

## **Musica e scienza dei suoni: consapevolezze scientifiche e pratiche compositive**

*Gianni Zanarini \**

Proviamo a pensare la musica come un tessuto di suoni, come un arazzo sonoro che nel tempo insieme si intreccia e si dissolve. Tradizionalmente, il compositore fornisce lo schema di questo arazzo, mentre ad altri (ai costruttori di strumenti, agli esecutori, ai direttori d'orchestra) è affidato il compito di tradurre questo schema in un suono effettivo.

Ma che cos'è il suono, e in particolare il suono musicale? Quali sono le modalità fisiche della sua produzione, e in che modo questa entità fisica viene percepita? A partire dalla rivoluzione scientifica del seicento, domande come queste, poste in termini sempre più precisi, iniziano a trovare risposte. E queste risposte non riguardano soltanto gli scienziati, ma coinvolgono anche i musicisti: esse contribuiscono infatti a determinare la centralità del mondo dei suoni non soltanto nel momento dell'esecuzione di un'opera musicale, ma anche all'interno del processo compositivo. In particolare, come si vedrà, la scienza dei suoni ha esercitato un'influenza rilevante soprattutto sulla musica del ventesimo secolo.

Per chiarire il rilevante cambiamento di prospettiva intervenuto con la rivoluzione scientifica, consideriamo brevemente il problema della consonanza di due suoni simultanei prodotti dalla vibrazione di corde identiche ma di lunghezza diversa, problema che fin dall'antichità è stato oggetto di appassionate meditazioni filosofiche sull'armonia del mondo.

Come è noto, le lunghezze delle corde che producono suoni consonanti stanno tra loro in relazioni semplici, espresse da rapporti tra numeri interi. Questo però, ormai, non è che un punto di partenza: tali rapporti vanno infatti spiegati riconducendoli alla fisicità del moto delle corde, anziché considerarli espressione dell'armonia del mondo.

Galileo Galilei è lo studioso che per primo ha impostato l'acustica in termini moderni, cioè meccanici. Egli ha ricondotto infatti le altezze dei suoni alla frequenza di vibrazione delle corde che li producono, e quindi alla frequenza delle vibrazioni dell'aria che giungono all'orecchio. Galileo, infatti, ha avuto la geniale

---

\* Docente di Acustica Musicale nella Facoltà di Conservazione dei Beni Culturali dell'Università di Bologna "Alma Mater Studiorum".

intuizione di assimilare le corde vibranti a pendoli: così facendo, ha spiegato anche la vibrazione delle corde per risonanza. Ma questa stessa intuizione sembra aver messo in ombra un altro problema di fondamentale importanza: la spiegazione della struttura interna dei suoni emessi dalle corde. Nei suoi scritti scientifici, Galileo non parla di questo aspetto, che pure, ovviamente, doveva essergli familiare nella sua pratica di musicista. Possiamo capire quale lungo cammino fosse ancora necessario perché la teoria della musica, la pratica musicale e la scienza dei suoni potessero finalmente incontrarsi.

Alcuni anni dopo, è stato Marin Mersenne a studiare sperimentalmente i “piccoli suoni delicati” che una corda vibrante emette assieme al proprio “suono naturale”. Ma il problema dei sovratoni concomitanti presentava una difficoltà teorica apparentemente insormontabile. Alla fine del seicento, Joseph Sauveur ha studiato i correlati fisici (ventri e nodi) della serie dei suoni armonici, accennando però solo vagamente al problema della loro generazione simultanea: anch’egli si è scontrato infatti con l’impossibilità di descrivere il fenomeno della coesistenza di più vibrazioni attraverso gli strumenti matematici a sua disposizione. Sul piano sperimentale, comunque, era ormai assodata la struttura interna particolarmente semplice e armoniosa (“armonici” sono stati chiamati, appunto, i suoni parziali superiori) dei suoni prodotti da corde e tubi sonori.<sup>1</sup>

Ma, prima ancora che venisse chiarito scientificamente in che modo le corde vibranti e i tubi sonori potessero produrre suoni armonici, la scoperta del “segreto dei suoni” ha avuto una conseguenza importante: la fondazione scientifica dell’armonia. Jean Philippe Rameau, infatti, ha posto la serie armonica studiata da Sauveur a fondamento scientifico del suo sistema di teoria musicale, individuando l’origine dell’armonia nel fenomeno naturale della risonanza dei “corpi sonori”.<sup>2</sup>

Rameau, contemporaneo di Bach e di Haendel, organista di provincia e violinista mal pagato, iniziò ad acquisire una qualche notorietà con la pubblicazione, nel 1722, del suo *Traité de l’harmonie réduite à ses principes naturels*, in cui si prefiggeva lo scopo di fondare la teoria musicale sull’armonia e in particolare sulla nozione di accordo. Si trattava di una impostazione ancora rinascimentale, di derivazione pitagorica, nella quale i riferimenti alle lunghezze delle corde non erano che una testimonianza del valore universale dei rapporti numerici semplici.

Poco dopo la pubblicazione del *Traité*, venendo a conoscenza degli scritti scientifici di Sauveur sui sovratoni, egli colse immediatamente il nesso tra la sequenza degli armonici e la triade maggiore. Come si è detto, la scienza aveva appurato che i suoni prodotti dalle corde vibranti contengono una frequenza fondamentale e le frequenze multiple intere di questa. Nella serie dei sovratoni si presentano così gli intervalli che caratterizzano l’accordo di triade maggiore: infatti, i primi cinque sovratoni sono, nell’ordine, l’ottava, la dodicesima, la doppia ottava e la diciassettesima maggiore. Mentre l’ottava e la doppia ottava sono equivalenti alla fondamentale, quest’ultima, la dodicesima e la diciassettesima (che, riportate nell’ambito della stessa ottava, divengono la quinta e la terza maggiore) rappresentano gli intervalli che caratterizzano l’accordo di triade maggiore.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Per una trattazione più ampia degli sviluppi storici dell’acustica musicale si può vedere E.Bensa, G.Zanarini, *La fisica della musica. Nascita e sviluppo dell’acustica musicale nei secoli XVII e XVIII*, Nuncius, XIV, 1 (1999), pagg. 69-111.

<sup>2</sup> T.Christensen, *Rameau and Musical Thought in the Enlightenment*, Cambridge University Press, Cambridge, 1993.

Ecco perché Rameau ha potuto porre a fondamento scientifico dell'armonia (più precisamente, del modo maggiore) il riferimento ad un "basso fondamentale", del quale i suoni dell'accordo di tonica sono armonici; per questo stesso motivo, egli ha potuto dichiarare l'equivalenza tra i rivolti di tale accordo: il "basso fondamentale" non coincide necessariamente con la nota più bassa dell'accordo, ma è la nota fondamentale di cui le note della triade sono suoni armonici.

La scoperta della struttura interna dei suoni si può considerare analoga, in un certo senso, alla scoperta della natura complessa della luce: lo stesso Newton, d'altra parte, aveva alluso all'analogia tra i sette colori dell'arcobaleno e le sette note della scala musicale. Non sorprende dunque che Rameau, in una poesia celebrativa, sia stato definito "Newton dei suoni".

Newton des sons, astre de l'harmonie,  
Non, le concours des plus heureux hasards,  
Ne peut fixer la carrière des Arts [...]  
Rameau paroît, & la nuit se dissipe,  
dans ses accords il surprend leur principe [...].<sup>4</sup>

Attraverso Voltaire, Rameau era familiare con le teorie newtoniane, e la sua formulazione dell'irresistibile attrazione dell'accordo di tonica si può considerare come il riconoscimento di una sorta di "attrazione universale". Egli, dunque, poteva essere visto come newtoniano non solo perché aveva riconosciuto la complessità di un fenomeno (il suono musicale) apparentemente semplice (in analogia con i fenomeni luminosi), ma anche perché aveva individuato le leggi dinamiche, le leggi di gravitazione - per così dire - tra gli accordi, riconducendo a unità una multiforme varietà di situazioni: proprio come Newton aveva unificato sotto un'unica legge il mondo degli astri e quello terrestre.

Tra le opere di Rameau, l'*Opéra-ballet Pygmalion* (1748) propone la classica vicenda narrata nelle *Metamorfosi* di Ovidio sotto un aspetto nuovo: sarà infatti un accordo maggiore perfetto, sapientemente distribuito tra i molteplici strumenti dell'orchestra, a risvegliare la statua. Udendo questo accordo per la prima volta, essa ne resterà incantata, come del resto Pigmalione.

L'accordo maggiore perfetto, ossia quanto di più semplice e quasi consueto dall'uso si potesse immaginare anche ai tempi di Rameau viene qui trasfigurato in meravigliosa sorgente di emozione e addirittura di vita. Non è dunque necessaria una articolata melodia, non c'è bisogno di un intreccio polifonico né di elaborate concatenazioni di accordi secondo le regole dell'armonia: un semplice accordo, percepito come un unico suono melodioso, è sufficiente a muovere il cuore di Pigmalione e a far vivere la statua.

La questione teorica dell'esistenza simultanea di più modi di vibrazione delle corde - che ancora a metà del settecento lo stesso d'Alembert definiva un "enigma inesplicabile" - è stata appassionatamente e lungamente dibattuta, e si è chiarita solo quando, all'inizio dell'800, la fisica matematica ha permesso di scrivere e risolvere

<sup>3</sup> L'origine della triade minore è più problematica nella teoria di Rameau, e viene riformulata più volte nelle sue opere. Egli ipotizza in particolare l'esistenza di armonici inferiori (rispetto alla frequenza fondamentale). Si veda a questo proposito T. Christensen, *Rameau and Musical Thought in the Enlightenment*, Cambridge University Press, Cambridge, 1993, p. 162.

<sup>4</sup> J-F. Marmontel, *Épître à Rameau* (1753), in T. Christensen, *Rameau and musical thought in the Enlightenment*, Cambridge University Press, Cambridge, 1993, p.9.

le relative equazioni, individuando nella loro linearità la radice della coesistenza di tali modi diversi. Inoltre, lo studio fisico-matematico della propagazione del suono nell'aria ha permesso nello stesso periodo di chiarire la fisica della produzione del suono nei tubi.<sup>5</sup>

All'inizio dell'800, Jean Baptiste Fourier ha enunciato poi il suo famoso teorema, che ha avuto un ruolo assolutamente centrale nei successivi sviluppi dell'acustica: esso afferma che qualunque funzione periodica si può esprimere come sovrapposizione di funzioni semplici (sinusoidali), le cui frequenze sono multiple di una frequenza fondamentale. Anche dal punto di vista matematico, ogni suono musicale si può dunque considerare come una miscela di suoni semplici, le cui frequenze stanno tra loro in rapporti definiti. Si è realizzata così una feconda convergenza tra sperimentazione fisica e teorizzazione matematica che ha avuto un ulteriore sviluppo quando si è sviluppato lo studio teorico dei modi di oscillazione di sistemi non più a una sola dimensione (come in prima approssimazione si possono considerare le corde e i tubi) ma a due dimensioni (come le sbarrette) o addirittura a tre dimensioni, come le campane. In questi casi, le frequenze di vibrazione non stanno più necessariamente in rapporti semplici tra loro, e dunque la vibrazione complessiva non è più periodica. Essa però, grazie ad un ampliamento del teorema di Fourier, si può comunque decomporre in componenti sinusoidali.

Da questo momento, si può affermare che ogni suono ha una dimensione e una struttura verticale (la sua composizione in termini di suoni semplici) oltre che una dimensione orizzontale (la sua dipendenza dal tempo). Questo nuovo modo di rappresentare gli eventi sonori – una sorta di “partitura fisica” – contribuirà a far sì che il suono non sia più semplicemente un ingrediente della musica, ma, per la complessità della sua struttura, possa venire concepito esso stesso come musica.

A questo punto, è necessario accennare anche agli studi effettuati sulla dimensione percettiva del suono stesso. Infatti, se è vero che il suono è un fatto fisico, originato dalle complesse vibrazioni di corde, di membrane, dell'aria contenuta entro tubi sonori, non bisogna dimenticare il ruolo del sistema percettivo (dall'orecchio fino al cervello) nella elaborazione delle variazioni periodiche di pressione dell'aria che sollecitano il timpano.

A questo proposito, basti pensare che, mentre la sollecitazione che giunge all'orecchio è periodica, l'esperienza percettiva sembra non confermare questa affermazione. Infatti, anziché riprodurre il ritmico alternarsi di compressioni e rarefazioni dell'aria sul timpano, la percezione presenta un oggetto sonoro stabile nel tempo e caratterizzato da una peculiare qualità, che ne permette il confronto con altri oggetti analoghi: l'altezza.

Il fatto che esista una relazione univoca tra altezza percepita e frequenza dello stimolo sonoro fa pensare che il sistema percettivo sia in grado di rilevare la periodicità della perturbazione acustica che giunge all'orecchio. Ma in che modo?

A metà dell'ottocento, è stato Hermann von Helmholtz a rispondere a queste domande, e più in generale a fornire un contributo decisivo alla ricerca in acustica, non solo raccogliendo e unificando in una straordinaria sintesi interdisciplinare una molteplicità di contributi teorici e sperimentali, ma anche inaugurando una

---

<sup>5</sup> Si veda ad esempio, a questo proposito, R.T.Beyer, *Sounds of Our Times*, Springer Verlag, New York, 1999.

prospettiva nuova. Infatti, la sua profonda competenza in campo anatomico e fisiologico gli ha permesso di studiare in modo approfondito anche i fenomeni della percezione uditiva.<sup>6</sup>

Già Georg Ohm aveva avanzato l'ipotesi che l'orecchio fosse una sorta di analizzatore naturale dei suoni, che fosse in grado cioè di scomporre i suoni complessi (come quelli prodotti dalle corde vibranti) nei suoni componenti. Helmholtz è riuscito a superare l'aspetto ipotetico di questa affermazione, mostrando che differenti parti dell'orecchio interno entrano in risonanza alle diverse frequenze: qui sta la base della costruzione sensoriale delle altezze dei suoni, ed è questo stesso meccanismo fisico che permette la scomposizione dei suoni composti nei loro costituenti. Per spiegare intuitivamente questa sorprendente capacità dell'apparato sensoriale, egli ha paragonato l'orecchio interno alla cordiera di un pianoforte senza smorzatori, nella quale le diverse corde vibrano quando sono raggiunte da uno stimolo sonoro che contiene le loro frequenze di vibrazione.<sup>7</sup>

Oltre a elaborare un modello della fisiologia dell'orecchio interno, Helmholtz ha progettato apparecchiature in grado di analizzare la composizione in frequenza dei suoni (per mezzo di risuonatori accordati su frequenze diverse) e di permettere la sintesi di suoni (per mezzo di un banco di diapason intonati a frequenze diverse ed azionati per via elettromagnetica). In questo modo, egli ha aperto la strada agli studi verso una comprensione sempre più approfondita dell'universo sonoro che sono stati sviluppati nel novecento.

La geniale intuizione di Helmholtz sul funzionamento dell'orecchio interno pone però un nuovo problema. Infatti, se l'orecchio scompone i suoni nelle loro componenti semplici, come mai un suono complesso viene normalmente percepito come un unico oggetto sonoro? Helmholtz stesso ha affrontato questo problema, riconoscendo per la prima volta un ruolo attivo alla percezione in quella che si può definire la "costruzione del mondo sonoro".<sup>8</sup>

Il passaggio del secolo, con lo sviluppo della teoria della *Gestalt*, ha poi segnato la netta affermazione di questa nuova prospettiva.<sup>9</sup> La sua novità consiste, appunto, nel fatto che la percezione è concepita come una costruzione, piuttosto che come una semplice riproduzione degli stimoli sensoriali: essa, cioè, ha un ruolo attivo (addirittura, si potrebbe dire, un ruolo creativo) nella costruzione degli oggetti sonori e delle loro caratteristiche.<sup>10</sup>

Per comprendere attraverso un esempio in che senso si può parlare della percezione come di un'attività costruttiva, e non semplicemente come di un aggregato di sensazioni, è sufficiente considerare ancora una volta il processo di attribuzione dell'altezza ai suoni.

Come si è detto, nel caso di una vibrazione semplice l'altezza è in relazione diretta con la frequenza della vibrazione che raggiunge l'orecchio e, nel caso di uno stimolo complesso armonico, è in relazione diretta con la frequenza fondamentale. Ma, sempre restando nell'ambito di stimoli armonici, l'altezza può venire ricostruita

---

<sup>6</sup> A.Serravezza, *Musica e scienza nell'età del positivismo*, Il Mulino, Bologna, 1996. Si veda anche G.Zanarini, "Scienza e armonia. Hermann von Helmholtz e la spiegazione fisica della consonanza musicale", *Nuova Civiltà delle Macchine*, XVI (1998), pp. 108-120.

<sup>7</sup> G.Zanarini, "Scienza e armonia. Hermann von Helmholtz e la spiegazione fisica della consonanza musicale", *Nuova Civiltà delle Macchine*, XVI (1998), pp. 108-120.

<sup>8</sup> A.Bregman, *Auditory Scene Analysis. The Perceptual Organization of Sound*, The MIT Press, Cambridge, Mass., 1994.

<sup>9</sup> R.Martinelli, "Musica e teoria della Gestalt", *Rivista Italiana di Musicologia*, 48 (1998).

<sup>10</sup> A.Bregman, *Auditory Scene Analysis. The Perceptual Organization of Sound*, The MIT Press, Cambridge, Mass., 1994.

anche in assenza della componente fondamentale; in altri casi (ad esempio, nel suono delle campane) l'altezza viene elaborata dal sistema uditivo utilizzando solo una parte dei suoni parziali presenti.<sup>11</sup>

Questa peculiarità della percezione acustica era nota anche in passato ai musicisti e ai costruttori di strumenti musicali, come testimonia ad esempio la prassi della simulazione di registri bassi dell'organo per mezzo di registri più acuti corrispondenti ai primi armonici. Ma la novità del novecento è costituita dall'approccio sistematico ai processi costruttivi della percezione acustica.

La ricerca acustica del novecento si è occupata di variare la complessità degli stimoli acustici e di ricercare, di volta in volta, gli elementi rilevanti per la costruzione degli oggetti sonori attraverso la fusione di componenti parziali. Si è visto così che tale fusione dipende in primo luogo dall'armonicità degli stimoli; ma anche il sincronismo di attacco tra parziali è, in molti casi, fondamentale: ad esempio, nel triangolo esso favorisce la fusione di componenti non armoniche in un unico oggetto sonoro di altezza non definita. Più in generale, è questo processo di fusione che permette la costruzione degli impasti sonori che hanno un ruolo così importante nella musica del novecento.<sup>12</sup>

La percezione, però, non opera soltanto nella costruzione dei suoni complessi a partire dalle loro componenti in frequenza, ma agisce anche sulla separazione tra oggetti sonori diversi ma simultanei. Il risultato, apparentemente irraggiungibile eppure continuamente raggiunto nell'ambito dell'esperienza quotidiana, è quello di ricostruire i singoli oggetti sonori simultaneamente presenti, di differenziarli l'uno dall'altro, di individuarne l'origine in specifici gesti sonori, di localizzarli nello spazio, di coglierne il movimento.<sup>13</sup>

Questa straordinaria capacità, che permette di risalire ad un mondo sonoro ordinato a partire da una caotica mescolanza di stimoli acustici sulla membrana del timpano, è alla base anche della percezione musicale. E' possibile dunque rileggere gli sviluppi storici del linguaggio musicale da un nuovo punto di vista, cogliendo gli elementi percettivi in esso impliciti.

Limitandoci ad alcune considerazioni esemplificative, osserviamo innanzitutto che la teoria del basso fondamentale di Rameau appare come una geniale anticipazione della teoria percettiva relativamente all'altezza. E' chiaro infatti che una triade maggiore, in quanto costituita (considerando i suoni nominali) da armonici di uno stesso basso fondamentale, si presta particolarmente bene alla fusione in un unico oggetto sonoro. Se il basso fondamentale è fisicamente assente, esso assume il ruolo di fondamentale "ricostruita". Questa stessa considerazione è alla base della classificazione dei rivolti come modalità di presentazione diverse dello stesso accordo, piuttosto che come accordi diversi irriducibili l'uno all'altro.

Il ruolo centrale dell'accordo di tonica si può così ricondurre ad una fusione percettiva particolarmente intensa e non ambigua dei suoni componenti in un unico oggetto sonoro di altezza corrispondente al basso fondamentale. Negli accordi di dominante e sottodominante, invece (come, d'altra parte, nel secondo rivolto dell'accordo di tonica), la presenza della tonica stessa (intesa come basso fondamentale) è meno intensa e più

---

<sup>11</sup> J.R.Pierce, *The Science of Musical Sound*, Scientific American Books, New York, 1983 (trad. it. *La scienza del suono*, Bologna, Zanichelli, 1988).

<sup>12</sup> A.Bregman, "Timbre, orchestration, dissonance et organisation auditive", in J-B.Barrière (a cura di), *Le timbre. Métaphore pour la composition*, Christian Bourgois, Paris, 1991.

<sup>13</sup> A.Bregman, "Timbre, orchestration, dissonance et organisation auditive", in J-B.Barrière (a cura di), *Le timbre. Métaphore pour la composition*, Christian Bourgois, Paris, 1991.

ambigua: tali accordi si prestano quindi particolarmente bene alla costruzione di dinamiche di allontanamento e avvicinamento all'accordo di tonica.<sup>14</sup>

Si può anche rovesciare l'affermazione fatta in precedenza: l'assenza di fusione tra suoni simultanei può ridurre o addirittura impedire la percezione dell'asprezza risultante (ossia la dissonanza sensoriale), se i suoni potenzialmente dissonanti possono venire attribuiti a oggetti sonori indipendenti.

Le regole tradizionali di preparazione e risoluzione degli accordi dissonanti si possono dunque interpretare, in termini percettivi, come modalità che permettono di mantenere separati i flussi sonori relativi alle singole voci. In questo modo, non si trasforma la dissonanza sensoriale in una consonanza, ma si ostacola la fusione, nell'ambito della quale la dissonanza stessa verrebbe più chiaramente percepita.<sup>15</sup>

Nel quadro dell'armonia classica il timbro era, in un certo senso, secondario: solo certe fusioni di suoni venivano selezionate e utilizzate, e la dimensione del timbro era essenzialmente quella di dar "colore" ai suoni. A partire dal secondo ottocento, invece, la struttura verticale delle composizioni si è finalizzata sempre più alla costruzione timbrica, mettendo in ombra la dinamica funzionale di matrice armonica.<sup>16</sup>

Arnold Schönberg, che pure ha indicato per la composizione musicale una strada nuova ma ancora centrata sulle altezze, al termine del suo *Manuale di Armonia* sottolinea la fondamentale importanza del timbro, giungendo addirittura a ipotizzare la possibilità di una musica intesa come "melodia di timbri".

Il suono si manifesta per mezzo del timbro, e l'altezza è una dimensione del timbro stesso. Il timbro è dunque il tutto, l'altezza è una parte di questo tutto, o meglio l'altezza non è che il timbro misurato in una sola direzione. Ora, se è possibile produrre, servendosi di timbri diversi per altezza, dei disegni musicali che chiamiamo melodie, vale a dire successioni di suoni che con i loro rapporti determinano la sensazione di un discorso logico, deve essere anche possibile ricavare dai timbri dell'altra dimensione - da ciò che chiamiamo solo "timbri" - successioni che col loro rapporto generino una logica equivalente a quella che ci soddisfa nella melodia costituita dalle altezze. [...] Melodie di timbri [*Klangfarbenmelodien!*].

Le affermazioni di Schönberg si fondano su di una buona conoscenza dell'acustica, come dimostrano numerosi passaggi del *Manuale di Armonia*. Ma, per quello che si è detto fin qui, è possibile anche andare al di là della precedente affermazione di Schönberg. Non soltanto l'altezza è un particolare attributo degli aggregati timbrici, che possono anche esserne privi, ovvero presentare un certo grado di ambiguità in termini di altezza; addirittura, l'armonia classica si può considerare come una codifica di "scheletri timbrici", di timbri astratti: una codifica in relazione alla quale è stato possibile costruire una dinamica fondata sull'ambiguità di altezza delle strutture timbriche stesse.

Per comprendere la profonda trasformazione del ruolo del suono nella musica del novecento è necessario tenere conto anche di aspetti più generali, che trascendono il mondo musicale ma che su di esso hanno avuto un'influenza profonda. In particolare, va ricordato lo straordinario sviluppo della tecnica, con alcune innovazioni fondamentali per il mondo dei suoni: sopra tutte, la registrazione magnetica e i circuiti elettronici.

<sup>14</sup> R.Parncutt, *Harmony. A Psychoacoustical Approach*, Springer Verlag, Berlin, 1989.

<sup>15</sup> A.Bregman, "Timbre, orchestration, dissonance et organisation auditive", in J-B.Barrière (a cura di), *Le timbre. Métaphore pour la composition*, Christian Bourgois, Paris, 1991.

<sup>16</sup> L.Azzaroni, *Canone infinito*, Clueb, Bologna, 1998.

<sup>17</sup> A.Schönberg, *Harmonielehre*, Universal Edition, Wien, 1922 (trad. it. *Manuale di Armonia*, Il Saggiatore, Milano, 1972).

Questi ultimi, in particolare, hanno reso possibile l'effettiva realizzazione dei "sonogrammi", ossia delle rappresentazioni dei suoni nel piano frequenza-tempo, e addirittura nello spazio intensità-frequenza-tempo.<sup>18</sup> Si è aperto così un periodo di straordinario interesse e impegno nello studio dei suoni reali e nella ricerca di modalità innovative di sintesi dei suoni.

L'acustica di Helmholtz si era concentrata soprattutto sui suoni stazionari armonici, ossia sui suoni che gli strumenti disponibili permettevano di studiare più agevolmente. La tecnologia elettronica ha permesso una analisi molto più approfondita della struttura dei suoni (dei suoni quasi armonici, nei quale la relazione tra le frequenze delle componenti parziali è approssimativamente armonica; dei suoni parzialmente armonici, nei quali solo una parte delle componenti viene utilizzata dal sistema percettivo per la costruzione dell'altezza virtuale; dei suoni "naturali", nei quali sono rilevanti gli aspetti aperiodici, ossia di rumore).

La rappresentazione sonografica, inoltre, ha reso possibile lo studio della complessa dinamica temporale dei suoni: della dipendenza dal tempo delle diverse componenti parziali, e in particolare dell'andamento temporale degli attacchi e dei decadimenti.

E' risultato possibile, così, superare criticamente i limiti delle descrizioni tradizionali dei fenomeni sonori, verificando che il quadro teorico dell'acustica classica era assai schematico e idealizzato: infatti, i suoni stazionari effettivamente prodotti da corde e tubi non sono mai esattamente armonici, come vorrebbe invece una teoria semplificata che vale soltanto per oscillazioni infinitesime di corde infinitamente sottili e perfettamente elastiche, ovvero riguarda tubi di diametro trascurabile e pareti perfettamente rigide.

Anche il teorema di Fourier, che pure ha un ruolo fondamentale nell'analisi e nella sintesi degli stimoli sonori, si è rivelato come una costruzione teorica che, nelle effettive applicazioni, deve fare i conti con suoni transitori, mutevoli e, comunque, di durata limitata.

Oggetti sonori che evolvono non possono essere considerati periodici, e di conseguenza non sono esprimibili per mezzo di uno spettro di Fourier di funzioni sinusoidali armoniche del tempo; tutti i suoni musicali aventi una durata limitata sono soggetti alla contraddizione tra l'esistenza di una durata finita e quella di uno spettro, cioè di un timbro costante. Questa osservazione [...] acquista grande rilievo qualora la durata delle note divenga sempre più breve. Il timbro in sé si sporca e il concetto corrispondente di altezza svanisce.

Si è scoperta, insomma, la dimensione più profonda del suono musicale, ossia la sua caratteristica, per così dire, di inafferrabile ma vivente imperfezione. Anche la distinzione classica tra suoni e rumori, fondamentale nell'estetica e nella pratica musicale del passato, è apparsa così sempre più come una scelta culturale, piuttosto che come un dato naturale.

A questo proposito, va segnalata l'attenzione ai suoni della vita quotidiana enfatizzata dal futurismo. Va sottolineata poi l'importanza di Edgar Varèse, un compositore che ha lavorato a lungo (pur dovendo lottare con forti limitazioni tecniche) sulla costruzione di suoni nuovi per mezzo di modifiche a suoni registrati e sulla realizzazione di agglomerati timbrici, sia con strumenti tradizionali, sia con strumenti elettronici.

Ma è stata soprattutto la creazione di laboratori di musica elettronica (presso i Laboratori Bell negli Stati Uniti, e poi a Parigi, a Colonia, a Milano) che ha permesso a compositori come Pierre Schaeffer, Jean Claude

<sup>18</sup> C.Roads, *The Computer Music Tutorial*, Cambridge, Mass., The MIT Press, 1996.

<sup>19</sup> A.Moles, *Théorie de l'information et perception esthétique*, Paris, 1958 (trad. it. *Teoria dell'informazione e percezione estetica*, Roma, 1969).

Risset, Karkheinz Stockhausen, Gyorgy Ligeti Luciano Berio, Bruno Maderna di sperimentare le possibilità di composizione di tessuti sonori aperte dalle nuove tecnologie. Anche chi, come Ligeti, comporrà in seguito per strumenti tradizionali, resterà profondamente segnato da questa esperienza.

Una delle figure di primo piano nel panorama della musica elettronica (di quella musica, cioè, che sperimenta la composizione diretta dei suoni per mezzo di tecnologie elettroniche e informatiche) è Jean Claude Risset, musicista e fisico, allievo di composizione di André Jolivet. Un soggiorno di studio presso i Laboratori Bell negli Stati Uniti e una stretta interazione con chi in Francia si dedicava agli studi di acustica con l'aiuto dell'elettronica (e in particolare con Emile Leipp) convinse Risset non soltanto della complessità dei suoni reali, ma anche della centralità della dimensione percettiva.

Lavorando in un primo tempo in una dimensione strettamente scientifica, Risset ha sviluppato una analisi dei timbri strumentali, che egli ha ricostruito per sintesi elettronica. Si dedica poi anche allo studio dei cosiddetti "paradossi uditivi" (l'altezza virtuale, di cui si è già parlato, ma anche delle scale paradossali, e cioè apparentemente sempre crescenti o decrescenti in altezza ma effettivamente costituite da componenti che si ripetono).

Le sue composizioni musicali si intrecciano con i suoi studi scientifici. Già nella *Computer Suite for Little Boy* del 1968 (la sua prima opera musicale), Risset si serve di suoni sintetizzati che riproducono ottoni e campane; inoltre, produce per mezzo del computer timbri inarmonici ed effetti paradossali, utilizzandoli a fini espressivi. Ad esempio, nel secondo movimento della *Suite*, intitolato *Fall*, egli impiega una scala infinita discendente per evocare la caduta della bomba di Hiroshima (a questo episodio, infatti, è ispirata la *Suite*).

La composizione dei suoni per mezzo del computer permette di realizzare sonorità "inaudite", come (con un gioco di parole) Gérard Grisey le qualificherà in un suo scritto, ossia di produrre musica "acusmatica", come è stata definita negli stessi anni, intendendo riferirsi al fatto che si tratta di musica nella quale sfuma il riferimento a specifici gesti sonori.

Scriva Risset a questo proposito:

Come possiamo distinguere con certezza illusione e realtà, se tutta la nostra esperienza passa attraverso la nostra percezione? [Risset 1988]

*Songes* si intitola, appunto, una composizione di Risset del 1979, nella quale egli lavora sull'identità del materiale sonoro: un'identità che sfugge, tra realtà e sogno, tra strutture classiche, tessuti timbrici, evoluzioni spettrali, effetti di spazializzazione.

Con lo sviluppo delle tecnologie, evolvono anche le modalità compositive. Diventa possibile infatti sviluppare elaborazioni complesse dei suoni, come il filtraggio, la modulazione, la riverberazione, la spazializzazione, il missaggio, la sintesi incrociata (l'attribuzione ad un suono della distribuzione di energia tra parziali - della "struttura formantica" - di un altro suono). Inoltre, le elaborazioni possono venire effettuate anche in tempo reale, e diviene così possibile una interazione molto stretta, addirittura in fase di esecuzione, tra strumenti tradizionali ed elaborazioni elettroniche. Tra i primi a esplorare queste nuove potenzialità troviamo

---

<sup>20</sup> J.C.Risset, "Timbre et synthèse des sons", in J-B.Barrière (a cura di), *Le timbre. Métaphore pour la composition*, Christian Bourgois, Paris, 1991.

ancora una volta Jean Claude Risset, ma anche compositori come Tristan Murail, che insieme ad altri darà vita al del Gruppo *Itinénaire*.

Agli inizi degli anni settanta del novecento, Gérard Grisey (allievo di Olivier Messiaen) segue alla Sorbona i corsi di acustica di Emile Leipp. Lì, tra l'altro, approfondisce le analisi spettrali dei suoni strumentali, esaminandone i sonogrammi, e si avvicina allo studio scientifico della percezione acustica. Può così verificare che l'immagine del suono che era stata proposta dalla scienza tradizionale (e ripresa dall'insegnamento di Conservatorio) era ipersemplicità: il suono era come "appiattito" in una semplice sovrapposizione di armonici simultanei di frequenza costante. L'analisi sonografica, invece, permette di osservare la straordinaria complessità dei suoni reali: essi si rivelano mutevoli, instabili, cangianti, transitori, dinamici.

Insieme ad altri giovani musicisti (tra cui Hugues Dufourt e Tristan Murail), Grisey fonda nel 1973 il gruppo *Itinénaire*. Questo gruppo ha stretti contatti con l'Ircam, un importante centro di ricerca che viene fondato a Parigi nel 1975, e in particolare con Risset, che opera all'Ircam per diversi anni, e (attraverso concerti e conferenze) propone un intreccio molto stretto tra scienza dei suoni e pratica compositiva).

Il programma compositivo di Grisey è assai particolare, e insieme assai aderente a questa esperienza di analisi. Egli immagina infatti di riproporre la "vita dei suoni" ricostruendoli per mezzo di suoni orchestrali, ossia per mezzo degli strumenti, e dilatando il tempo della loro dinamica, in modo che i microfenomeni che differenziano un suono "vivo" da un suono "morto" possano più facilmente venire messi in evidenza. E il suono "vivo", come accade in alcune composizioni di Grisey, può essere anche una sola nota, ricostruita artificialmente attraverso l'orchestra.

Per la prima volta un compositore si ispira in modo esplicito e rigoroso ai parametri del timbro per costruire la sua orchestrazione e generare i suoi modelli armonici. [...] Gérard Grisey realizza il passaggio tra timbro come colore e timbro come materiale formale.

Lo stesso Grisey è esplicito su questo punto, aggiungendo una considerazione fondamentale relativa al ruolo dell'elaboratore elettronico.

Da qualche anno, l'elettronica ci permette un ascolto "microfonico" del suono. L'interno stesso del suono, nascosto e occultato da parecchi secoli da pratiche essenzialmente macrofoniche è infine proposto alla nostra meraviglia. D'altra parte, l'elaboratore ci permette di affrontare campi di timbri "inauditi" fino a oggi e di analizzarne in dettaglio la composizione. L'incontro con questo nuovo campo acustico ancora vergine ha rinnovato il nostro ascolto e ha determinato forme nuove: finalmente è divenuto possibile esplorare l'interno di un suono ampliandone la durata e viaggiare dal macrofonico al microfonico.

In questo modo, la struttura armonica non è più il risultato di una combinatoria o comunque delle regole di un linguaggio specialistico, ma si costruisce a partire dagli spettri strumentali. Di qui il nome, coniato da Hugues Dufourt, di "musica spettrale". I suoni fondamentali delle note suonate dagli strumenti sono infatti in

<sup>21</sup> M.A.Dalbavie, "Pour sortir de l'avant-garde", in J-B.Barrière (a cura di), *Le timbre. Métaphore pour la composition*, Christian Bourgois, Paris, 1991.

<sup>22</sup> J.C.Risset, "Timbre et synthèse des sons", in J-B.Barrière (a cura di), *Le timbre. Métaphore pour la composition*, Christian Bourgois, Paris, 1991.

molti casi i suoni parziali di specifici spettri acustici, e l'orchestrazione riproduce anche le ampiezze delle componenti parziali fornite dai sonogrammi.

E' importante sottolineare che solo in prima approssimazione lo spettro è un accordo. La differenza è, appunto, nell'andamento temporale. A differenza dell'accordo, che è un oggetto linguistico, il suono è un oggetto dinamico e mutevole del mondo reale. Dunque, il materiale su cui lavora la musica spettrale è il continuo divenire degli spettri sonori: il pentagramma sarà una rappresentazione schematica dei sonogrammi e la "macrosintesi" sonora sarà il nuovo nome dell'orchestrazione del novecento.

Soltanto la sintesi elettronica e la sintesi strumentale ci permettono di affrontare questa dimensione nuova. Nella sintesi strumentale [...] sono gli strumenti che esprimono le componenti del suono; a differenza della sintesi elettronica, queste componenti sono così complesse che già costituiscono una microsintesi. Per distinguerla da quest'ultima, chiameremo dunque macrosintesi la sintesi sonora orientata alla elaborazione delle forme sonore. [...] Lo strumento, come microsintesi e sorgente complessa, sarà utilizzato per le sue qualità specifiche e non per le sue connotazioni culturali (i flauti idillici, l'oboe campestre, il corno lontano, ecc.).

Così l'analisi spettrale degli strumenti diviene il complemento indispensabile ai trattati di orchestrazione ormai superati che però i compositori del ventesimo secolo usano ancora. Ad esempio, un suono di clarinetto il cui terzo armonico è piuttosto penetrante, o il suono di una tromba la cui sordina filtra una regione di 3000 o 4000 Hertz troveranno finalmente il loro posto nella sintesi strumentale proprio per la loro distribuzione di energia e non per colorare un'armonia o costruire artigianalmente un bel timbro!

Si realizza così una profonda rivisitazione del materiale tradizionale con "orecchi nuovi", un inedito utilizzo a fini espressivi non soltanto della materialità dei suoni, ma della loro irriducibile (e, in passato, imprevedibile) complessità.

---

<sup>23</sup> G.Grisey, "Structuration des timbres dans la musique instrumentale", in J-B.Barrière (a cura di), *Le timbre. Métaphore pour la composition*, Christian Bourgois, Paris, 1991, pagg. 352-385.