4 < 6$ risulterebbe giustificato che D'' dà un migliore consonanza di S (rispetto a D).

Il problema è tuttavia solo spostato poiché si ripresenta sull'intervallo di tre ottave (D-D''') che ha rapporto 8/1: è infatti $8 \times 1 = 8$ e 6 è più piccolo di 8.

Il merito di Euler è quello tuttavia d'aver richiamato il problema in campo razionale, distogliendolo dalla metafisica.

Un indice migliore di consonanza sembra quello citato da Frova che usa quello definito dalla somma dei due numeri diviso il loro prodotto. Per l'ottava, la quinta e le terze maggiore e minore abbiamo allora rispettivamente: $3/2=1,5$; $5/6=0,83$; $9/20=0,45$; $11/30=0,37$.

Purtroppo esistono suoni striduli come quello del rapporto 7/4 (Righini e Righini, 1974) che non è accettato per la sua dissonanza il cui indice sarebbe $(7+4)/7 \times 4 = 11/28 = 0,39$ di valore intermedio fra le due terze mentre invece non si può dire che il suono di 7/4 sia così consonante ed infatti non corrisponde al risultato ottenuto.

Questi calcoli dimostrano che molto ancora deve essere fatto e che ulteriori studi devono essere compiuti nel cammino verso la comprensione della musica e della musicoterapia.

Helmholtz sosteneva che la consonanza dipendeva dai possibili battimenti sia fra le fondamentali sia fra le armoniche: questi si verificano quando due vibrazioni di pari intensità (e che possono essere armoniche di qualsiasi ordine) hanno frequenze molto vicine. Matematicamente si può dimostrare che la loro somma equivale al prodotto di una vibrazione modulata in intensità che quindi sembra battere (di qui il nome di battimento).

In un esperimento, una vibrazione è tenuta fissa al La 440Hz ed un'altra è fatta variare con una manopola, gradualmente da 440 a 880 HZ (un'ottava più in alto). Quando i due suoni sono all'unisono, sono consonanti, gradevoli e non battono. Un commutatore permette di far giungere i due segnali sommati alle due orecchie, tramite una cuffia, oppure separati, uno all'orecchio sinistro ed uno all'orecchio destro.

Ruotando il commutatore ed aumentando gradualmente la frequenza del un segnale variabile si ode una fluttuazione che aumenta fino a battimenti sempre più frequenti insieme a crescente dissonanza fino al massimo stridore. A questo punto si agisce sul commutatore e i due suoni sono separati: i battimenti cessano e con loro cessa anche il rendimento dissonante. Secondo i Righini sarebbe confermato il principio di Helmholtz di dissonanza causata dai battimenti.

La formula matematica che mostra l'equivalenza fra la somma di due frequenze di poco diverse ed una vibrazione modulata in intensità non dice tuttavia quale dei due aspetti deve essere percepito dall'orecchio: se la membrana cocleare eseguisse il suo compito in modo da analizzare perfettamente le due vibrazioni, noi dovremmo udire due frequenze distinte che si sommano fra loro nel senso che ci apparirebbero come semplicemente contemporanee.

Se invece ciò che percepiamo è la vibrazione sotto l'aspetto di una modulante d'intensità o battimento, ciò non è dovuto alla formula matematica ma all'orecchio che è fatto in modo da non compiere la necessaria e sufficiente analisi ma in maniera da percepire la suddetta modulazione con cui preferisce cogliere l'aspetto modulato nel tempo piuttosto che l'aspetto analitico. Se poi l'aspetto modulato è dissonante, questo non ci sembra derivare dal battimento ma dalla coesistenza di due frequenze vicine, e dalla conseguente incertezza su quale delle due vibrazioni fissare la percezione d'altezza; e può darsi l'udito preferisca l'onda modulata piuttosto che rimanere nell'incertezza se percepire una sola vibrazione mediata fra le due oppure due distinte vibrazioni così come nell'effetto treno risulta sgradevole l'incertezza su quale dei due treni fissare la percezione di movimento. E' vero che alle dissonanze s'accompagnano dei battimenti, ma una cosa non implica necessariamente l'altra. Il battimento è un modo di funzionare dell'orecchio, mentre la dissonanza va al di là della sfera cognitiva e secondo noi implica un gradimento che coinvolge una valutazione emotiva che discende da un'incertezza, non da un battere.

Riteniamo pertanto l'esperienza riportata dai due autori come non sufficientemente significativa.

Se la forma a spirale, la valutazione delle coincidenze periodiche e gli accenti micro, i battimenti non bastano a spiegare la somiglianza d'ottava, le consonanze e le dissonanze, significa che ci dev'essere un ulteriore "modo" di funzionare del sistema uditivo che finora sembra esserci sfuggito.

L'accento cromatico del triangolo di Kanisza.

Tornando a ciò che abbiamo detto all'inizio, in merito alle cosiddette "illusioni" visive, possiamo ribadire che il colore del triangolo di Kanisza appare più marcato dello sfondo nonostante l'oggettiva omogeneità della tinta perché esso gode di un accento cromatico (Incarbone, 1994).

Nella visione gli accenti cromatici hanno non solo un colore più vistoso ma s'accompagnano ad altre caratteristiche straordinariamente marcate: una di queste è la distanza giacché il triangolo viene avvicinato al soggetto e sembra levitare sul foglio. Questo sembra giustificare la nostra ipotesi che l'accento forte di una battuta si formi per sovrapposizione di caratteristiche accentuate, che in questo caso musicale sarebbero, anzi sono la durata e la presenza di un inizio sonoro, in contrapposizione ad un silenzio precedente o alla "fine di una precedente battuta" che a questo punto potremmo più precisamente vedere non più come tale ma come "esaurimento di un precedente accento".

Un'altra caratteristica enfatizzata dall'accento cromatico è la forma. Si ha infatti la tendenza ad una forma schematica e regolare che non tiene conto di piccoli dettagli o di possibili anomalie che si cerca di forzare in una forma come se questa fosse prestabilita. I gestaltisti parlavano di tendenza alla buona forma. Mentre noi vorremmo porre in evidenza che se da un lato la nozione di buona forma sembra alquanto vaga, dall'altro è necessario prevedere anche quei casi in cui non sembra si possa dire a prima vista che sia presente una forma nota vera e propria.

Chiunque riconosce la forma di un quadrato negli esempi seguenti che pure lo sono solo – per dir così – in astratto.



Il quadrato vuoto è tale anche se dentro non è riempito ma appaiono solo i contorni.

Il quadrato con quattro cerchi appare come tale anche se c'è un cerchio grigio.

Il terzo formato da righe è riconosciuto come quadrato e può essere definito come quadrato formato da linee oblique e parallele senza che ciò tolga nulla alla forma nel suo complesso

In quello in tratteggio si trascura senz'altro il fatto che il tratto non sia continuo ma fatto di tratti, ora lunghi ora brevi.

La figura intrecciata è a forma di quadrato comunque.

I triangoli sono senza alcun dubbio ai vertici di un quadrato.

Lo spazio esteso del triangolo di Kanisza s'interrompe bruscamente ai bordi della figura in parte modali ed in parte amodali.

Per analogia, possiamo supporre che gli accenti musicali godano di proprietà in qualche maniera simile che queste siano presenti in un modo o nell'altro in tutti i sensi, oltre la vista. Nel caso dell'accento macro in musica, esso dovrebbe avere un timbro ad un'altezza corrispondente che possiamo immaginare di far corrispondere al colore (così come succedeva a Mozart e a molti altri musicisti). L'estensione dovrebbe corrispondere alla durata nel tempo che s'interrompe bruscamente col subentrare di un altro accento (in un'altra battuta) di pari intensità.

Gli accenti (deboli o intermedi) all'interno della battuta possono essere considerati l'analogo degli accenti riservati a figure più piccole, contenute nel triangolo e che non disturbano l'illusione di tinta cromatica.

Ribadiamo l'idea che le cosiddette "illusioni" non sono per noi assolutamente tali ma semplici ed importanti spie del nostro modo di funzionare e quindi degne della massima attenzione.

Purtroppo la teoria della Gestalt non andò abbastanza avanti ma ebbe il merito, comunque, di puntare il dito su alcuni fenomeni di alcune funzioni che rischiavano di passare inosservati..

Dissonanza e battimenti.

Si ha dissonanza quando *due suoni* sono *vicini in frequenza* (entro la cosiddetta banda critica che, alle frequenze medie e alte, equivale circa ad un semitono) e siano *suonati insieme*, vale a dire *contemporaneamente*.

Di conseguenza, se i due suoni sono separati nel tempo, non si odono come dissonanza. Un caso di separazione temporale è il *trillo* in cui i due suoni sono presentati molto rapidamente l'uno di seguito all'altro senza provocare alcuna asprezza ma, al contrario, considerato un ornamento molto usato in musica. A noi sembra che non si ode alcuna dissonanza perché ciascuno dei due suoni può essere percepito *senza incertezze*, ciascuno con la sua propria frequenza ben definita.

Se sono *separati presentandoli su un solo orecchio* ciascuno (ascolto dicotico realizzato con due cuffie che ricevono un solo segnale ciascuna), sono percepiti separatamente come due suoni diversi. In questo caso non c'è incertezza perché ogni orecchio è indipendente nel decidere quale sia la rispettiva frequenza: mancando l'incertezza non si hanno le conseguenze tipiche dell'effetto treno e manca dunque il fastidio tipico della dissonanza.

Si evita così l'incertezza su quale frequenza assegnare al singolo suono perché questo esiste propriamente come unico per il singolo orecchio che si rivela indipendente dall'altro nel costituire la percezione. Al soggetto sono presentate due separate percezioni.

Quando invece le due vibrazioni sono mescolate nell'aria, ciascun orecchio si trova in pari incertezza ed è questa ad essere presentata al soggetto che così la prova come fastidio emotivo.

Se i due suoni sono presentati *su ottave lontane* fra loro, la dissonanza (p. es. mi-fa) è meno forte perché c'è fra loro una migliore separazione. Questo è un fatto ben noto ai musicisti che lo sfruttano adeguatamente. Così mentre la coppia M-F è dissonante, la coppia M-F' lo è di meno (per comprendere questa asserzione si ricordi che tutti i suoni di ugual nome, come F e F', sono molto somiglianti fra loro e tendono ad essere confusi l'uno per l'altro, nonostante la distanza in frequenza). Naturalmente ancora meno dissonante sarà la coppia M-F". (L'apice singolo indica l'appartenenza del fa ad un'ottava superiore, l'apice doppio alla seconda ottava più in alto).

Una coppia dissonante – come M-F - è chiaramente aspra, ma non lo è se le *due note appartengono a due linee melodiche diverse* come succede nel contrappunto, per es. non di rado in Bach.

La dissonanza bachiana sussiste oggettivamente in senso fisico ma è soggettivamente assente, non essendo avvertita come tale dall'ascoltatore.

Fisicamente e matematicamente i due suoni possono dare luogo ad un battimento ma non c'è alcuna dissonanza soggettiva percepita come tale.

E' presumibilmente questa la prova migliore che si possa dare che la dissonanza non è data dai battimenti. Se si generasse davvero da un battimento, si dovrebbe potere udire mentre invece non c'è. Non pare esserci alcuna relazione fra dissonanza battimento salvo quella di una coincidenza occasionale.

Nella dissonanza bachiana, è l'orecchio stesso che "separa" le due note perché le pone *non insieme ma* le mantiene ben *separate* l'una dall'altra considerandole appartenenti a *due distinte melodie* – come fossero due voci diverse che stanno parlando. Ciascuno dei due suoni è considerato nel modo melodico non nel modo armonico anche se sono contemporanei.

In questo modo i due suoni non provocano incertezze d'attribuzione.

Se, infatti, le due vibrazioni sono molto vicine in frequenza, l'udito tende a percepirne una sola con frequenza media. Se, al contrario, le due frequenze non sono abbastanza vicine, allora l'udito può essere incerto se attribuire una frequenza media unica $(f_1+f_2)/2$ o se attribuire due frequenze separate e si ha una sensazione di fastidio dovuta all'incertezza come nell'effetto treno e nell'effetto magnete.

Se le due vibrazioni sono quasi coincidenti (come le corde di un tasto di pianoforte accordato), sono interpretate come un suono unico di ben determinata frequenza intermedia: la compresenza di varie armoniche vicine a ciò che "dovrebbero" essere fa sì che tutte diano una sensazione gradevole di pastosità e ricchezza che rende morbido il suono nel senso che l'incertezza è facilmente risolvibile, si rivela docile alla necessità d'attribuzione e ne consegue una doppia soddisfazione: una dovuta alla capacità d'affermare nell'attribuire una frequenza con sufficiente decisione, l'altra vi aggiunge il "gusto" di riuscire a pervenirvi e sussiste dunque una sorta di velata consapevolezza della non perfetta coincidenza dei suoni (tradotta in morbidezza, termine che evidentemente si riferisce alla docilità del materiale sonoro all'attribuzione).

Siamo dunque lontani dall'interpretazione di Helmholtz riguardo ai battimenti.

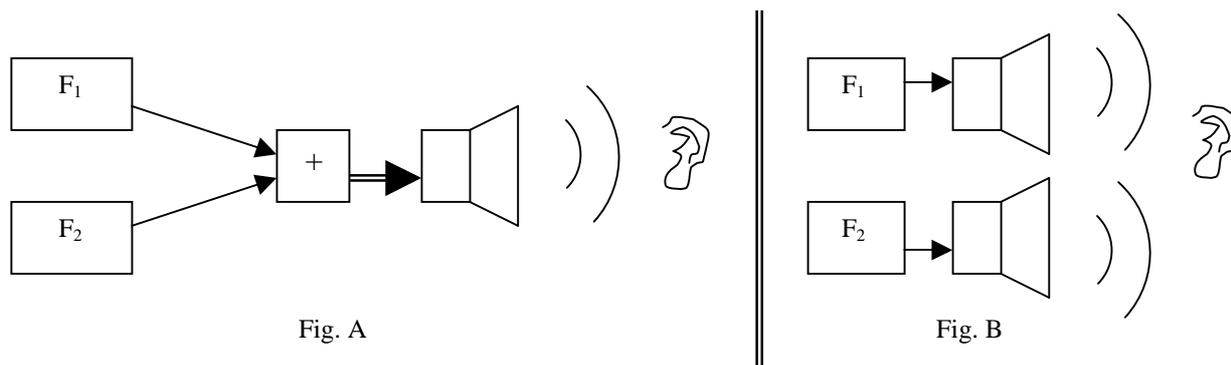
Man mano che i suoni s'allontanano in frequenza, l'udito tenta d'unirli ancora percependoli come se provenissero da un'unica onda ma modulata, e per fare questo li concepisce come battimento sovrapposto ad un'onda. L'incertezza sulla frequenza da percepire causa questo stato di cose ma tuttavia permane ed è resa come fastidio e come battimento che è l'unica possibilità di continuare a percepirli fusi in un'unica onda.

La dissonanza è per meglio dire incertezza: ed è questa incertezza – come negli effetti prima menzionati – che è la causa del battimento, non il contrario.

La formula trigonometrica vale per qualsiasi coppia di frequenze e non solo per frequenze vicine, ma il battimento non si percepisce che per quelle che sono “troppo” vicine che sono proprio quelle che danno incertezza e per cui si ha qualche perplessità in relazione al potere risolutivo del sistema percettivo che si trova a dovere funzionare operando una scelta in condizioni estreme o pressappoco tali. La formula matematica di per sé non dimostra nulla di più lincio che vi si legge. Assicura soltanto la possibilità che una somma di sinusoidi sia espressa come prodotto modulato (battimento) o viceversa, non dice tuttavia quale delle due debba essere udita.

Sarebbe interessante produrre un suono modulato direttamente (non come somma ma direttamente come prodotto). E’ possibile che non essendovi più due frequenze distinte antagoniste, l’udito non abbia incertezze e non percepisca di conseguenza alcun fastidio.

Se così fosse, avremmo una dimostrazione che non il battimento a dare una percezione di dissonanza ma, al contrario è l’incertezza che dà luogo a fastidioso stridore e, eventualmente, al battimento.



Esperimento di controllo. Due generatori di frequenza producono sinusoidi di pari intensità, il primo a frequenza fissa F_1 e l’altro a frequenza variabile F_2 . I due generatori inviano i due segnali:

in Fig. A, ad un sommatore che dà in uscita la loro somma. Le due sinusoidi, mescolate, danno luogo ad un’onda elettrica modulata e variabile in battimento. Il segnale elettrico così ottenuto è inviato ad un altoparlante per la diffusione nell’aria e così perviene fuso all’orecchio che – come ci si aspetta – percepisce un battimento ed un certo stridore, vale a dire una dissonanza.

in Fig. B i due segnali vanno a due altoparlanti diversi e l’orecchio può ascoltare la loro somma nell’aria. Se li udrà come segnali distinti in virtù della loro diversa provenienza, vuol dire che li percepisce nel modo somma (di sinusoidi distinte), se invece li percepisce nel modo prodotto, potrebbe significare che riesce ad analizzare i due segnali ma anche a ricostruire il loro prodotto e quindi la dissonanza. Nel caso riesca a distinguere i due segnali come separati, non dovrebbe percepire dissonanza ma solo la coesistenza di due altezze diverse. Il potere risolutivo della membrana basilare – valido in certe condizioni – può non avere relazione con la dissonanza poiché nella percezione di quest’ultima è parte in causa non la risoluzione ma l’incertezza d’attribuzione delle frequenze.