

---

## DAL FLAUTO DEL PALEOLITICO ALLE NEUROSCIENZE PASSANDO PER GALILEO\*

ANDREA FROVA

*Dipartimento di Fisica, Università La Sapienza, Roma*

### 1. Il flauto dell'*homo sapiens*

Il recente ritrovamento in Svevia di un flauto suonabile [1], costruito circa 35 mila anni fa – età del paleolitico superiore – presenta delle interessanti implicazioni musicologiche. Esso fornisce nuovo sostegno alla tesi che le scelte musicali dei Greci antichi, ossia quelle che hanno dato luogo all'armonia classica, fondata principalmente sulla dialettica consonanza/dissonanza, non furono mere convenzioni cui ci saremmo assuefatti nei millenni, così assuefatti – parole di Schoenberg – da non poterci facilmente adattare a scelte alternative, come quelle novecentesche di tipo dodecafonico o postdodecafonico. Le scelte dei Greci furono invece forme preferite dal nostro sistema uditivo in quanto di più facile e immediata elaborazione nei circuiti neurali. Ne discende che la scuola pitagorica non inventò nulla, si limitò a scoprire proprietà dei nostri apparati biologici, che valgono per gli uomini di tutte i luoghi e di tutti i tempi, anche in età neonatale, e persino per altre specie animali. Il ritrovamento rafforza la convinzione che uomini essenzialmente primitivi, in cerca di una valida scala musicale, assumerebbero per essa – fatte la debita sperimentazione – le stesse note che noi utilizziamo con soddisfazione da millenni, e cioè quelle della scala diatonica tolemaica, oggi nota come scala naturale.

Mi sembra anche interessante rilevare che l'esigenza nell'*homo sapiens* di una scala musicale armoniosa si affianca, in termini di tempo, con le prime manifestazioni di facoltà 'superiori' nel cervello dei primati, come l'inumazione e il culto dei morti, la comparsa di manufatti – statuette, graffiti – riferiti a pratiche astratte, come l'attenzione al metafisico, il senso del sacro, la mitologia religiosa. Quei prodotti dell'evoluzione che hanno spinto molti uomini semplici a parlare di nascita dell'anima.

I pitagorici non furono tuttavia i primi, nella storia più recente, a distinguere coppie di note consonanti e coppie dissonanti. I ritrovamenti nel sito archeologico di Jiahu, un insediamento tardo-neolitico nella valle del fiume giallo in Cina, nella provincia di Henan, attestano che i Cinesi, settemila anni prima dei pitagorici, avevano costruito flauti rispondenti agli stessi criteri dell'armonia classica. Si trattava

---

\* Lezione tenuta a Siena il 6 novembre 2009, presso l'Accademia dei Fisiocritici, nell'ambito dell'edizione 2009 di *Pianeta Galileo*.

di sei flauti tuttora suonabili, mostrati nella Figura 1, muniti di fori in numero da cinque a otto, ricavati da ossa dell'ala di una gru della Manciuria (o gru rosso-coronata) <sup>1</sup>.



Figura 1. Flauti d'osso del VIII millennio a.C. reperiti nella provincia di Henan in Cina.

Come in parallelo avvenne per l'astronomia, che i Greci svilupparono autonomamente sulla base di osservazioni ereditate dai Babilonesi, riscoprendo quanto i Cinesi avevano trovato in tempi ancora antecedenti, è pressoché certo che nella Grecia antica dei flauti cinesi non si fosse avuta notizia alcuna.

Ora, la scoperta di numerosi flauti di osso e di avorio – naturalmente ridotti in frammenti – nelle grotte della Svevia presso Ulma, e precisamente a Hohle Fels e Vogelherd, datati tra i 30 e i 40 mila anni fa, ripropone la stessa problematica in tempi ben più remoti. È la scoperta più antica fatta fino ad oggi, giacché precedenti evidenze non contestabili, provenienti dalla Francia e dall'Austria, risalgono a tempi molto più prossimi a noi<sup>2</sup>.

I manufatti sono probabilmente opera dell'*homo sapiens* aurignaziano, ma non si può escludere del tutto che siano di fattura neanderthaliana. Fissiamo l'attenzione sul flauto più interessante, realizzato dal radio dell'ala di un grifone con apertura alare di circa 2,5 m (si veda la Figura 2). Il flauto, illustrato in Figura 3, misura sui 21 cm di lunghezza e reca cinque fori, tutti sullo stesso lato, dei quali l'ultimo si trova in corrispondenza di una palese rottura della canna (a sinistra nella figura). Data la lunghezza dell'ala, lo strumento avrebbe in effetti potuto essere più lungo, forse fino a 30 cm, recando eventualmente fori aggiuntivi. Nelle presenti condizioni esso può essere suonato e una melodia esemplificativa è reperibile in rete<sup>3</sup>.



Figura 2. Un griffone in volo.

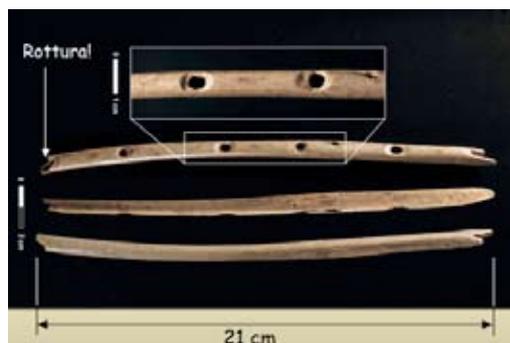


Figura 3. Flauto ricavato da un osso alare di griffone, reperito in una grotta a Hohle Fels in Svevia, risalente a 35 mila anni fa.

L'analisi delle frequenze costituenti la melodia porta, con buona approssimazione (considerato lo stato di usura dell'attrezzo), alle seguenti note, appartenenti tutte alla nostra scala naturale di *sib* maggiore:

*mib*<sup>6</sup> *fa*<sup>6</sup> *sol*<sup>6</sup> *sib*<sup>6</sup> *do*<sup>7</sup> *mib*<sup>7</sup>

dove il numero d'ordine corrisponde alla notazione anglosassone (do centrale = *do*<sup>4</sup>). Trasposte nella più familiare scala di do maggiore le sei note darebbero

Nota	do	re	mi	sol	la	do'
Intervallo		T	T	T+S	T	T+S

ossia con una successione di intervalli T-T-(T+S)-T-(T+S), che è la scala pentafonica anemitonica (ossia eguale alla nostra attuale scala *naturale di giusta intonazione*, o tolemaica o zarliniana, privata dei semitoni), che tutt'oggi viene utilizzata in Cina, nell'Africa Orientale, nei Balcani, nelle regioni celtiche, in certa musica occidentale recente e, naturalmente, nel blues e in certo jazz.

Soltanto una accurata sperimentazione, analoga a quella fatta dai pitagorici con il monocordo<sup>4</sup>, avrebbe potuto condurre a una simile scelta, dove tutti i bicordi, ad eccezione di quelli formati da note adiacenti, risultano consonanti. Si tratta infatti di quelli di III maggiore (rapporto di frequenze dato da numeri interi piccoli: 5/4), V perfetta (3/2), VI maggiore (5/3) e VIII (2/1), cardini dell'armonia classica greca.

Viene subito da porsi la domanda: perché scegliere proprio questi particolari intervalli, quando sarebbe stato più immediato, per una mente musicalmente primitiva, fare dei fori a caso o magari scegliere cinque note pressoché equispaziate su scala logaritmica, come quelle utilizzate nel modo *sléndro* del *gamelan* giavanese? Nessuno degli intervalli della scala, con questa scelta, è consonante, risultando sempre eccedente, come mostra la Figura 4.

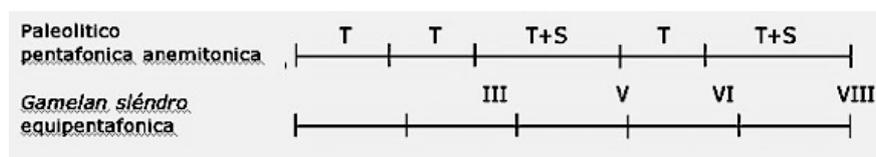


Figura 4. Confronto fra la scala pentafonica del flauto paleolitico e quello logaritmicamente equispaziata del modo sléndro del gamelon giavanese (la quale comporta un rapporto costante di 1,149 tra ogni nota e la precedente). Solo la prima permette di suonare bicordi consonanti.

La risposta più ragionevole è che l'uomo del paleolitico superiore avesse una percezione già chiara del ruolo della consonanza, e che forse suonasse già in gruppo più strumenti o voci accompagnate da strumenti. Nella musica *gamelan* di Giava il problema dell'armonia non si pone perché gli strumenti impiegati sono in prevalenza metallofoni e a percussione e, come tali, hanno parziali superiori deboli e, ciò che più conta, del tutto inarmoniche, il che porta alla rinuncia di ogni effetto musicale legato alla maggiore o minore affinità armonica tra due note [2, cap. 5].

## 2. Il ruolo di Galileo

Prima di venire alle conoscenze odierne in fatto di criteri per l'armonia musicale, è bene fare una piccola parentesi, come promesso nel titolo, per dare a Galileo quanto gli spetta. I pitagorici avevano stabilito che la consonanza si avesse solo tra note le cui frequenze fondamentali stessero in rapporti di numeri interi piccoli (*rapporti semplici*). Quest'idea che la consonanza fosse un fatto strettamente matematico – idea di cui, si sa, i pitagorici erano particolarmente fieri – sopravvisse per millenni: sopravvisse fino a che giunse Galileo. Infatti Galileo, pur apprezzando il valore capitale della matematica, ritenne che essa fosse soltanto una forma agile e conveniente per rappresentare i fenomeni fisici della natura. L'interesse e la curiosità di Galileo per l'armonia musicale sono ben noti. Egli scriveva:

S'io guardo quel che hanno ritrovato gli uomini nel compartir gl'intervalli musicali, nello stabilir precetti e regole per poterli maneggiar con diletto mirabile all'udito, quando potrò io finir di stupire?

E affermava che l'armonia musicale non può essere un fatto di semplice cabala numerica, in quanto sarebbe ingenuo trascurare il comportamento fisico dell'orecchio: si deve cioè fare appello alla meccanica, la quale tratta delle oscillazioni del timpano e degli organi interni che lo seguono. E l'idea che ebbe fu che, quando le frequenze stanno fra loro in rapporti semplici, c'è frequente sincronia tra i due suoni, e il timpano si muove in modo più coordinato, più agevole, con minore sforzo e più soddisfazione. È interessante leggere le sue stesse parole.

[Vorrei] recar la ragione delle consonanze più o men perfette e delle dissonanze. La molestia di queste nascerà, credo io, dalle discordi pulsazioni di due diversi tuoni che sproporzionatamente colpeggiano sopra 'l nostro timpano, e crudissime saranno le dissonanze quando i tempi delle vibrazioni fussero incommensurabili...[...]. Consonanti, e con diletto ricevute, saranno

quelle coppie di suoni che verranno a percuotere con qualche ordine sopra 'l timpano; il qual ordine ricerca, prima, che le percosse fatte dentro all'istesso tempo siano commensurabili di numero, acciò che la cartilagine del timpano non abbia a star in un perpetuo tormento d'inflettersi in due diverse maniere per acconsentire ed ubbidire alle sempre discordi battiture.

Dall'idea di Galileo – innestata su quelle del padre Vincenzo, importante musicologo – trassero spunto altri fisici del Seicento (Mersenne, Descartes, Huygens, D'Alembert) per introdurre la *teoria degli armonici coincidenti*: se il rapporto frequenze di intervallo è semplice, le due note presentano molti armonici in comune, come è immediato verificare. Allora, suonate assieme, grazie alla loro marcata parentela armonica, le due note presentano un alto grado di fusione e di consonanza. È una concezione che verrà poi rafforzata nell'Ottocento dal grande studioso della percezione Hermann von Helmholtz (il quale, come criterio per la consonanza, aggiungerà all'affinità armonica delle note l'assenza di battimenti), e da altri scienziati, iniziatori con lui della moderna psicoacustica.

### 3. La conferma dalle neuroscienze

Le spiegazioni meccanicistiche e psicoacustiche del Sei-Ottocento trovano oggi valida conferma negli studi delle neuroscienze, i quali permettono di osservare il comportamento dei circuiti cerebrali quando al timpano perviene un insieme di note musicali. I treni di impulsi neurali – o 'spari' – che raggiungono la corteccia sotto lo stimolo di un'onda sonora, indicano che bicordi consonanti, a differenza di quelli dissonanti, hanno un marcato carattere di periodicità e sono poco affetti da rumore di fondo. Inoltre, essi non vengono elaborati nelle stesse zone del cervello [3, p. 127]. Tali treni di impulsi, sperimentalmente rilevati in animali, possono essere calcolati in modo alquanto preciso sulla base della forma d'onda temporale dell'energia acustica che eccita le terminazioni nervose nell'orecchio interno [2, cap. 8]. Eseguiamo tale conto per un suono di strumento costituito da cinque armonici decrescenti come  $1/n$ , dove  $n$  è l'ordine dell'armonico. Nella Figura 4 è confrontato l'andamento del treno degli «spari neurali» per la III maggiore naturale e per quella di uno strumento destinato alla musica giavanese, ossia atto a produrre note della scala equipentafonica del tipo detto *sléndro*. Come si è visto nella Figura 4, quest'ultima risulta parecchio eccedente sulla III naturale.

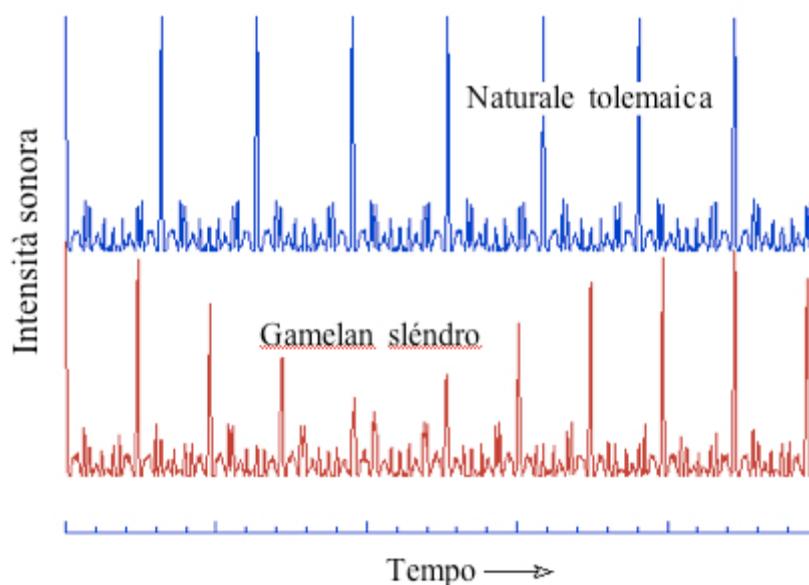


Figura 5. Sopra: III maggiore naturale o di giusta intonazione. Sotto: III maggiore in scala equipentafonica giavanese, per un ipotetico strumento a carattere armonico.

Si vede che nel primo caso il treno di impulsi è rigorosamente ripetitivo e pulito e dunque assai più appetibile per un cervello che cerchi una chiave interpretativa facile e immediata. Il modo *sléndro*, applicato a uno strumento a più armonici anziché agli strumenti metallofonici del *gamelan*, presenta anch'esso un andamento periodico, ma con sovrapposto un battimento, che può dare origine a fastidio e perdita di fusione delle due note, effetto che si aggrava se più di due voci suonano assieme.

#### 4. Conclusioni

È difficile non convincersi che il raggiungimento del risultato ottimale per l'armonia del flauto paleolitico non è frutto del caso, ma di uno studio sistematico della risposta a una varietà di possibili bicordi, esattamente come fu fatto dai pitagorici. Il risultato dell'uomo primitivo si mostra ancora più raffinato, se si osserva che esso comporta la constatazione, tutt'altro che banale, che una singola canna munita di fori tonali può emettere note più alte della sua fondamentale, venendo così a costituire uno strumento completo e autosufficiente. I flauti paleolitici in certo senso evidenziano che le scelte classiche rispondono a esigenze oggettive, e che certe proposte avanguardistiche del Novecento vanno contro le naturali aspettative del nostro sistema percettivo<sup>5</sup>.

L'analisi dei suoni emessi dal flauto paleolitico suggerisce inoltre che i musicisti del tempo erano in grado di riprodurre effetti sonori più articolati delle singole note, e di comporre delle vere e proprie melodie complesse, probabilmente con la debita armonizzazione; e che, quindi, la musica aveva già un ruolo sociale elevato, ad esempio in eventi rituali, in circostanze di intrattenimento, al di là dell'utilizzo individuale che avrebbe potuto farne, ad esempio, un pastore o un eremita. Archeologi

tedeschi ipotizzano anche che la musica avrebbe potuto contribuire alla creazione di più ampie connessioni sociali, facilitando ad esempio l'espansione demografica e territoriale.

## NOTE

<sup>1</sup> Ascoltabili in rete al sito <<http://www.shakuhachi.com/Sound/K-9KYearOldFlute.mp3>>. Il suono è alquanto alterato dall'usura, ma nel migliore dei flauti – il M282:20, con sette fori più uno piccolo – si possono suonare le note sol, la, si, do, re, mi, fa#, la', dunque con un solo semitono S tra il si e il do, e un tono e mezzo (T+S) tra fa# e la', ossia secondo la successione T+T+S+T+T+T+(T+S). Il primo resoconto su *Nature* si trova al sito <<http://www.shakuhachi.com/K-9KChineseFlutes-Nature.html>>.

<sup>2</sup> Scavi effettuati nel 1996 in una caverna neanderthaliana nella Slovenia nordoccidentale avrebbero portato alla luce un frammento di flauto traverso in osso giudicato avere tra i 43.000 e gli 82.000 anni (si veda <<http://www.shakuhachi.com/CM-Fink-NEANDERTHAL.html>>). Tale frammento suonerebbe le prime tre note della scala naturale odierna, ma sulla natura del reperto sono state sollevate numerose e molto plausibili perplessità.

<sup>3</sup> <<http://www.shakuhachi.com/CM-Fink-NEANDERTHAL.html>>

<sup>4</sup> Il monocordo è uno strumento con una sola corda, montata su una cassa di risonanza; grazie a un cavaliere mobile, la corda può essere suddivisa in due parti, suonabili simultaneamente.

<sup>5</sup> Mi riferisco in particolare alla dodecafonia di Schoenberg e alle sue derivazioni, che hanno creato uno sconcertante divario tra certi compositori e il pubblico della musica 'colta'. Le regole classiche sopravvivono nella musica leggera e, almeno in parte, nei grandi talenti che hanno innestato l'innovazione sui valori ereditati – Debussy, Ravel, Jánáček, Stravinskij, Bartók, Hindemith, Shostakovich, Prokofieff, De Falla, Britten, Elgar, Milhaud, Respighi, Gershwin, per dirne solo alcuni.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Conard, N. J., Malina, M., Münzel, S., in *Nature, Letters*, 25 giugno 2009.
- [2] Frova, A., *Musica celeste e dodecafonìa*, Rizzoli, Milano 2006.
- [3] Tramo, M. J., Cariani, P.A., Delgutte, B., Braidà, L.D., *Neurobiology of harmony perception*, in Peretz, I., Zatorre, R. J. (a cura di), *The cognitive neuroscience of music*, Oxford University Press, Oxford 2006. Il lavoro di Tramo e coll., come altri nello stesso volume, contiene una vastissima bibliografia, che non è possibile elencare in questa sede.