

Tonalità e Temperamenti

Caratteri dinamici della complessità in musica

Emanuela Pietrocini* e Maurizio Lopa**

Sunto: *Tra le forme complesse di rappresentazione, la musica si caratterizza fondamentalmente per la dinamicità nell'evoluzione e nella successione dei modelli strutturali di riferimento. Questa osservazione, pur collocata nella prospettiva storica, può contribuire a mettere in rilievo l'ipotesi di una generalizzazione scientifica coerente alla natura non-lineare del fenomeno musicale. In questa trattazione si cercherà di porre una particolare attenzione al rapporto tra l'esperienza musicale e l'organizzazione strutturale del sistema prendendo in esame la ricerca sui Temperamenti, quali forme di definizione delle altezze e dei rapporti intervallari nella gamma sonora funzionali all'esecuzione, e delle relazioni che hanno determinato il consolidamento e la stabilizzazione di uno dei modelli più utilizzati nella produzione musicale degli ultimi cinque secoli, la Tonalità, al fine di tracciare l'ipotesi di una possibile linea di indagine che veda riconosciuti come caratteristici ed ineludibili i tratti indefiniti della mutazione, del passaggio, della trasformazione continua, dunque della Complessità, che sono propri del movimento e della Musica.*

Parole Chiave: Musica, Complessità, Tonalità, Temperamenti.

Abstract: *Among the complex forms of representation, the music is basically for the dynamic evolution and succession of structural models of reference. This observation, while placed in historical perspective, can help to highlight a coherent scientific generalization to non-linear nature of the musical phenomenon. In this discussion we will try to put a special emphasis on the relation between music experience and the structural organization of the system examining research on Temperament, what forms of definition of intervallic relations and heights in the range functional sound executing, and relationships that have led to the consolidation and stabilization of one of the most popular models in the musical production of the last five centuries, the Hue, in order to trace the hypothesis of a possible line of inquiry that see recognized as characteristic and inescapable undefined traits of the mutation, the passage, transformation continues, so the Complexity, which are their movement and Music.*

* ISIA Roma Design, Corsi decentrati di Pescara, dipartimentomusica@gmail.com.

** ISIA Roma Design, Corsi decentrati di Pescara, maurizio.lopa@gmail.com

Keyword: Music, Complexity, Colors, Temperaments.

Citazione: Pietrocini E., Lopa M., *Tonalità e Temperamenti. Caratteri dinamici della complessità in musica*, «ArteScienza», Anno II, N. 3, pp. 163-190.

1. Introduzione

La riflessione sul fenomeno musicale nella storia della cultura occidentale si caratterizza per trovarsi, nel metodo e nel merito, esattamente sul confine tra arte e scienza. A partire dagli esperimenti pitagorici sul monocordo gli studiosi e i filosofi dell'antichità classica indagano la natura del suono e delle sue caratteristiche fisiche, cercano i fondamenti dei sistemi di relazione e delle tecniche di produzione; nel contempo ci si interroga sulle ragioni semantiche, sui principi universali, sulle leggi del *Numero* che la musica, prima tra tutte le arti, descrive e rappresenta per necessità ontologica. Il suono, in sé, è numero poiché contiene e rappresenta il principio di tutto l'esistente:

... Nulla sarebbe comprensibile, né le cose in sé né le loro relazioni, se non ci fosse il Numero e la sua sostanza...¹

Come suggerisce Stobeo (V sec. d.C.), il Numero armonizza la rappresentazione sensibile delle cose e la loro sostanza nell'Anima, ne rende possibile la distinzione e la determinazione, ne qualifica la limitazione o la tendenza a infinito. L'Anima, in questo caso, coincide con l'*Armonia*, ovvero con quel principio metafisico che Filolao di Crotone (V sec.a.C.) definisce «... unificazione di molti termini mescolati, e accordo di elementi discordanti».²

L'Armonia si estende al concetto di *Universo*, concepito come un Tutto retto da un Ordine dinamico: il cosmo è infatti in peren-

¹ Stobeo, *Eclogae* I, proemio, cor. 3 da Diels-Kranz, *Fragmente der Vorsokratiker*, Berlin, Weidemann, 1951, 44A23, trad. it. a cura di A. Maddalena, *I Pitagorici*, Bari, Laterza, 1954.

² Diels-Kranz, cit, 44B10.

ne movimento e il moto degli astri, come quello delle più piccole molecole, è regolato dalle leggi dell'armonizzazione.

Cosa è dunque la musica se non la rappresentazione del *Moto*, dell'*Unità*, dell'*Idea*, del *Numero*? Certo, la musica del mondo sensibile, che si canta, si suona e genera il movimento della danza, non può assurgere a tanta dignità: è la musica prodotta dal moto delle sfere celesti, inudibile e ineffabile, la musica del pensiero puro e senza oggetto quella a cui Platone si riferisce quando nel *Fedone* fa raccontare a Socrate il sogno inviato dalla divinità:

Più volte nella vita passata veniva a visitarmi lo stesso sogno, apparandomi ora in uno ora in altro aspetto; e sempre mi ripeteva la stessa cosa: "O Socrate, diceva, componi ed esercita musica". E io, allora, quello che facevo, codesto appunto credevo che il sogno mi esortasse e mi incitasse a fare; e, alla maniera di coloro che incitano i corridori già in corsa, così anche me il sogno incitasse a fare quello che già facevo, cioè a comporre musica, reputando che la filosofia fosse musica altissima e non altro che musica io esercitassi.³

Dunque la filosofia è musica e la musica è veicolo di conoscenza.

Curiosamente, questa conoscenza trova nella musica percettiva e nelle sue forme espressive tutti quegli elementi di indagine e di osservazione che, attraverso il metodo scientifico, rivelano intatta la stessa sostanza delle *Idee*.

Questa intuizione si ritrova tanto in Platone quanto in Aristotele nel momento in cui riconoscono l'importanza e la potenza degli effetti della musica sull'educazione, sulla socialità, sulla vita civile, sulla vita interiore e sulla percezione del mondo.

In effetti, le leggi che regolano la costruzione delle architetture musicali sottendono una matrice costante, archetipica, che secondo Schelling sovrintende e connota la componente fenomenologica che più di ogni altra le avvicina allo *Spirito*: il ritmo. Questo si può definire come pulsazione: il movimento costante e ciclico che

³ *Fedone*, 60E-61A, trad. it. di Manara Valgimigli, in Platone, *Opere*, Bari, Laterza 1966, p.105.

rende possibile la vita; si può definire altresì come ridondanza, che rende note e riconoscibili le cose esistenti; si può definire movimento, quando si estende nel continuum spazio-temporale; infine mutazione, quando descrive un cambiamento coerente anche se sostanziale.

Il ritmo della musica è il continuo divenire, l'effimero percettivo per eccellenza cui solo il pensiero può dare continuità ed esistenza. Ed è infatti per questo che l'osservazione dei fenomeni legati alla musica non può prescindere dall'assumere quali indicatori primari i caratteri dinamici della *Complessità*: la musica evolve come il linguaggio, ma non ne mutua il carattere prevalentemente semantico; si organizza in strutture e sequenze logiche, ma il processo e gli esiti mostrano caratteristiche tutt'altro che lineari e, spesso, imprevedibili. Una prospettiva di ricerca storico - analitica dei sistemi di organizzazione musicale che elegga una metodologia scientifica centrata sulla complessità può condurre a ravvisare le possibili radici di alcuni tra gli aspetti strutturali, formali e costruttivi più significativi della produzione musicale occidentale.

In questa trattazione si cercherà di porre una particolare attenzione al rapporto tra l'esperienza musicale e l'organizzazione strutturale del sistema, prendendo in esame la ricerca storica sui *Temperamenti* quali forme di definizione delle altezze e dei rapporti intervallari nella gamma sonora, e delle relazioni che hanno determinato il consolidamento e la stabilizzazione di uno dei modelli strutturali di riferimento più utilizzati nella produzione musicale degli ultimi cinque secoli: la *Tonalità*.

La poderosa portata di questi temi, oggetto di studio e di ricerca da secoli e in molteplici forme, è tale da non consentire una trattazione esaustiva in questa sede; ci si limiterà a illustrare alcuni tra gli aspetti del fenomeno musicale che possono descrivere percorsi e caratteristiche legati alla Complessità, senza peraltro addentrarsi nell'ambito scientifico di riferimento che non è oggetto di questo lavoro. In particolare, si intende mettere in luce la non-linearità e la dinamicità delle relazioni tra elementi e sistemi di elementi nella Musica al fine di rintracciare e riconoscere i tratti in-

definiti della mutazione, del passaggio, della trasformazione continua. Ci propone dunque di fornire una chiave di lettura unitaria e coerente alla natura dei fenomeni osservati, utilizzando ricorrenza e ridondanza, del resto propri del linguaggio musicale, per richiamare e sottolineare anche in modo indiretto i caratteri dinamici della Complessità in modo che siano costantemente posti in evidenza.

2. Radici

Il dualismo tra Arte e Scienza⁴ nella concezione estetica della musica, caratteristico della cultura greca dell'antichità classica, si trasferisce immutato nella filosofia medievale: Agostino e Boezio, sebbene per aspetti differenti, sottolineano il primato della Scienza, intesa come Legge del Numero, che si manifesta nella Musica. Nel primo la mistica dei numeri di ascendenza pitagorica si fonde con la nuova mistica cristiana⁵ e vede nella musica teoretica uno strumento privilegiato dell'asceti; nel secondo le dottrine platoniche confluiscono nella riflessione etica e propriamente scientifica poiché la musica coinvolge tanto la speculazione quanto la moralità.⁶ Boezio si spinge ancora oltre proponendo una tripartizione dei generi della musica tale che la sola *mundana*, prodotta dal moto ordinato del cosmo e della natura, possa ritenersi scienza e verità: il movimento degli astri, l'alternanza del giorno e della notte, l'avvicinarsi delle stagioni generano una miracolosa armonia; il fatto che questa sia inudibile all'orecchio umano ha rilevanza positiva nel definirne grandezza e velocità.

Quanto alla musica *humana* e alla *instrumentalis*, costituiscono l'una la capacità introspettiva di percepire l'armonia psicofisica del corpo e dell'anima con il cosmo, l'altra un mero tentativo di

⁴ Enrico Fubini, *L'estetica musicale dall'antichità al Settecento*, Torino, Einaudi, 1968.

⁵ Enrico Fubini, *Op. cit.*, p. 71.

⁶ Anicio Manlio Severino Boezio, *Pensieri sulla Musica*, a cura di A. Damerini, Firenze, Fussi, 1949.

imitazione, un pallido riflesso la cui posizione è compromessa dall'attività manuale del suonare; tra i generi della musica *instrumentalis* l'unico ad avere dignità scientifica è quello che si riferisce all'analisi, alla conoscenza dei sistemi di organizzazione musicale, al giudizio qualitativo.

In buona sostanza, vi è nella concezione della musica la priorità assoluta di una assimilazione alla scienza: le conseguenze hanno una portata imponente, tale da informare lo sviluppo della musica per i secoli a venire fino alle soglie del Rinascimento. Vi sarà infatti, per lungo tempo, una forte dicotomia tra musica *prattica* e *teorica*, instaurando così una totale distinzione tra chi suona o canta e chi studia e conosce. Ne è prova il fatto che per secoli i teorici continuarono a elaborare sistemi di organizzazione i cui legami con la pratica musicale furono assai labili, se non inesistenti. Solo alle soglie del Cinquecento possiamo rintracciare i primi esempi di studiosi che furono anche musicisti *prattici*; essi cercarono di concii-

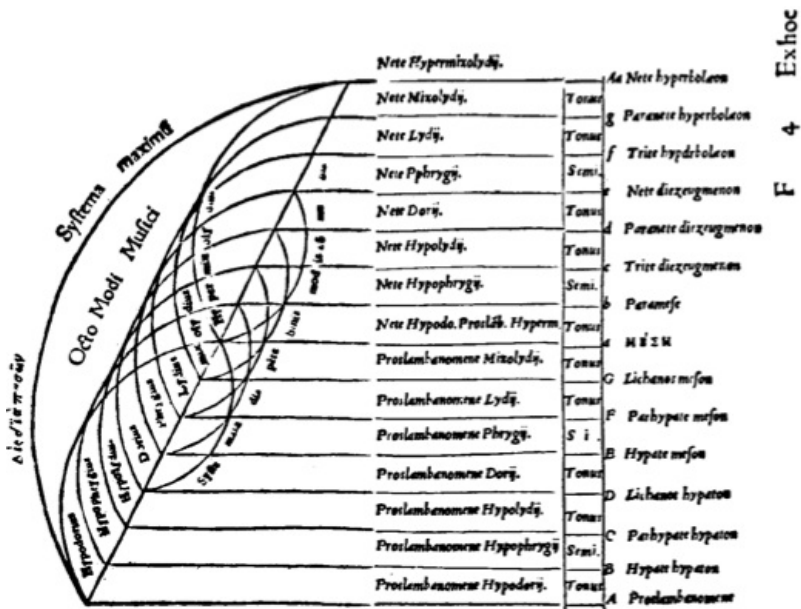


Fig. 1 - Sistema dei modi in Dodekachordon. Fac simile dell'edizione del 1547.

liare la teoria ecclesiastica medievale dei Modi di matrice boeziana con la nuova pratica musicale già in atto da tempo, caratterizzata dallo sviluppo della polifonia e della musica profana, vocale e strumentale. Tra tutti, citeremo Henricus Glareanus (1488-1563) che nel suo trattato del 1547, *Dodekachordon*,⁷ illustra un sistema basato sull'ottava e organizzato in dodici Modi (scale diatoniche di otto suoni) tra cui gli otto ecclesiastici della tradizione, distinti in autentici e plagali, e quattro aggiuntivi, tra cui lo Ionio e l'Eolio, la cui disposizione di toni e semitoni è la medesima degli attuali Maggiore e Minore. Con quest'opera Glareanus illustra quanto già di fatto era acquisito nella prassi esecutiva, contribuendo però in modo determinante alla sua stabilizzazione e diffusione.

La vera rivoluzione nella scienza musicale del Cinquecento si deve all'opera di Gioseffo Zarlino (1517-1590), musicista e teorico, la cui linea di ricerca parte proprio dalla consistenza naturale del fenomeno acustico e delle sue caratteristiche fisiche.

In accordo con la razionalità del suo tempo, Zarlino mira a giustificare l'uso reale degli intervalli musicali attraverso il metodo scientifico. Ben lungi dal disconoscere il primato della musica *mundana*, alla quale fa riferimento al fine di individuare un principio razionale immanente nei rapporti tra i suoni, egli concentra i propri sforzi nella teorizzazione di un sistema basato sullo studio sistematico dei suoni armonici.



Fig. 2 - Successione dei suoni armonici (<http://spider.georgetowncollege.edu>).

⁷ Glareani, *Dodekachordon*, Basileae: per Henrichum Petri, mense Septembri 1547.

Gli armonici naturali sono generati da qualsiasi suono emesso da un corpo vibrante; la loro frequenza è un multiplo del suono fondamentale (ipertoni) e in generale si può dire che quanto il nostro orecchio percepisce come un singolo suono sia in realtà la risultante di tutte queste frequenze sovrapposte. La rilevanza, la quantità e la qualità degli armonici determinano, ad esempio, la tipicità del timbro di un determinato strumento.

È possibile distinguere i suoni armonici e isolarli dal suono fondamentale sfiorando la corda di un violino in determinati punti della tastiera, corrispondenti alla porzione di corda individuata dal numero d'ordine della successione naturale degli ipertoni. I primi sei armonici della serie possono essere percepiti con una certa chiarezza all'interno del suono generatore: la loro sovrapposizione va a configurare quello che comunemente si definisce *accordo perfetto maggiore*, ovvero la coincidenza di tre suoni posti ad intervalli di terza e quinta, colonna portante del Sistema Tonale.

Non è un caso che proprio nell'epoca di Zarlino si andasse delineando una nuova modalità esecutiva derivata dalla pratica strumentale della *reductio partiturae*, che consiste nella rielaborazione per strumenti (liuto, organo, clavicembalo) di brani polifonici vocali.

La necessità di trasporre ed adattare le composizioni allo strumento aveva "verticalizzato"⁸ la disposizione delle parti contrappuntistiche, che andavano convergendo nell'omoritmia. La scoperta dell'armonia, intesa come concomitanza e successione regolata di agglomerati accordali, da parte dei teorici, avviene per induzione e per la stessa via è veicolata dall'esperienza dei *prattici*.

⁸ Per verticalizzazione si intendono il raggruppamento e l'esecuzione simultanea di suoni che nella partitura originale sono distribuiti su parti diverse e in porzioni di tempo differenti anche se vicine.

3. Temperamenti ab origine

L'utilizzo degli strumenti ad accordatura fissa, in particolare quelli da tasto come l'organo ed il clavicembalo, presuppone un sistema di accordatura tale da individuare con precisione la frequenza di ogni singolo suono nella serie di dodici all'interno di un'ottava. I criteri proporzionali utilizzati per la costruzione delle canne d'organo, come per la scelta e la disposizione delle corde sulla cassa armonica del cembalo, discendono in linea diretta dal fenomeno fisico-acustico dei suoni armonici. Ad esempio, per ottenere l'ottava superiore di un qualsiasi suono occorrerà far vibrare la corda per metà della lunghezza totale, cosicché il rapporto tra i due suoni (intervallo di ottava) risulta 2:1. Allo stesso modo, l'intervallo di quinta è individuato dal rapporto 3:2; procedendo di quinta in quinta e ricollocando i suoni ottenuti all'interno dell'ottava, i seguaci di Pitagora già nel V secolo a.c. individuavano la successione definita *scala pitagorica*.

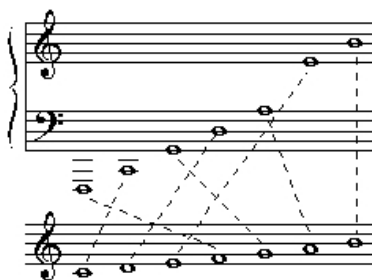


Fig. 3 - Costruzione della scala pitagorica dai suoni armonici
<http://spider.georgetowncollege.edu>

Pur trattandosi, a tutti gli effetti, di un sistema di organizzazione e definizione delle altezze utilizzato in tutto il Medioevo, la scala pitagorica non può definirsi un Temperamento nell'accezione puntuale del termine, poiché utilizza solo suoni

“puri” ovvero corrispondenti agli armonici naturali. Nel concetto di Temperamento, infatti, è implicita la necessità di modificare gli intervalli in modo funzionale ad una buona accordatura. Questa non può essere ottenuta concatenando 12 quinte pure, poiché tra il suono di partenza e quello di arrivo vi è una differenza data dal rapporto $531441/524288$, pari a circa 23,46 cent.⁹ Questo è il *comma pitagorico* e la differenza tra i due valori viene chiamata *schisma*.

Inoltre, nel sistema pitagorico l'orecchio percepisce gli intervalli di terza e di sesta come sgradevoli e duri, tanto che nell'antichità venivano considerati dissonanti; questi intervalli erano “temperati” dai cantori in modo istintivo, tale da rendere all'intonazione una sensazione piacevole di consonanza. Naturalmente ciò non è possibile con gli strumenti ad accordatura fissa ed è per questo motivo che la storia dei Temperamenti e il loro moltiplicarsi coincide con lo sviluppo e la diffusione di questi.

Nel XVI secolo un primo temperamento viene citato dai trattatisti:¹⁰ si tratta di un *mesotonico*, in cui le quinte sono calanti per effetto della distribuzione del comma e il riferimento per l'accordatura è costituito dall'assenza di battimenti¹¹ nelle terze maggiori. Il

⁹ Il cent è la centesima parte del semitono o la milleduecentesima parte dell'ottava; fu introdotta come unità di misura per l'equidivisione dell'ottava da Alexander Ellis nel 1875.

¹⁰ Alcuni tra i primi trattati che citano il temperamento mesotonico: *Thoscanello De La/musica di messer/Pietro Aaron fio/rentino cano/nico da Ri/mini (Impressa in Vinegia : per maestro Bernardino et maestro Mattheo de uitali fratelli venitiani, nel di XXVIII di luglio 1523); Le Istitutioni/ Harmoniche/ di M. Gioseffo Zarlino da Chioggia;/ Nelle quali; oltre alle materie appartenenti/ alla musica;/ si trovano dichiarati molti luoghi/ di poeti, d'historici, & di filosofi/ si come nel leggerle si potrà chiaramente vedere/ in Venetia MDLVIII; Francisci Sa/linæ Burgen-sis/Abbatis Sancti Pancratii/de Rocca Scalegna in Regno Neapolitano, & in Academia Salmati-censi musicae professoris, de musica libri Septem..., Salmanticae/ excudebat Mathias Gasti-us/MDLXXVII.*

¹¹ I battimenti consistono in un particolare fenomeno acustico, percepito dall'orecchio in determinate condizioni, che si verifica quando vi sia sovrapposizione di due suoni con frequenza differente, ma molto vicina (ad esempio, 440 e 443 Hz). Lo stesso fenomeno si può percepire anche negli intervalli più ampi: ad esempio in un intervallo di quinta, laddove rispetto al suono di partenza non si abbia la quinta “pura”, ovvero un suono con frequenza esattamente corrispondente ad un multiplo di quella fondamentale, si percepisce una fluttuazione, una sorta di pulsazione sonora che un orecchio ben esercitato riesce a rilevare e a quantificare nel tempo. Il metodo empirico utilizzato per

temperamento mesotonico non permette di chiudere esattamente il ciclo delle quinte, pertanto produce un intervallo di quinta molto crescente detto "quinta del lupo". A questo problema si cercò di ovviare utilizzando nella composizione gli intervalli che offrivano maggiori consonanze o modificando il sistema di costruzione di alcuni strumenti.

Nel 1558 il già citato Zarlino¹² propose una radicale riforma della costruzione della scala musicale aggiungendo ai rapporti di 2/1 (ottava), 3/2 (quinta) e 4/3 (quarta) anche quelli di terza maggiore e di terza minore, corrispondenti rispettivamente ai rapporti 5/4 e 6/5. Gli intervalli restanti si ottenevano come semplice interpolazione di quelli già determinati: tono maggiore = quinta - quarta = 9/8; sesta = quarta + terza maggiore = 5/3; settima = quinta + terza maggiore = 15/8.

Nella scala di Zarlino (o scala naturale) compaiono due diversi intervalli di tono, il tono maggiore (9/8) e il tono minore (10/9); non si può considerarla un Temperamento in quanto non è ottenibile con un procedimento ciclico e gli intervalli risultano giusti solo rispetto alla nota fondamentale, dunque risultò inutilizzabile nella pratica musicale, per quanto fossero creati all'uopo strumenti musicali come l'archicembalo o l'arciorgano che comprendevano 31 tasti per ottava, presto caduti in disuso. Anche se la teoria zarliniana si avvicina più di ogni altra al fenomeno dei suoni armonici, la pratica musicale privilegiò l'uso del Temperamento mesotonico per buona parte del XVII secolo e la ricerca proseguì, parallelamente all'evoluzione degli strumenti e delle tecniche di esecuzione, continuando a far uso del metodo ciclico.¹³

l'accordatura si basa proprio sulla capacità di rilevare, "contare" e modificare il numero di battimenti al secondo negli intervalli per una buona distribuzione del comma.

¹² *Le Istitutioni/Harmoniche/ di M. Gioseffo Zarlino da Chioggia, Op. cit.*

¹³ Emanuela Pietrocini, *Music: creativity and structure transitions*, in *Processes of Emergence of Systems and Systemic Properties: Toward a General Theory of Emergence*, a cura di G. Minati, E. Pessa e M. Abram, World Scientific, Singapore, 2008 (vers. it. a cura dell'autore), pp. 729-730.

È incredibile il numero di temperamenti fioriti nel Seicento europeo, ed occorre ricordare che, al di là delle testimonianze riportate nei trattati dell'epoca, nei quali la prassi esecutiva trova finalmente un luogo di riflessione sistematica, l'accordatura rimase per lo più legata alle esigenze esecutive del caso, all'abilità dell'esecutore e al gusto locale.

Senonché, il graduale spostamento dell'asse compositivo dalla polifonia¹⁴ alla monodia accompagnata¹⁵ e la sempre crescente verticalizzazione delle strutture musicali che trova nella prassi del Basso Continuo¹⁶ la sua più potente espressione, conducono a saturazione il modello modale: le relazioni accordali e le successioni armoniche portano con sé l'istanza direzionale della contrazione e del rilassamento, della dissonanza che tende alla risoluzione sulla consonanza. Il testo poetico viene "interpretato" dalla musica anche attraverso le tensioni armoniche che diventano funzionali all'esaltazione degli affetti (*Affektenlehre*).

Il problema del Temperamento assume proporzioni drammatiche e le riflessioni su questo tema convergono nel dibattito

¹⁴ Il termine polifonia identifica tanto una funzione quanto uno stile musicale; nel primo caso, è una tecnica compositiva originata dalla pratica vocale del canto "a più voci": ciascuna voce esegue una melodia indipendente ma mantiene una stretta relazione di coerenza con le altre (contrappunto); nel secondo assume un carattere identitario nella connotazione stilistica delle Forme (Madrigale, Mottetto, Fuga) e del repertorio, particolarmente nel periodo rinascimentale e barocco.

¹⁵ La *monodia accompagnata* consiste in una sola linea melodica sostenuta da un basso armonizzato con accordi, per lo più realizzati da strumenti polifonici come l'organo, la chitarra, il liuto, il clavicembalo. Originariamente, derivò dalla prassi di sostituire le voci intermedie dei brani polifonici con gli strumenti; a partire dal primo Seicento il suo utilizzo divenne pervasivo al punto da assumere il primato formale ed estetico nella musica del Barocco.

¹⁶ Il Basso Continuo è sostanzialmente una forma improvvisativa di accompagnamento al tessuto melodico o polifonico, presente nella quasi totalità del repertorio musicale dal XVI al XVIII secolo; come già accennato nella nota precedente, si concretizza attraverso la definizione di un basso, obbligato o libero e di una realizzazione armonico-contrappuntistica eseguita da uno strumento polifonico. La realizzazione del Continuo avviene durante l'esecuzione in modo estemporaneo sulla base di indicazioni sintetiche generalmente costituite da numeri (dal che la denominazione francese di *basse chiffré*) o da simboli alfabetici che indicano le strutture armoniche di riferimento.

sulla crisi della Modalità e l'avvento della Tonalità, della quale si tratterà diffusamente più avanti.

4. Temperamenti inequabili o ineguali

Ci sembra opportuno rilevare come tra la seconda metà del Seicento e la prima metà del Settecento, la ricerca del "buon temperamento" abbia interessato e coinvolto in modo pervasivo il mondo della scienza: Leibniz, Mersenne, Sauver, Lambert, Henfling, tanto per citare alcuni nomi eminenti. A questo punto, però, non si trattava più soltanto di trovare un sistema di accordatura: occorreva riformare l'intero modello di definizione degli intervalli in modo funzionale al nuovo sistema tonale, alle sue peculiarità strutturali e alle tecniche compositive che vi ponevano luogo e ragione, in particolare alla *modulazione*, ovvero il passaggio da una tonalità all'altra.

Nel 1691, il tedesco Andreas Werckmeister propose un'accordatura ciclica con cinque quinte temperate e sette pure; in questo modo si poteva chiudere il ciclo delle quinte eliminando la "quinta del lupo", consentendo di suonare in tutte le tonalità. Di questo sistema furono introdotte numerose varianti, note in area tedesca come *buoni temperamenti* e oggi spesso chiamate *temperamenti ineguali* o *inequabili* (tabella 1). "Il Clavicembalo ben temperato" di J.S. Bach ne esplorò sistematicamente le potenzialità, anche se tuttora non si conosce con certezza a quale di questi temperamenti l'autore facesse riferimento. Nei sistemi di accordatura "ben temperati" le tonalità hanno caratteri diversi tra di loro, poiché le ampiezze degli intervalli non sono costanti; questo aspetto contribuisce a spiegare la scelta di un ambito tonale in relazione all'effetto espressivo o alle funzioni retoriche, almeno fino alla metà del XIX secolo.¹⁷

¹⁷ Emanuela Pietrocini, *Op.cit.*, p.731.

Tabella 1 - Alcuni tra i principali temperamenti inequabili.

TEMPERAMENTO		PERIODO REALIZZAZIONE	UTILIZZO
PITAGORICO		V SEC. a.c.	FINO AL SEC. XV
MESOTONICI	ZARLINO	1558	NON UTILIZZATO FINO ALLA METÀ DEL SEC. XVII
	SALINAS	1577	
	ANTEGNATI	1608	
	PRAETORIUS	1619	
	PRINTZ	1679	
	SAUVEUR	1701	
INEQUABILI	TEMPÉRAMENT ORDINAIRE (L.COUPERIN, D'ANGLEBERT, RAMEAU)	FRANCIA, XVII - XVIII SEC.	FRANCIA, XVII - XVIII SEC.
	WERCKMEISTER III	1691	SEC. XVII-XVIII
	NEIDHART	1724	SEC. XVIII
	VALLOTTI	1730 c.ca	SEC. XVIII
	KIRNBERGER III	1779	SEC. XVIII-XIX
	YOUNG	1800	SEC. XIX

5. Temperamenti equabili

Nel corso dei secoli XVIII e XIX un numero crescente di teorici e musicisti rivolse la propria attenzione alle potenzialità dei temperamenti equabili. Si trattava di sistemi empirici di accordatura, basati su una distribuzione più o meno uniforme del comma, in cui le quinte erano temperate "a orecchio": non vi era alcun sistema di calcolo, solo la particolare sensibilità acustica dello strumentista.

Si evincono esempi di questa accordatura in alcuni brani per liuto e virginale del XVI secolo, nei quali le *mutationes toni* appaiono incredibilmente ardite, impossibili a realizzarsi con strumenti accordati secondo i temperamenti mesotonici senza disgustare l'orecchio. Una testimonianza del sistema equabile, applicato alla tastatura del liuto, si trova nei *Sopplimenti musicali* (1588) del più

volte citato Zarlino,¹⁸ che si serve di criteri proporzionali e geometrici.

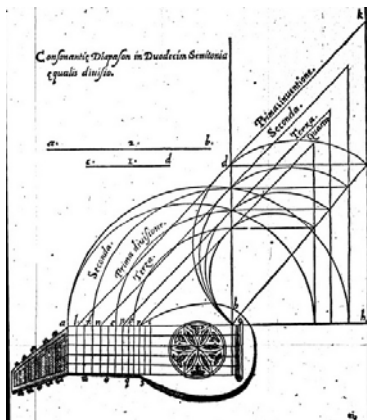


Fig. 4 - Tastatura del liuto da Sopplimenti musicali di Gioseffo Zarlino

La scoperta dei logaritmi nel XVII secolo, pose le basi per il calcolo dell'equidivisione dell'ottava. L'ingegnere militare e matematico fiammingo Simon Stevin (1548-1620) fu uno dei primi a calcolare il temperamento equabile nel 1605, seguito dai connazionali Dirck Rembrandtsz van Nierop (1659) e Claas Douwes (1699). In Francia, Marin Mersenne (1637) e Jean Denis (1643) adottarono, sebbene in direzioni differenti, un sistema basato sul temperamento uniforme di tutte le quinte, servendosi del numero di battimenti prodotti modificando gli

intervalli.

Anche in Gran Bretagna e in Germania vi furono notevoli studi per la definizione funzionale e scientifica dell'equabile, soprattutto in relazione all'accordatura degli strumenti da tasto: Leibniz, ad esempio, utilizzò i logaritmi per la definizione della scala. Lo stesso Werckmeister, verso la fine della sua vita, dopo avere a lungo difeso il primato del "buon temperamento" inequabile a cui egli stesso aveva mirabilmente contribuito, cedette infine le armi nel 1707. Solo un anno prima, nel suo *Beste und leichteste Temperatur des Monochordi*¹⁹, pubblicato a Jena, il matematico Neidhardt aveva introdotto per la prima volta il termine "gleichschwebende" (equabile) per individuare il temperamento con equidivisione

¹⁸ Sopplimenti/musicali/del Rev. M. Gioseffo/Zarlino da Chioggia/Maestro di Cappella della Sereniss. Signoria/ di Venetia: ...In Venetia, appresso Francesco de' Franceschi, Sane-se/MDLXXXVIII, pag. 201

¹⁹ Johann George Neidhardt, *Beste und leichteste Temperatur des Monochordi...*, Bielcke, Jena, 1706. Edizione fac simile Diapason, Utrecht, 1992

dell'ottava. A favore dell'equabile si dichiararono in seguito Johann Mattheson (1681-1764) e Friedrich Wilhelm Marpurg (1718-1795), due tra i maggiori compositori e trattatisti del XVIII secolo. Nel 1875, Alexander Ellis (1814-1890) propose la divisione dell'ottava in 1200 parti uguali, tale che ogni semitono constasse di 100 parti; l'unità di misura (cent) è tuttora utilizzata per la misurazione degli intervalli.

Ma quali furono i sistemi adottati per la definizione puntuale delle altezze?

Il riferimento principale è sempre la scala naturale dedotta dai rapporti proporzionali degli intervalli; tra i gradi congiunti si distingue il Tono maggiore ($9/8$), il Tono minore ($10/9$) e il Semitono diatonico ($16/15$). Il rapporto tra tono maggiore e minore è di $81/80$ e viene definito comma sintonico; il rapporto tra Tono minore e Semitono è di $25/24$ e determina l'entità del Semitono cromatico. Ne consegue che l'intervallo Do-Do \sharp è differente da Do-Re \flat , allo stesso modo in cui Do-Re è differente da Re-Mi. La tastiera, così come è concepita, non contempla tutte queste distinzioni: un solo tasto nero identifica tanto il Do \sharp quanto il Re \flat e solo tra Mi-Fa e Si-Do (semitoni diatonici) vi è assenza di tasti neri: si può dire in questo senso che la tastiera sia la rappresentazione tangibile del principio di equidivisione.

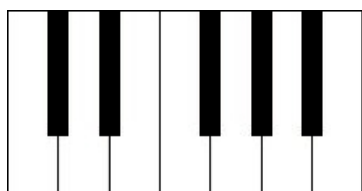


Fig. 5 - L'ottava sulla tastiera (<http://www.namarupa.net>).

Il metodo matematico più semplice consiste nel rintracciare il numero che moltiplicato per sé stesso dodici volte dia 2, vale a dire il rapporto di ottava.

Questo numero è $^{12}\sqrt{2}$, ovvero 1,0594630943593. Moltiplicando la frequenza del primo suono della serie (progressione geometrica)²⁰ per questo numero, si ottiene quella del

²⁰ Una progressione geometrica è una successione numerica nella quale è costante il rapporto fra ciascun termine e il suo precedente.

secondo e così via.

Ciò, naturalmente è possibile se si conosce la frequenza del suono di partenza.

Vi sono testimonianze dell'uso del *diapason* come suono di riferimento già da prima che fosse utilizzato il tipico strumento "a forchetta". Nella prassi esecutiva antica, si stima che il suono del La, convenzionalmente identificato come diapason, fosse compreso tra i 392 ed i 445 Hz²¹, basandosi sugli strumenti storici sopravvissuti. Vi sono addirittura strumenti, come il Tonometro di Scheibler, costituiti da serie di diapason per la determinazione comparativa "a orecchio" dell'intonazione corretta. Per una precisa misurazione della frequenza, si dovranno attendere gli studi di Chandli, Ohm, Helmholtz, Hertz e soprattutto l'avvento degli strumenti di rilevazione e generazione elettroacustica dei fenomeni oscillatori, all'inizio del XX secolo, grazie ai quali si rese possibile la determinazione delle esatte frequenze per ogni singolo suono, che riportiamo in tabella 2.

Tabella 2 - Frequenze della scala temperata equabile in Hz.

Note	ottave									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Do	16,35	32,70	65,41	130,8	261,6	523,3	1047	2093	4186	8372
Do#-Reb	17,32	34,65	69,30	138,6	277,2	554,4	1109	2217	4435	8870
Re	18,35	36,71	73,42	146,8	293,7	587,3	1175	2349	4699	9397
Re#-Mib	19,45	38,89	77,78	155,6	311,1	622,3	1245	2489	4978	9956
Mi	20,60	41,20	82,41	164,8	329,6	659,3	1319	2637	5274	10548
Fa	21,83	43,65	87,31	174,6	349,2	698,5	1397	2794	5588	11175
Fa#-Solb	23,12	46,25	92,50	185,0	370,0	740,0	1480	2960	5920	11840
Sol	24,50	49,00	98,00	196,0	392,0	784,0	1568	3136	6272	12544
Sol#-Lab	25,96	51,91	103,8	207,7	415,3	830,6	1661	3322	6645	13290
La	27,50	55,00	110,0	220,0	440,0	880,0	1760	3520	7040	14080
La#-Sib	29,14	58,27	116,5	233,1	466,2	932,3	1865	3729	7459	14917
Si	30,87	61,74	123,5	246,9	493,9	987,8	1976	3951	7902	15804

Tratto da Silvio Relandini, *Le relazioni tra le frequenze e le note musicali* in Tecnologia Musicale, <https://tecnologiamusicale.wordpress.com>

²¹ Il diapason a 440 Hz è stato fissato da una convenzione internazionale tenutasi a Londra nel 1939.

6. Temperamento ... "intemperante"

Con quest'ultimo passaggio, sembrerebbe possibile segnare il punto d'arrivo nella ricerca del Temperamento ideale; in effetti così non è stato e non è tuttora. Un'applicazione puntuale del temperamento equabile nella pratica musicale risulta di fatto improponibile perché non coerente con le leggi della produzione sonora e della percezione uditiva. Tanto per fare un esempio, nessun accordatore che possa definirsi tale accorderebbe un pianoforte seguendo pedissequamente i valori che abbiamo riportato nella tabella: una buona accordatura rimane essenzialmente empirica, legata alla sensibilità acustica, al gusto dell'interprete, alla qualità timbrica dello strumento. È certo, comunque, che il temperamento degli intervalli nella scala tonale si sia orientato sempre di più verso l'uniformità, tanto da aver condizionato la cultura dell'ascolto.

Senza scendere troppo nel dettaglio, possiamo dire che la necessità di ricondurre a una dimensione finita e determinata il materiale sonoro, che non è finito né determinato, scaturisce dalle esigenze di una organizzazione strutturale regolata da elementi certi, ponderabili e commensurabili. I sistemi musicali, Tonalità *in primis*, sottendono leggi e modelli procedurali molto rigorosi; tuttavia, in essi coesistono tutte le condizioni di instabilità e mutevolezza tipici dei sistemi complessi. Tra la ricerca sul Temperamento e lo sviluppo della Tonalità vi è una corrispondenza biunivoca, come vedremo nei paragrafi a seguire, nel convergere verso una forma di stabilità ideale; se però collochiamo nel tempo le tappe evolutive di questo percorso, non potremo fare a meno di osservare uno scollamento sostanziale: il Temperamento equabile viene ratificato definitivamente quando ormai la Tonalità ha perso il proprio primato: la Nuova Musica del Novecento si orienta verso la Serialità, la Politonaltà, la decostruzione dei sistemi armonici.

Quanto al Temperamento equabile, si può dire che il XX secolo non lo riconosca che al passato: compositori del calibro di Ferruccio Busoni (1866-1924) e Arnold Schoenberg (1874-1951) lo considerarono come un compromesso temporaneo, preconizzandone

il superamento a favore dell'utilizzo di intervalli microtonali; Charles Ives (1874-1954), Alois Hába (1893-1973) György Sándor Ligeti (1923-2006) adottarono la microtonalità in modo sempre più pervasivo, così come Edgard Varèse (1883-1965), padre della musica elettronica, e Karlheinz Stockhausen (1928-2007).²²

Quanto alla musica popolare, che in questo secolo assume una dimensione preponderante nella diffusione dell'infinita varietà delle forme e degli stili, non si è mai servita di modelli formali nell'assetto dell'intonazione e dell'accordatura, piuttosto, conformemente alla propria natura, ha trasferito nell'esperienza condivisa la consuetudine dell'irregolarità, assimilando l'indefinizione degli intervalli alla necessità espressiva, come accade ad esempio con la "blue note" del Blues.

7. Tonalità

Tonality in a broad sense is an arrangement of pitches in which some pitches are more important than others.²³

Definire il concetto di Tonalità sembra dunque essere cosa abbastanza semplice: un sistema nel quale alcuni suoni sono più importanti di altri. La funzione strutturale dei suoni all'interno del sistema tonale si realizza grazie alla differenza di valore emozionale di particolari gradi della scala; queste emozioni sono generalmente descritte come sensazioni di tensione e rilassamento o stabilità e instabilità.²⁴ La sensazione di tensione e rilassamento si spiega come risultato di comuni principi psicologici di aspettativa.²⁵

²² Carlo Serafini, *Tecnologia e Sistemi di Accordatura*, <http://www.seraph.it>

²³ Robert Snyder, *Music and memory: An introduction*, Massachusetts, The MIT Press, Cambridge, 2000, p. 151, (trad. it. a cura del redattore).

²⁴ Leonard B. Meyer, *Emotion and meaning in music*, University of Chicago Press, Chicago, 1956.

²⁵ Carol L. Krumhansl, *Music: A Link between Cognition and Emotion*, *Current Directions in Psychological Science*, vol.11, n.2, pp. 45-50, 2002. <http://intl-cdp.sagepub.com>

Capire cosa si intenda per Tonalità, dicevamo, è cosa relativamente semplice ma l'utilizzo da parte di psicologi, fisiologi e musicologi di termini come *emozioni*, *sensazioni*, o *instabilità* ci fa comprendere come l'aspetto gerarchico tra i suoni sia solo la punta dell'iceberg del sistema tonale. L'interesse degli psicologi per il Sistema Tonale ne ha svelato aspetti e caratteristiche metastrutturali.

Solo considerando il Sistema Tonale in questa prospettiva possiamo provare infatti a navigare nell'arcipelago di studi, teorie e ricerche che, come isole separate da un mare spesso infuriato, lo studiano da punti di vista diversi e parcellizzati, senza intrattenere rapporti di commerci intellettuali le une con le altre. Gli umanisti tenderanno a considerare lo sviluppo del Sistema Tonale come un evento naturale ed arbitrario prodotto dagli sviluppi sociali e culturali avvenuti in epoca rinascimentale e barocca in Europa; gli scienziati ne individueranno e giustificheranno lo sviluppo sulla base di ricerche nei campi dell'acustica, della psicologia, della fisiologia, della genetica (ignorandone le implicazioni storico-musicali); gli storici della musica, dal canto loro, si guarderanno bene dal considerare come fondamentali per la genesi del Sistema Tonale gli aspetti acustici, psicologici e fisiologici.

Esistono dei punti in comune tra tutte queste diverse chiavi di lettura? quanto sono distanti e a che conclusioni ci portano i punti di vista di musicisti, studiosi di scienze cognitive e matematici? Per trovare risposte a queste domande dobbiamo partire da uno dei bandoli della nostra intricata matassa, seguire un percorso non lineare e tentare di sciogliere i nodi che via via ci troveremo davanti.

Non fosse che per un motivo puramente "romantico" decidiamo di iniziare la nostra analisi dai ricordi giovanili del Conservatorio. L'approccio classico (quello dei musicisti per intenderci) alla questione tonale risente della necessità di fornire e a volte imporre delle precise regole che hanno, come vedremo, lo scopo di assecondare e rinforzare fenomeni acustici percepiti come piacevoli e naturali. Il fine è quello di organizzare i suoni melodicamente (in

successione) e armonicamente nel rispetto dei principi grammaticali e logici che reggono il discorso musicale.²⁶

Il punto di partenza dell'armonia classica è costituito dalla scala maggiore intesa come "sintesi melodica" del tono. Gli accordi costruiti sul I, IV e V grado della scala (nel caso della scala di Do maggiore saranno rispettivamente Do, Fa e Sol) ne rappresentano la *sintesi armonica* e rappresentano i punti di articolazione architettonica. I rapporti che intercorrono tra le armonie di Tonica (I° grado - Do), Sottodominante (IV° grado - Fa) e Dominante (V° grado - Sol) sono determinati dal carattere specifico di ognuna di esse e dalle posizioni delle stesse nell'ambito della scala (e quindi del Tono). La Tonalità e tutto ciò che le compete in termini di strutture musicali orizzontali e verticali prende dunque le mosse da una scala costruita a partire da una nota: ad esempio la scala *do - re - mi - fa - sol - la - si* è alla base della tonalità di Do maggiore.

Dobbiamo ora cercare di capire come può una singola nota esercitare tanto potere. Da un punto di vista percettivo, all'interno di una successione di suoni, viene avvertito come predominante quello che gode delle seguenti caratteristiche: è maggiormente ripetuto, è maggiormente accentato, ha durata maggiore. Possiamo sperimentarlo anche in una semplice melodia costruita con due sole note: se una nota viene ripetuta più volte dell'altra, se su una nota cadono accenti più forti, se una nota è più lunga (di maggior durata), se compare all'inizio e alla fine del brano, allora la percepiremo come *Tonica*.

E siamo giunti al primo nodo nel nostro dipanare. Il primo nodo prende il nome di *Funzione Tonale*:

La tonalità non si esaurisce nel fatto di usare soltanto i suoni di una determinata scala. Il suo carattere distintivo è forse più quello di stabilire i rapporti tra questi suoni e quel suono particolare che rappresenta il centro tonale. Ogni grado della scala ha la propria parte nello schema della tonalità, la propria funzione tonale.²⁷

²⁶ Renato Dionisi, *Lezioni di armonia complementare*, Curci, Milano, 1995

²⁷ Walter Piston, *Armonia*, Torino, E.D.T., 1989, p.50.

Pur prendendo, classicamente, le mosse dalle scale modali, con questa osservazione Piston mette l'accento sui rapporti tra i suoni, sulle loro relazioni più che sulla loro organizzazione. E le parole rapporto e relazione sono quelle giuste per scatenare l'interesse degli psicologi, dei fisiologi, degli studiosi di scienze cognitive. La Tonalità non è più soltanto una rigida architettura retta da regole certe; è un sistema all'interno del quale i suoni si trasformano, mutano continuamente i propri rapporti con gli altri suoni che li circondano; negano o rinforzano, creano tensioni e le sciolgono. Un mondo. Il Sistema Tonale.

8. Relazioni

Andrew Milne, in un suo studio del 2005 a proposito degli intervalli melodici, delle strutture armoniche e delle relazioni tra strutture armoniche, parla di prototipi cognitivi:

Noi ascoltiamo gli intervalli melodici, le strutture armoniche e le relazioni tra strutture armoniche in relazione a prototipi cognitivi. Ogni deviazione da questi prototipi crea una aspettativa di risoluzione, e questa rappresenta la nascita della "forza tonale".²⁸

Le funzioni tonali, come descritte dalla teoria della musica, emergono dalle complesse interazioni di queste forze tonali. Se due note sono suonate in successione e la loro frequenza è identica sono percepite come aventi la stessa altezza (unisono). Incrementando gradualmente la frequenza di una delle due, l'ascoltatore inizierà a percepire la seconda nota come una alterazione della prima. Aumentando ulteriormente la frequenza della seconda nota questa verrà infine percepita come una nota slegata dalla prima e non più una sua alterazione. Nel nostro sistema musicale il confine tra alterazione e nuovo suono si pone tra semitono e tono: il

²⁸ Andrew Milne, *Tonal Function in Harmonic Scales*, in Tonal Centre, <http://www.tonal-centre.org>, 2005, (trad. it. a cura del redattore).

semitono è avvertito come una alterazione, il tono intero no. L'unisono può essere considerato, per la sua riconoscibilità, un intervallo prototipico e ogni deviazione di semitono da esso sarà percepita come una alterazione. Dato che, come già visto, i suoni sono composti di armonici, intervalli con rapporti semplici condividono più armonici di intervalli con rapporti complessi; potremmo dire che sono fatti della stessa pasta. Questo significa che anche le "fluttuazioni" con rapporti semplici (i semitoni) sono considerati prototipici.

In questa ottica possono essere considerati prototipici e basilari nel sistema tonale anche gli intervalli di unisono (rapporto di frequenza 1:1), quinta giusta (rapporto di frequenza 3:2) e quarta giusta (rapporto di frequenza 4:3). Sono considerati tali perché ogni intervallo che li aumentasse o diminuisse di un semitono sarebbe considerato una alterazione. Le alterazioni sono percepite come *stonature*, ma tali stonature possono essere giustificate con una risoluzione. La nota alterata infatti prosegue nella direzione dell'alterazione sino ad incontrare la prossima nota utile che non sia in rapporto di alterazione con la nota precedente. In questo modo il suono alterato è giustificato come un passaggio melodico tra due note non alterate.

Abbiamo già parlato degli accordi costruiti sui gradi della scala; quando sono ascoltate simultaneamente alcune note suonano bene insieme, dando vita ad entità che sono qualcosa di più della semplice somma delle parti. Nella teoria della musica tali gruppi di note sono detti triadi consonanti. La nota posta alla base della triade e da cui la triade stessa prende il nome è detta *fondamentale*. La fondamentale è anche la nota che identifica il suono della triade nel suo insieme; è la nota che ognuno di noi canterebbe per identificare l'accordo.

Come accennato precedentemente, anche le strutture armoniche seguono gli stessi principi dei *prototipi cognitivi*. In questo caso saranno le successioni di accordi a farci percepire tensione e aspettativa di risoluzione. All'interno del Sistema Tonale uno dei momenti nei quali la forza tonale emerge maggiormente è sicu-

ramente la cadenza che si realizza, nella sua forma più tipica, con la successione delle triadi costruite sul IV, V e I grado della scala.

La cadenza armonica è lo strumento attraverso il quale la musica è portata ad un punto di chiusura, di completezza o di risoluzione; rappresenta la più pura essenza della tonalità: «la cadenza è la culla della tonalità».²⁹

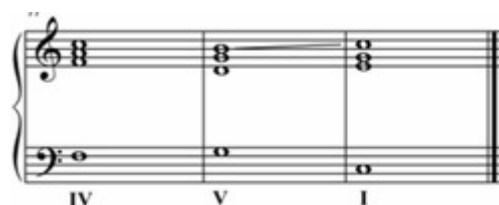


Fig. 6 - Formula di cadenza perfetta IV-V-I

9. Conclusioni

Addentrarsi più oltre nell'analisi dei sistemi di organizzazione musicale oggetto di questa trattazione non risulta possibile per l'enorme portata delle tematiche e dei contenuti, né appare congruente al *focus* dell'indagine. Abbiamo inteso, piuttosto, mettere in luce quegli aspetti che più di altri evidenziano la non-linearità delle relazioni tra i sistemi osservati e tratteggiare i caratteri delle forme di organizzazione musicale come emergenti da queste relazioni. Al di là delle differenze nel livello di descrizione, nelle aree di competenza logica e nelle funzionalità che assumono all'interno del sistema musicale, Tonalità e Temperamenti denotano un percorso di sviluppo caratterizzato dalla condivisione di proprietà emergenti che, in termini sistemici, si può definire coerenza.³⁰ Le muta-

²⁹ Edward E. Lowinsky, *Tonality and Atonality in 16th Century Music*, University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1961, p.4 (trad. it. a cura del redattore).

³⁰ Gianfranco Minati, *Note di sintesi: novità, contributi, prospettive di ricerca dell'approccio sistemico*, in *Strutture di Mondo, il pensiero sistemico come specchio di una realtà complessa*, vol. II, a cura di L. Urbani Ulivi, Il Mulino, Bologna, 2013

zioni di stato, i passaggi imprevisi ed imprevedibili, le stesse scelte di metodo, sono rappresentativi di una fluttuazione continua tra la ricerca di un modello per l'individuazione di elementi *certi* per il contenimento e la gestione del materiale sonoro, e l'intuizione dell'indefinito, dell'*incerto* che stanno alla radice del fenomeno.

Forse proprio in questa apparente contraddizione, che consideriamo come l'aspetto dinamico per eccellenza dei sistemi complessi, si può rintracciare il principio di esistenza dell'Opera d'Arte.

Bibliografia

- Devie, Dominique. *Le Tempérament Musical, Philosophie, Histoire, Théorie et Pratique*, Société de musicologie du Languedoc, Béziers, 1990.
- Dionisi, Renato. *Lezioni di armonia complementare*, Curci, Milano, 1995.
- Ferguson, Howard. *Keyboard Interpretation from the 14th to the 19th Century*, Oxford University Press, New York, 1975.
- Fubini, Enrico. *L'estetica musicale dall'antichità al Settecento*, Einaudi, Torino, 1976.
- Gallico, Claudio. *L'età dell'Umanesimo e del Rinascimento*, in *Storia della Musica*, a cura della Società Italiana di Musicologia, E.D.T., Torino, 1978.
- Lindley, Mark. *Accordatura*, in *Il Clavicembalo*, a cura di A. Bellasich, E. Fadini, S. Leschiutta, M. Lindley, E.D.T., Torino, 1984, pp.41-69.
- Loy, Gareth. *Musimathics. The mathematical foundations of music*, 2 vol., The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2006.
- Lowinsky, Edward E. *Tonality and Atonality in 16th Century Music*, University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1961.
- Hubbard, Frank. *Three centuries of harpsichord making*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1965.
- Meyer, Leonard B. *Emotion and meaning in music*, University of Chicago Press, Chicago, 1956.
- Milne, Andrew. *Tonal Function in Harmonic Scales*, in *Tonal Centre*, <http://www.tonalcentre.org>, 2005.
- Minati, Gianfranco. *Sistemi: origini, ricerca e prospettive*, in *Strutture di Mondo, il pensiero sistemico come specchio di una realtà complessa*, vol. I, a cura di L. Urbani Ulivi, Il Mulino, Bologna, 2010, pp.15-46.
- Minati, Gianfranco. *Note di sintesi: novità, contributi, prospettive di ricerca dell'approccio sistemico*, in *Strutture di Mondo, il pensiero sistemico come specchio di una realtà complessa*, vol. II, edited by L. Urbani Ulivi, Il Mulino, Bologna, 2013, pp. 315-336.
- Nattiez, Jean Jaques. *Musicologia generale e semiologia*, Edt, Torino, 1989.
- Pietrocini, Emanuela. *Music: creativity and structure transitions*, in *Processes of Emergence of Systems and Systemic Properties: Toward a General Theory of Emergence*, a cura di G. Minati, E. Pessa e M. Abram, World Scientific, Singapore, 2008, (vers. it. dell'autore), pp. 723-744.
- Pietrocini, Emanuela. *Music: emergence and metastructural properties in the practice of the thorough bass*, in *Methods, models, simulations and approaches towards a general theory of change*, edited by G. Minati, E. Pessa e M. Abram, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, 2012, (vers. it. dell'autore), pp. 633-646.

- Pineau, Marion e Tillmann, Barbara. *Perception des structures musicales*, L'Harmattan, Paris, 2001.
- Piston, Walter. *Armonia*, E.D.T., Torino, 1989.
- Righini, Pietro. *L'acustica per il musicista, Fondamenti fisici della musica*, VIII edizione, Zanibon, 1994.
- Snyder, Robert. *Music and memory: An introduction*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2000.
- Stanley, Sadie (edited by). *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*, Second edition, MacMillan Publishers Ltd, London, 2001.
- Stefani, Gino. *Musica Barocca, poetica e ideologia*, Bompiani, Milano, 1974.
- Tuzzi, Claudio. *Clavicembali e Temperamenti*, a cura dell'Associazione Clavicembalistica Bolognese, Bardi, Roma, 1993.

Sitografia

- Kroesbergen, Willem and Cruickshank, Andrew. *18th Century Quotes on J.S. Bach's Temperament*, in Stichting Huygens-Fokker, November 2013, Cape Town, South Africa.
- <http://www.huygens-fokker.org>.
- Krumhansl, Carol L. *Music: A Link between Cognition and Emotion*, Current Directions in Psychological Science, vol.11, n.2 , pp. 45-50, 2002. <http://intl-cdp.sagepub.com>.
- Isola, Stefano. *Temperamenti: matematica e teoria musicale*, in Dipartimento di Matematica e Informatica, Università di Camerino, Materiale 2009-2010, Matematica e Musica.
- <http://www.unicam.it>.
- Rebuzzì, Daniele. *Rilevazione e Analisi del Suono*
- in Dipartimento di Fisica dell'Università La Sapienza di Roma, Museo di Fisica, Acustica.
- <http://www.phys.uniroma1.it>
- Serafini, Carlo. *Tecnologia e Sistemi di Accordatura*, in Carlo Serafini, Personal, Tuning Theory.
- <http://www.seraph.it>.

