

SCIENZA E MUSICA: PERCHÉ PIACE LA MUSICA CHE PIACE

ANDREA FROVA

Dipartimento di Fisica, Università di Roma 'La Sapienza'

1. Premessa: musicisti e pubblico

Prima di addentrarmi in un discorso che da alcuni professionisti della musica potrebbe essere giudicato alquanto *retro*, desidero chiarire bene da quale punto di osservazione esso viene svolto. Cominciamo con il distinguere bene le due categorie dei creatori di musica, cui sfortunatamente non posso dire di appartenere, e dei fruitori di musica, coloro che si limitano ad ascoltarla, avendo raggiunto diversi stadi di acquisizione dei suoi infiniti valori. Le analisi dei vari responsi cerebrali all'esposizione al suono musicale che oggi ci consentono le tecniche fisiche applicate dai neuroscienziati – ecografia, tomografia positronica, analisi circuitale, eccetera – mostrano chiaramente che i cervelli che hanno a che fare con la musica si possono suddividere in una gamma di tipologie. Schematizzando al massimo, si può stilare la seguente graduatoria.

- I. cervelli vergini, come sono per definizione i neonati e gli animali;
- II. cervelli naïf, ossia musicalmente incolti, o poco meno, ben esemplificati da coloro che ascoltano, apprezzandoli, i festival della canzonetta;
- III. cervelli normali, quali sono quelli del pubblico medio che con interesse e piacere genuino frequenta i concerti di musica classica e mette insieme una buona discoteca di musica 'seria' (attenzione, insisto sulla parola 'genuino', giacché esistono anche abbonati alle stagioni di musica classica che sono mossi da altri fini – presenzialismo, esibizionismo culturale);
- IV. cervelli sui generis, quali sono gli snob nelle loro diverse sfumature, talune menti 'bizzarre' che amano andar contro corrente o figurare all'avanguardia (tra loro diversi critici musicali);
- V. cervelli super, ossia musicisti di professione, conoscitori specifici di generi poco usati, ed una parte degli addetti ai lavori.

A proposito di cervelli del genere IV, il grande medico Augusto Murri scrisse: «C'è una quantità di gente la quale gode nel credere l'incredibile, anzi si sente felice solo quando non riesce a capire nulla di quello che crede». A proposito invece dei cervelli 'normali', genere III, credo si possa darne la seguente definizione: sono quelli che si aspettano che la musica debba potersi apprezzare in sé e per sé, un requisito che Stravinskij riteneva indispensabile per la validità di una composizione. Bene, io appartengo a questo gruppo

di fruitori della musica: come uomo di scienza, credo di potermi escludere dal genere IV, né posseggo, ahimè, i crismi per far parte della categoria V. È esclusivamente in veste di ascoltatore 'normale', quindi, che mi accingo a proporre un'analisi delle cause che hanno reso certe musiche, in particolare un importante filone della prima metà del secolo scorso, così male accette alla quasi totalità dei frequentatori 'normali' della musica 'seria', quella parte che non sa mentire a se stessa su ciò che sente.

2. I criteri dell'armonia dei Greci

L'armonia classica affonda le sue radici nelle scoperte fatte dai Greci antichi circa gli effetti di *consonanza* e *dissonanza* di due o più note suonate assieme. Più che di scoperte, si trattava di riscoperte, in quanto molte migliaia di anni prima i Cinesi avevano già costruito flauti (tuttora suonabili) con fori tonali predisposti in maniera da soddisfare agli stessi criteri. Brevemente ricorderò che i pitagorici avevano rilevato che due note si possono dire tanto più consonanti quanto più le frequenze dei loro toni fondamentali stanno fra loro in rapporti di piccoli numeri interi. Gli intervalli consonanti sono, precisamente, 2:1 per l'ottava, 3:2 per la quinta perfetta, 4:3 per la quarta, 5:3 per la sesta maggiore, 5:4 per la terza maggiore, 6:5 per la terza minore. Trionfalmente, Pitagora disse: «Il segreto dell'armonia sta nel magico potere dei numeri», dando la stura alla leggenda metropolitana che si possa fare buona musica partendo da algoritmi matematici, vezzo cabalistico che ha segnato la musica per secoli e ha dato il suo non piccolo contributo anche alle forzature innovative del Novecento.

Le scale musicali da secoli in uso sono costruite sulla miglior consonanza possibile degli intervalli, ciò che comporta che ogni nota della scala sia armonicamente correlata alla tonica, ossia al primo grado della scala (ad esempio, il *sol* è la terza armonica del *do* dell'ottava sottostante, il *mi* è la quinta armonica del *do* due ottave sotto, e così via).

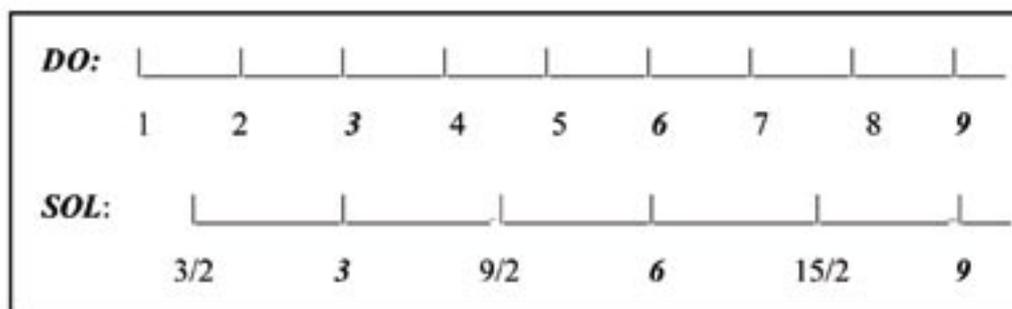
3. Scetticismo di Keplero

Il primo rifiuto della numerologia pitagorica si ha nel '600 con l'interpretazione geometrico-mistica della consonanza suggerita da Keplero: «La causa dell'armonia non sono i numeri in quanto tali, astratti dalla materia (*numeri numerantes*), i quali non hanno una forza dimostrativa in sé e per sé, bensì i numeri in quanto descrittivi di oggetti reali, le figure geometriche tracciate dal moto dei corpi celesti (*numeri numerati*, derivanti cioè dalle misurazioni)». Keplero fa corrispondere ai numeri pitagorici da 2 a 6 i poligoni inscrittibili in un cerchio – il diametro, un triangolo equilatero, un quadrato, un pentagono, un esagono. La concezione di Keplero è naturalmente altrettanto campata in aria di quella di Pitagora, cioè non fa alcun riferimento alle proprietà fisiche del suono o fisio-psicologiche dell'ascoltatore, ma è un fatto importante che una convinzione nata dall'autorità di Pitagora e rimasta saldamente radicata per duemila anni venga posta in discussione con riferimento a fattori reali. La cabala defunge, o almeno dovrebbe.

4. Meccanicismo seicentesco

Nel Seicento nasce, ad opera di grandi fisici come Benedetti, Galilei, Mersenne, la prima spiegazione di carattere meccanico della consonanza. Celebre è la descrizione galileiana della dissonanza in termini del fastidio che verrebbe generato nell'orecchio ogni volta che il timpano viene sollecitato da più suoni simultanei aventi frequenze tra loro mal commensurabili, tali cioè da stare in rapporti di numeri grandi. La consonanza verrebbe invece da una almeno parziale sincronia dei due suoni: nel caso della quinta *do-sol*, ad esempio, rapporto 3:2, ogni tre vibrazioni del *sol* le due note si troverebbero a stimolare il timpano in modo concorde.

È da questa concezione che deriva subito, grazie ai contributi di vari studiosi (tra cui Cartesio, Huygens, d'Alembert), la teoria delle *coincidenze degli armonici*, che si rivela tanto più solida nel tempo quanto più avanzano le conoscenze nell'ambito dei meccanismi di elaborazione del suono a livello cerebrale. Ogni suono reale è costituito da più 'parziali' con frequenze multiple di quella del tono fondamentale (*armonici* di una nota). La teoria afferma che più armonici due note hanno in comune, più esse consuonano. Un solo esempio, quello della quinta perfetta, basta a chiarire il legame tra il modello galileiano e la teoria delle coincidenze; prendendo 1 per la frequenza del *do* e quindi $3/2$ per quella del *sol*:



si vede che gli armonici 3° , 6° , 9° , ecc. del *do* (segnati in *italico grassetto*) coincidono con il 2° , 4° , 6° , ecc. del *sol*. È palese che più il rapporto tra le frequenze fondamentali è dato da numeri piccoli (interi), più precoci e numerosi sono gli armonici condivisi. Nel quadro rientra anche la visione di Rameau, che attribuisce l'armonia alla generazione per differenza del *basso fondamentale* (nella fattispecie il *do* di frequenza $1/2$, un'ottava sotto). È immediato verificare che nel caso di intervalli dissonanti – semitono, tono, tritono, settima maggiore – gli armonici in comune sono praticamente assenti o si trovano a ordini elevati, e viceversa si notano frequenti occasioni in cui essi originano battimenti.

5. Helmholtz e la psiche

Nell'Ottocento Hermann von Helmholtz fa il primo fondamentale passo nella direzione di conciliare estetica musicale e scienza a livello della psiche. Egli porta i battimenti al centro dell'attenzione, imputando loro la causa del fastidio generato da un insieme di suoni dissonanti. In effetti, oggi sappiamo che quando due note differiscono di

poco in frequenza – si dice ‘cadono all’interno della *banda critica*’ – esse non vengono elaborate da fibre nervose e reti neurali distinte, circostanza che induce nel cervello condizioni di ambiguità. Per Helmholtz sarebbe proprio l’assenza di battimenti a generare l’effetto di consonanza tra due note. Va sottolineato che, per quanto detto, la teoria delle coincidenze e l’ipotesi di Helmholtz si implicano vicendevolmente: niente di nuovo, quindi, salvo la considerazione del ruolo della psiche, ignorato dai meccanicisti. Oggi l’analisi del comportamento del sistema neurale cervello fatta dai neuroscienziati conferma che i treni di impulsi neurali generati da insiemi di suoni consonanti sono più semplici da elaborare, confermando che, come aveva ventilato Helmholtz, la *preferenza per l’armonia classica ha origine biologica*.

6. La ricetta dell’armonia tonale classica

Gli elementi portanti dell’armonia classica, essenzialmente basata sulla tonalità o su forme alternative più arcaiche, come i modi greci, sono:

1. Melodia: temi e sviluppi che rappresentano forme modellate e arricchite della prosodia del parlato
2. Armonia: prevalente utilizzo della consonanza e impiego della dissonanza come elemento di contrasto e di messa in risalto (in sostanza un chiaroscuro in musica)
3. Espressione: manifestazione di umori, stati d’animo, emozioni
4. Tempo: metro e ritmo, che fanno leva sugli stimoli motori. La dimensione tempo, che non ha un ruolo altrettanto decisivo in nessun’altra forma di espressione artistica, è essenziale nel garantire continuità e contestualità del discorso, nonché riconoscibilità del soggetto musicale, e conferisce grande rilevanza alle componenti di memoria e di aspettativa.

Tutti e quattro gli ingredienti menzionati concorrono nel far sì che i treni di impulsi neurali che circolano nelle reti cerebrali presentino elementi di spicco ripetitivi. I segnali che il cervello deve elaborare, insomma, hanno un marcato carattere di ‘conteggiabilità’ (merita ricordare la frase di Leibniz: «Musica è un esercizio matematico della mente che conta senza sapere di contare»). Un esempio significativo è mostrato dalla figura 1, dove vengono poste a confronto la triade di tonica regolare e quella in cui il fattore d’ottava è stato aumentato a 2,3, operazione che sovverte tutti i criteri costitutivi dell’armonia di un accordo, in primis l’effetto di *fusione* delle frequenze componenti il suono complesso, così da dare l’idea di un insieme unico e omogeneo (in proposito, c’è una significativa esperienza fatta all’IRCAM di Parigi, in collaborazione con Pierre Boulez, dai musicisti elettronici John Pierce e Max Mathews, [1] – si vedano anche [2] e [3]–). Si tratta di curve calcolate dell’energia acustica percepita istante per istante dall’apparato uditivo che, come confermano recenti esperimenti di neuroscienze, determina il profilo temporale dei segnali nervosi che si dipartono dalla coclea.

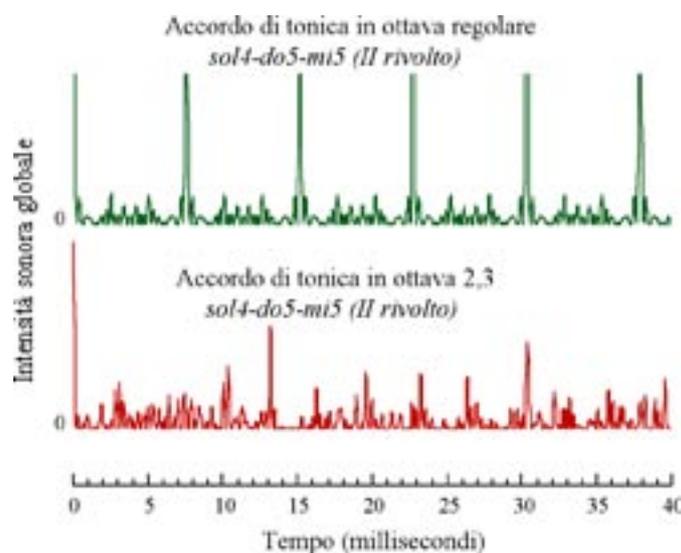


Figura 1. Il caratteristico profilo 'conteggiabile' di un intervallo consonante a confronto con lo stesso intervallo reso inarmonico grazie a un fattore di ottava aumentato a 2.3.

7. Successiva evoluzione

Rispetto al Seicento bachiano, nel periodo *classico-romantico* si vede accresciuto l'uso delle modulazioni di tonalità e della dissonanza. La gerarchia tonale delle note garantisce quella variabilità che è necessaria a formulare un contesto e un'espressione. Il ruolo della scansione temporale rimane un fatto essenziale, anche se i treni di impulsi neurali presentano una minor regolarità che nel caso di musica prevalentemente innestata sulla consonanza, creando al cervello 'naïf' delle difficoltà: in nessuna parte del mondo le ninne-nanne sono basate su intervalli meno che consonanti.

Nel periodo *postromantico-decadentistico* si afferma il cromatismo, ossia l'estensione all'intera scala di dodici note, con attenuazione del carattere tonale. Già presente in antichi madrigalisti, come Gesualdo da Venosa, il cromatismo diviene luogo comune in Wagner, Liszt, Debussy. Compare anche la politonalità e si ha un notevole recupero delle modalità greche (e.g. in Debussy, Shostakovich, Respighi, Sibelius, Bartok, Hindemith). I treni di impulsi neurali divengono sempre più complessi e più difficili da elaborare, ma un debito acculturamento dota il cervello 'normale' di potenzialità gradualmente più avanzate.

Nel *Novecento* il processo evolutivo tende a saturare, cosicché si presenta evidente la necessità di rottura con i vincoli del passato. Si hanno due vie principali:

1. Innovazione che si innesta sul patrimonio dei valori esistenti (Stravinskij, Bartok, Hindemith, Prokofieff, Janacek, Shostakovich, De Falla, ecc.). In questo caso, i treni di impulsi neurali divengono di ancor meno immediata elaborabilità, ma rimangono sempre usufruibili da cervelli che non siano 'naïf', anzi, per il fatto di proporsi in modo meno prevedibile e di accentuare i contrasti musicali, a un cervello abbastanza 'imparato' possono risultare addirittura privilegiabili.

2. Innovazione fondata sul rigetto globale delle basi dell'armonia classica – armonia, melodia, ritmo – con adozione di regole alternative che non hanno rispondenza biologica nel sistema percettivo. Capostipite di questo genere è Arnold Schoenberg con la sua scuola viennese, ma strascichi di vario genere si estendono per l'intero secolo: musica seriale, aleatoria, concreta, algoritmica). In queste scelte si antepone il nuovo al bello o tutt'al più, prendendo a prestito la frase da Roman Vlad, il nuovo al vero. I treni di impulsi neurali divengono del tutto casualizzati, senza elementi di spicco, né conteggiabilità temporale, tipo quelli prodotti dal rumore o da musica eseguita nell'ambito dell'estremale ottava espansa di Pierce e Boulez (vista in figura 1). Ciò che si rivela più deleterio è la perdita della scansione temporale, ossia del ruolo portante del tempo, in assenza del quale si ha un affastellarsi di messaggi privi di contesto e di consequenzialità, un oscuro intreccio che il cervello fatica a cogliere e a districare.

Io ho una definizione per questo tipo di prodotto sonoro: *musica adiabatica*, ossia musica che non trasmette, non comunica. Il musicista Ligeti parla di *musica di massima entropia*, quindi totalmente disordinata e casuale, e osserva che non basta un'organizzazione numerica o grammaticale per garantire a un prodotto validità artistica. Conseguenza di ciò è che la fruibilità della musica adiabatica è strettamente limitata agli operatori del settore e a un pubblico atipico, ristretto ai cervelli 'super' o 'sui generis'. Si tratta allora di un prodotto avente carattere precipuo di sperimentazione – circostanza che può andare a suo merito – ma che a 100 anni di distanza si è dimostrato privo di validi sviluppi.

8. Gli 'spari' neurali

Rimane da approfondire l'aspetto dei profili temporali dei segnali nervosi – o 'spari' neurali – che dalla coclea si avviano al cervello per essere decifrati. Ci sono due modi di calcolare tali profili, uno è quello, già proposto, di riferirsi all'energia acustica complessiva (avendo previamente portato le parziali del suono ad avere un'unica fase, come fa l'orecchio), l'altro è quello di calcolare opportune funzioni di autocorrelazione della forma dell'onda acustica che si presenta all'organo dell'udito, [4]: i risultati sono essenzialmente eguali. Ma ciò che conta è che essi combaciano con quelli osservati per inserimento di sonde elettriche nel cervello dei gatti, [5], [6].

È opportuno rilevare che: primo, le singole note di uno strumento musicale hanno andamenti simili al caso di accordi consonanti (sono cioè 'autoconsonanti'); secondo, tutte le vocali della voce umana hanno anch'esse tale comportamento, come illustrato in figura 2; terzo, non esistono suoni in natura che diano andamenti privi di elementi di spicco nel treno neurale salvo i rumori casuali, gli schianti, la percussione di oggetti non musicali.

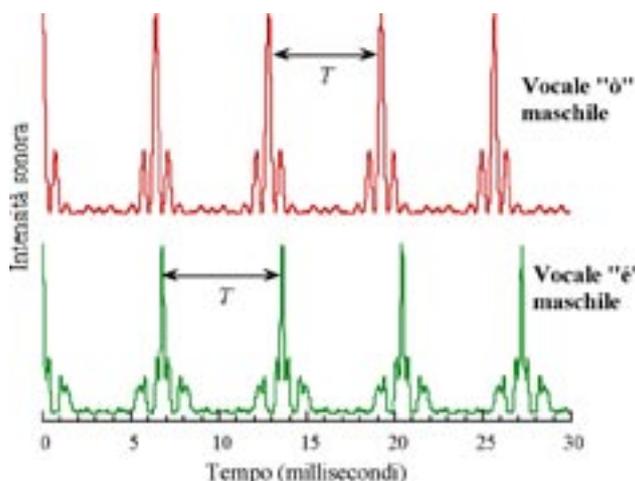


Figura 2. I profili temporali degli 'spari' neurali nelle vocali rivelano la loro autoconsonanza. T è il periodo dell'onda.

In figura 3 sono riportati gli andamenti degli 'spari' neurali per diversi intervalli musicali, da più consonante a più dissonante. Il calcolo è basato sull'andamento dell'energia acustica ricevuta, ogni nota essendo costruita su dieci armonici di ampiezza decrescente in modo proporzionale al

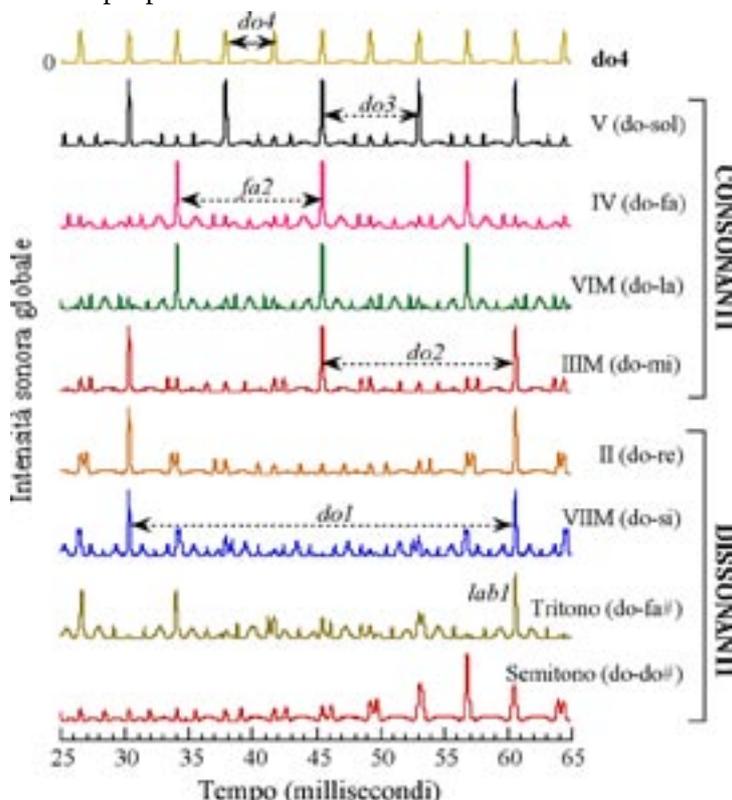


Figura 3. Profili temporali degli 'spari' neurali per una nota di do e per intervalli che vanno da molto consonante a molto dissonante.

rispettivo numero d'ordine. In alto è mostrato per confronto il profilo autoconsonante della nota do. I profili indicano che quanto più ci si allontana dalla consonanza, tanto

meno si hanno picchi che si stagliano sul fondo e presentano marcata periodicità. Il cervello interpreta il suono con minor immediatezza, faticando a riconoscerne gli elementi fisiognomici. In figura 4 alcuni di detti profili calcolati sono posti a confronto con i risultati degli studi neuroscientifici sui gatti. La corrispondenza è quasi sorprendente.

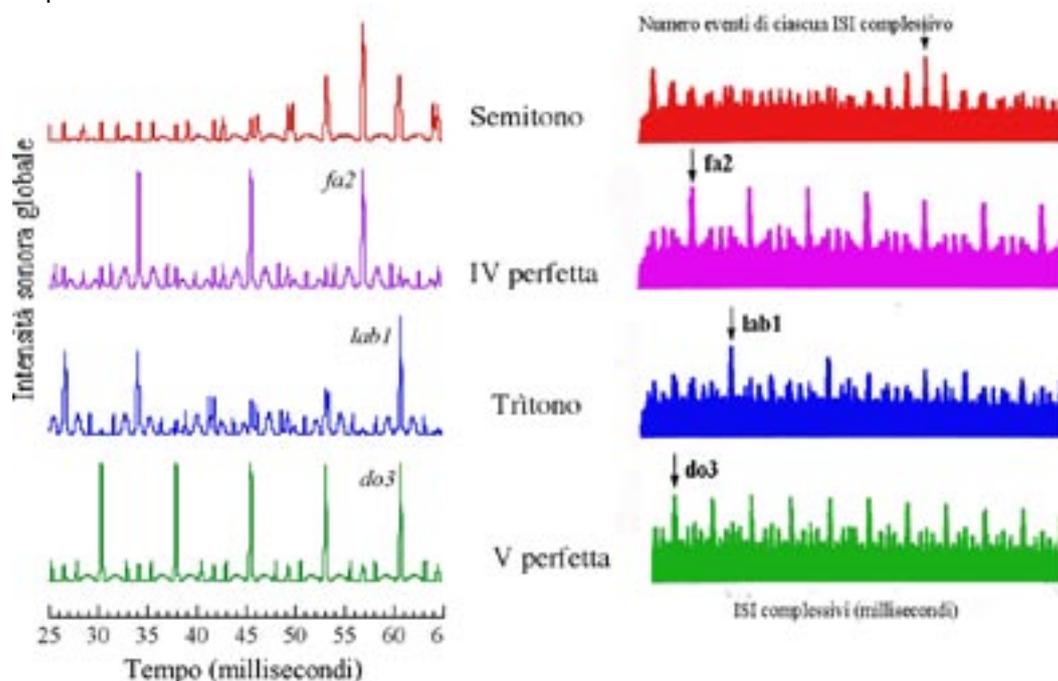


Figura 4. Confronto tra il profilo degli 'spari' neurali calcolati e misurati in fibre nervose di gatto (per il significato della sigla ISI si rimanda al citato lavoro di Tramo e coll.).

9. Conclusioni

Le regole dell'armonia classica non sono una convenzione sopravvissuta attraverso i millenni, bensì il riconoscimento di caratteristiche percettive di base comuni agli uomini di tutti i tempi e paesi, nonché agli animali. La preferenza per l'armonia classica ha dunque origine biologica.

Una composizione musicale che, pur nell'ambito della più ampia innovatività, non faccia proprio tale presupposto, è di norma poco accessibile al cervello 'normale' del fruitore medio di musica 'seria'. Se ha dei meriti, essi sono più quelli della sperimentazione e dell'esplorazione di possibili vie di sviluppo per la musica futura, cosicché rimane apprezzabile e utilizzabile soltanto da una cerchia ristretta di specialisti e frequentatori del settore, in certo senso come per un fisico i risvolti di un esperimento scientifico, o i significati di un teorema per un matematico.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Mathews M.V. e Pierce J.R., *Journal of the Acoustical Society of America* 68, p. 1252, 1980.
- [2] Frova A., *Fisica nella Musica*, Zanichelli Editore, Bologna 1999.
- [3] Pierce J.R., *La fisica del suono*, Zanichelli Editore, Bologna 1988;
- [4] Meddis R.M. e Hewitt M.J., *Journal of the Acoustical Society of America*. 89, 2866-2882, 1991.
- [5] Tramo M.J. et al., Neurobiological Foundations for the Theory of Harmony in Western Music, *Annals of N.Y. Academy of Sciences* 2001, p. 92.
- [6] Peretz I. e Zatorre R.J., a cura di, *The cognitive neuroscience of music*, Oxford University Press, Oxford 2003. (Questo libro contiene una vasta raccolta di articoli scritti da neuroscienziati che fanno il punto su tutti gli aspetti di interesse nei meccanismi di elaborazione della musica ad opera del cervello.)