

Richard Parncutt e Sean Ferguson

COMPORRE CON L'APPORTO DI UN ALGORITMO DI TEORIA DELLA PERCEZIONE¹

Rivista di Analisi e Teoria Musicale, 10 (2), 103-118.

Abstract

We describe a computer-assisted procedure for composing harmonic progressions that takes into account the perceptual processes underlying roughness (sensory dissonance) and the pitch of complex tones. First, the user specifies the outer voices and specific model parameters, including preferred values of the perceived roughness of each sonority, the pitch commonality of successive sonorities, and the pitch commonality of each sonority with a reference sonority. The model then generates different possible chords and progressions within these constraints. The user is free to change the constraints to limit the number of possible chords and to choose from the generated chords according to personal criteria. The compositional process thus involves repeated interaction between composer and computer. We offer examples of progressions composed in this way from *Dans la chair/In the Flesh*, a recent piece for orchestra by the second author.

¹ Titolo originale: *Computer-assisted composition with algorithmic implementations of pitch-perceptual theory*, in R. Parncutt, A. Kessler, F. Zimmer (eds.), *Conference on Interdisciplinary Musicology (CIM04). Abstracts*, Graz 2004, p. 136.

Richard Parncutt è professore di Musicologia Sistemica all'Università di Graz (Austria), Sean Ferguson, compositore, insegna alla McGill University di Montréal (Canada).

Introduzione

I computer ad alta velocità hanno influito in maniera significativa su molti aspetti della vita e della cultura dell'uomo, e la composizione musicale non rappresenta di certo un'eccezione. I computer permettono di mettere in atto e di verificare teorie compositive matematicamente complesse: la teoria evolutiva di Manzolli, Moroni, Zubens, Gudwin [1999] e quella insiemistica di Castrén [2000] ne rappresentano due esempi promettenti. Come sono percepite i rapporti armonici tra sonorità successive?

Noi ci poniamo tutto sommato le stesse domande, ma offriamo una prospettiva diversa. La nostra teoria è più percettiva o psicologica che non le ipotesi di Zubens e Castrén. Siamo partiti da una teoria percettiva che inizialmente era interessata solo alla percezione delle altezze in suoni non-musicali, ma che ha poi chiarito interessanti aspetti d'altezza nella musica occidentale. La scala cromatica è l'unica struttura musicale utilizzata nella nostra teoria informatica, ma neanche questa riveste un ruolo centrale, dato che il programma potrebbe facilmente essere ripensato per comporre musica con altre scale. Non vengono previste "a priori" consonanze di intervalli, accordi o successioni accordali; al contrario, viene formulata un'ipotesi su come sono percepiti singoli suoni armonici complessi e sequenze di sonorità, a prescindere dalla loro appartenenza o meno a un contesto tonale. Ipotesi che tra breve descriveremo in dettaglio.

Un altro aspetto del nostro sistema riguarda la non equivalenza di suoni che appartengono a registri d'ottava diversi. Una delle più frequenti obiezioni alla teoria insiemistica di Forte consiste proprio nel fatto che un singolo insieme di classi d'altezza può suonare molto diversamente se eseguito con diverse combinazioni di voci (inversioni, distanza intervallare, raddoppi, registri). Per evitare questo inconveniente, abbiamo sempre mantenuto fissa l'informazione sul registro d'ottava, oltre a lasciare invariate le frequenze e le ampiezze delle componenti spettrali udibili.

Abbiamo cominciato dall'esplorazione delle più rilevanti conoscenze scientifiche nel campo della psicoacustica. Gli studiosi del campo indagano e misurano "capacità uditive", come la soglia di udibilità, ma anche quelle "abitudini percettive" che tutti acquisiamo dall'interazione continua con determinati patterns sonori. In questo saggio ci occuperemo dunque di entrambi gli aspetti: ad esempio, non tutte le frequenze fisicamente presenti in un suono possono essere udite, perché la capacità dell'orecchio di separare frequenze vicine è limitata.

I patterns sonori degli scambi fra esseri umani possono essere sia specifici di una determinata cultura, sia universali; i primi vengono ulteriormente suddivisi fra i patterns propri del linguaggio e quelli propri della musica. Le "abitudini percettive" derivate dall'ascolto ripetuto di patterns sonori possono essere catalogate appunto in simili categorie. Le ben note leggi della *Gestalt* relative ai raggruppamenti per somiglianza, prossimità, buona continuazione e così via,

esemplificano, infatti, abitudini percettive apparentemente universali, ma di fatto acquisite dall'interazione con quotidiani stimoli visivi e uditivi, compresi quelli del linguaggio.

La formazione delle abitudini percettive è, dunque, un esempio di “apprendimento uditivo”. L'apprendimento può avvenire filogeneticamente, ovvero nell'arco di più generazioni in base al principio della selezione naturale, con la trasmissione genetica e fisiologica da una generazione all'altra. Ma il termine “apprendimento” si applica più propriamente all'acquisizione ontogenetica di informazioni, vale a dire all'apprendimento nell'arco di una vita. Le abitudini percettive universali non sono determinate necessariamente dalla fisiologia dell'udito e dai processi cognitivi, ma possono anche essere acquisite grazie all'esposizione al linguaggio, visto che fisiologia e acustica della produzione linguistica sono aspetti universali. Un esempio di “abitudine percettiva” universale consiste nel riconoscimento di patterns armonici di altezze all'interno di suoni complessi, che sono filogeneticamente (oppure anche ontogeneticamente) correlati a quella “periodicità” (o “armonicità”) che caratterizza i singoli suoni che tutti pronunciamo mentre parliamo un determinato linguaggio. Tale abitudine percettiva assume un ruolo fondamentale nella teoria elaborata nelle prossime pagine.

Gli scienziati hanno studiato nel secolo scorso un'ampia varietà di capacità uditive e di abitudini percettive. Questo bagaglio di conoscenze sembrerebbe avere importanti implicazioni anche per la ben più antica arte del comporre musica. Ci si può porre perciò la seguente domanda: in che misura le “strutture compositive” sono o dovrebbero essere il riflesso delle capacità e delle abitudini uditive degli “ascoltatori”?²

La risposta a tale domanda doveva apparire così evidente ai teorici e psicologi della musica ottocenteschi—Helmholtz, Kurth, Riemann e Stumpf—che non era neanche necessario discuterla. Le strutture compositive riflettono ovviamente le capacità e le abitudini uditive di gran parte delle persone, altrimenti la musica risulterebbe incomprensibile. La domanda da loro posta era piuttosto la seguente: quali capacità dell'orecchio sono rilevanti per la percezione musicale, qual è la natura della corrispondenza tra tali capacità e le strutture della musica? Simili argomenti furono indagati all'inizio del Novecento dagli psicologici della *Gestalt*.

² Per “strutture compositive”, intendiamo soprattutto i patterns dell'altezza in relazione al tempo, come ad esempio la specifica condotta delle voci generata da una cadenza. Ci riferiamo, più in dettaglio, a quei patterns che coinvolgono le “categorie percettive trascrivibili”, quali i gradi di una scala (categorie del suono) e i valori delle note (categorie del ritmo). La definizione potrebbe essere estesa ai patterns timbrici, nel senso delle fonti sonore fisiche, che pure possono essere viste come categorie percettive trascrivibili, ma non certo alla spettromorfologia. Per “ascoltatori”, intendiamo gli ascoltatori occidentali, poiché le teorie cui ci riferiamo possono essere applicate solo alla cultura occidentale. Anche se le capacità e abitudini percettive dipendono ovviamente dal gusto e dalla competenza musicale, la nostra teoria è indipendente dal bagaglio di conoscenze musicali degli ascoltatori, che possono dunque essere sia musicisti sia non-musicisti.

Dal punto di vista musicale ed artistico, l'Ottocento era caratterizzato da una tendenza sempre più decisa verso il concetto di originalità. L'idea romantica di libera espressione dell'immaginazione creativa individuale e il conseguente infrangersi dei principi estetici classici — contenuto, convenzione e genere — furono accompagnati dall'espansione e, infine, dal superamento del sistema tonale. Quando finalmente i musicologi accademici accettarono di includere nel canone musicale le risorse armoniche espanse dei primi decenni del Novecento, i modernisti (compositori e musicologi) rifiutarono apertamente e senza remore la stessa idea che il comporre fosse limitato da restrizioni percettive di qualche tipo. Babbit rivendicava, ad esempio, il fatto che i compositori sono competenti e che la loro musica richiede dunque un ascolto competente [Peles 2003]. Spinti dal traguardo prioritario dell'originalità, i compositori “modernisti” perciò ritenevano (e tuttora ritengono) che la nuova musica potesse oltrepassare qualunque limite percettivo: a prescindere, cioè, dalla competenza d'ascolto di un qualsiasi ascoltatore e di una qualsiasi cultura musicale, la nuova musica poteva permettere a tutti di aprire gli orecchi a una gamma sempre più ampia di strutture musicali e di paesaggi sonori sempre meno “naturalisti”: un atteggiamento che contribuì a costruire l'ineguagliabile ricchezza e varietà stilistica del XX secolo.

Intorno alla fine del secolo scorso, l'idea che la nuova musica potesse superare qualunque limite percettivo è stata messa in discussione a livello internazionale da un risveglio degli studi di psicologia della musica. È diventato presto chiaro, ad esempio, che il sistema uditivo dell'uomo preferisce i suoni del registro musicale centrale, proprio perché corrispondente al registro vocale normale del linguaggio e del canto [Huron 2001]. Gli ascoltatori preferiscono le melodie che si muovono principalmente per gradi contigui, identificandole perlopiù in base al loro profilo [Dowling 1978]. Analogamente, preferiscono strutture che sono tonali nel proprio contesto culturale (in Occidente: maggiore-minore) e le preferenze per la tonalità sono associate a profondi e complessi limiti cognitivi e strutturali [Krumhansl 1990]. Tali risultati non implicano che i compositori debbano sentirsi “vincolati” dai limiti della percezione; tuttavia la percezione di qualsiasi musica composta sarà inevitabilmente “influenzata” da quei limiti. Di conseguenza, la consapevolezza del compositore dell'esistenza dei limiti percettivi potrebbe migliorare il processo compositivo e aumentare le possibilità che la sua musica venga accettata e apprezzata da esecutori e pubblico.

Incorporare le teorie percettive al processo compositivo, non significa eliminare da esso il metodo empirico guidato dall'orecchio. Al contrario, stiamo cercando di integrare e rafforzare tali procedure tradizionali attraverso due modalità: limitare il numero di suoni tra cui il compositore sceglie a orecchio, e mettere in luce nuove possibilità a cui il compositore non aveva pensato. Per citare un caso semplice, si considerino gli accordi che, nella musica tonale, solitamente seguono ad

un accordo di settima di dominante. I compositori tonali scelgono di norma all'interno di una gamma limitata di opzioni già esistente nella musica e nella teoria musicale, ma non prendono in considerazione tutti i possibili accordi contemplati dal sistema tonale.

Il nostro punto di partenza risiede nelle teorie sulla percezione di “sonorità” e sui rapporti tra “sonorità” successive, formulate da Terhardt [1974] e da Parncutt [1989] che, in poche parole, propongono quanto segue: una “sonorità” (o, se vogliamo, un suono) è composta da diverse componenti pure (sinusoidi), con frequenze e livelli di pressione diversi. La percezione di una sonorità coinvolge due stadi separati: anzitutto, il mascheramento reciproco delle varie componenti riduce la loro udibilità individuale, al punto che alcune possono diventare del tutto non udibili. In secondo luogo, dal punto di vista percettivo i patterns armonici delle componenti udibili tendono a fondersi, ovvero vengono percepiti come singoli suoni complessi: Terhardt ha definito le loro componenti interne “virtuali” ed ha sviluppato un modello che permette di pre-stabilire la loro importanza o “salienza” percettiva. Parncutt ha valutato la percettibilità dei rapporti tra sonorità successive in base al numero di componenti comuni (*pitch commonality*). Il termine altezza (*pitch*) qui non indica né il nome di una nota precisa (per esempio, Do diesis), né la frequenza di un suono complesso o di un suono puro, ma esclusivamente l'altezza di un suono così come è “vissuto”: a che altezza suona sia in assoluto sia in relazione ad altri suoni. Queste distinzioni hanno un ruolo fondamentale nel presente articolo.

Hindemith [1937] aveva già suggerito il modo di applicare modelli come questi alla composizione. Proponeva, cioè, di controllare il grado di dissonanza di una successione accordale, in modo tale che la dissonanza crescesse gradualmente verso il centro di una frase, per poi decrescere verso la sua conclusione. Con l'avvento dei personal computer, compositori come Barlow [1987] tentarono di realizzare l'idea di Hindemith con il supporto informatico di algoritmi, per valutare parametri musicali e percettivi come la dissonanza o la complessità dei suoni.

Parncutt e Strasburger [1994] hanno spiegato come la moderna teoria della percezione d'altezza possa essere incorporata nella composizione informatica. Sugerivano in primo luogo di enumerare tutte le sonorità realizzabili all'interno di un dato insieme di vincoli, alcuni dei quali correlati alla percezione d'altezza: per esempio di limitare a un numero definito le altezze calcolabili come salienti. In secondo luogo, suggerivano di elencare tutte le possibili successioni di sonorità contenute all'interno di un'altra serie di vincoli: cioè di limitare a un numero definito le *pitch commonalities* di coppie di sonorità e le distanze fra l'una e l'altra (sia di sonorità successive, sia di relazioni fra una sonorità data e una sonorità di riferimento).

Ferguson [2000] è stato il primo a mettere in pratica questo concetto in maniera estesa e ben riuscita. Prima componeva le voci esterne di un determinato passaggio; quindi, con parametri basati

sui dati della percezione, il suo modello informatico generava le voci interne di una successione di accordi. Dopo che il primo accordo era stato scelto, tra le opzioni proposte dal computer, questi offriva nuove opzioni per il secondo accordo, e così via. Durante il processo compositivo, Ferguson ha anche modificato i parametri del modello e li ha programmati perché cambiassero in modo preciso nel corso della composizione di certe successioni, fino a quando il prodotto finale non ha risposto alle sue aspettative, offrendo risultati da lui ritenuti interessanti. Infine, ha messo insieme in un'intera composizione alcune delle successioni selezionate. Il software utilizzato è stato scritto in linguaggio *Common Lisp*. Si osservi che un simile processo compositivo coinvolge una "interazione" continua tra computer e compositore: il compositore corregge i parametri e le voci esterne, il computer offre il possibile materiale musicale, da cui il compositore sceglie sulla base di una valutazione estetica soggettiva; questa selezione incide sul giro successivo delle previsioni del computer, e così via.

Prima di entrare nei dettagli del processo compositivo, è necessario spiegare ulteriormente quale significato attribuiamo all'idea di "percezione della struttura musicale". Non è possibile stabilire con chiarezza se una "struttura" sia o meno "percepibile": si può, ad esempio, "percepire" una melodia come tale, senza avere alcuna idea della sua struttura. Un cognitivista potrebbe invece chiedere se la rappresentazione cognitiva della melodia (ovvero, la struttura mentale che si presume esista nella mente dell'ascoltatore quando la melodia viene ascoltata) corrisponda ad una struttura teorico-musicale predeterminata. Ma non è neanche questa la domanda che ci poniamo. Al contrario, assumiamo che quando la musica è composta in base a principi generali della teoria della percezione, convalidati empiricamente, le strutture musicali prodotte risulteranno più chiaramente percepibili e, di conseguenza, acquisteranno maggior senso, almeno nel caso di quegli ascoltatori occidentali per i quali e con i quali la teoria è stata formulata.

Queste nostre idee sottendono una supposizione estetica. Stiamo infatti affermando che se la musica ha delle strutture "percepibili", essa è di fatto "migliore", più accettabile in quanto musica, a tutti gli effetti. Nel considerare tale presupposto, è tuttavia necessario ricordare che la percepibilità dipende sia dalle strutture sia dagli ascoltatori. Gli stessi suoni possono essere considerati non-musicali in un'epoca, ma musicali in un'altra. Inoltre, un compositore che tenta deliberatamente di evitare qualsivoglia struttura, di fatto sta creando un nuovo tipo di struttura, percepibile su un diverso piano.

Perché alcuni stili musicali sopravvivono a lungo dopo essere stati creati, mentre altri sono dimenticati? Una delle possibili ragioni risiede nel fatto che le loro strutture sonore continuano a "suonare interessanti", anche se cambia il contesto culturale e musicale in cui sono ascoltate. Ma

ciò risulta possibile solo se le strutture sonore della musica sono “percepibili”; altrimenti la musica si ridurrebbe ad un mero esercizio intellettuale.

Gli esempi musicali proposti in questo saggio sono tratti da *Dans la chair/In the Flesh*, un recente brano per orchestra di Sean Ferguson, eseguito per la prima volta dall’Orchestra Filarmonica di Radio-France al Festival Presences 2003 di Parigi. La musica è abbastanza complessa e dissonante, ma gli stessi principi percettivi e processi compositivi potrebbero essere impiegati per comporre musica meno complessa e più consonante, e più accattivante per un pubblico più ampio. Ma questo potrebbe essere l’oggetto di un altro saggio.

Vocabolario armonico

Il vocabolario armonico di *Dans la chair/In the Flesh* è stato inizialmente definito come una struttura tridimensionale costituita da: cardinalità (numero delle classi d’altezza di ciascuna sonorità), intervallo esterno (tra la voce più acuta e quella più grave della sonorità) e specifica disposizione delle altezze fra le due voci estreme.

Sono stati inclusi nella struttura quegli accordi che corrispondevano ad un criterio stabilito in base alla teoria insiemistica corrente [Forte 1973], criterio che consisteva nella forte affinità rispetto a un particolare insieme-cardine (proposta teorica di Castrén [1994]). L’insieme prescelto è stato 0 1 4 6, ovvero uno dei tetracordi che comprende tutti gli intervalli.³ La struttura finale comprendeva un totale di 47.603 accordi, con cardinalità da 3 a 10 e intervalli esterni fino a 47 semitoni.

Lo scopo di restringere il vocabolario armonico nell’ambito di un intervallo esterno era duplice: in primo luogo, l’insieme di tutti i possibili accordi con cardinalità e intervallo esterno prestabiliti può essere enormemente ampio. Mentre sono solo 35, ad esempio, i possibili accordi di 6 note con un intervallo esterno di 8 semitoni, risultano invece 2.380 se l’intervallo esterno è di 18 semitoni. Un numero così esteso risulta musicalmente superfluo, oltre che inefficace dal punto di vista informatico. In secondo luogo, limitare il vocabolario armonico ad accordi correlati può contribuire ad aumentare la coerenza di un brano.

Modelli psicoacustici

L’obiettivo di questo modello compositivo consisteva nel creare una sintassi armonica in cui il compositore potesse controllare determinati parametri: l’asprezza degli accordi; il rapporto tra

³ [n.d.c.] Un esempio di questo insieme potrebbe essere *Do, Do #, Mi, Fa#*. L’insieme comprende tutti gli intervalli: semitono, tono, terza minore, terza maggiore, quarta giusta, quarta eccedente e, secondo la teoria di Forte, i loro inversi.

accordi contigui in una successione; il rapporto tra gli accordi ed una sonorità di riferimento concepita come una regione armonica. I due principali modelli psicoacustici qui adottati sono stati quelli della asprezza e della comunanza di altezze. La nostra ipotesi di lavoro suggeriva che un compositore, nel basare la sintassi musicale su modelli percettivi, potesse controllare la “stabilità armonica” di una successione.

Asprezza

Nel presente saggio puntiamo l’attenzione su due dei numerosi significati dell’espressione “dissonanza musicale”. La “dissonanza stilistica” (cioè quella che all’interno di un determinato stile viene considerata dissonanza) si apprende per l’esposizione a uno stile, è connessa al bagaglio culturale e ai processi di apprendimento dell’ascoltatore e varia con il variare storico degli stili [Terhardt 1984; Tenney 1988]. Hutchinson e Knopoff [1979, 21] parlano infatti di “instabilità stilistica, tensione, discrepanza”. La tradizione “modernista” della composizione musicale considera la dissonanza stilistica come l’unica forma di dissonanza. In quanto appresa, essa può anche essere disimparata. Tuttavia, ricerche nel campo della psicologia della musica hanno dimostrato più volte che la dissonanza musicale presenta anche aspetti sensoriali. La “dissonanza sensoriale” riguarda qualunque aspetto della dissonanza le cui origini risiedano nelle proprietà universali del sistema uditivo [Plomp-Levelt 1965] e che possano considerarsi indipendenti da stili e culture musicali. Uno degli aspetti più evidenti è, ad esempio, la sensazione dei battimenti veloci, ovvero l’ “asprezza” di una sonorità, strettamente connessa in termini fisiologici all’analisi delle frequenze uditive compiuta dalla membrana basilare della coclea. È soprattutto per questo motivo che un intervallo armonico di quinta giusta del registro musicale medio (Do₄-Sol₄) suona relativamente morbido, mentre una seconda minore (Do₄-Re_{bem4}) suona aspra. Contribuiscono alla dissonanza sensoriale anche altri fattori quali la presenza di “rumore” (in opposizione alla chiarezza tonale, alla distinguibilità delle altezze), l’ “acutezza” (l’energia alle alte frequenze) e il “volume sonoro”.

Gli aspetti stilistici e sensoriali della consonanza e dissonanza musicale non sono necessariamente in accordo. L’intervallo di quarta giusta su un suono grave, ad esempio, è ritenuto dissonante e instabile nella sintassi tonale tradizionale: un caso, dunque, di dissonanza stilistica. Ma la dissonanza sensoriale di una quarta giusta non è molto maggiore di quella di una quinta giusta, se il registro e lo spettro armonico restano costanti. D’altra parte, una seconda minore è considerata dissonante da entrambi i punti di vista. I fattori stilistici, inoltre, incidono sul modo con cui i fattori sensoriali vengono valutati: nella polifonia antica, l’intervallo armonico di terza maggiore era considerato dissonante, ma venne considerato consonante nella musica tonale dei secoli XVII-XIX.

La distinzione tra “universali percettivi” e “universali musicali” è altrettanto importante. Utilizziamo, cioè, il termine “asprezza” nel senso di un universale percettivo poiché dipende innanzitutto dalla fisiologia dell’orecchio; ma la tendenza della musica occidentale ad evitare l’asprezza o a trattare in modi specifici le sonorità aspre non è certamente universale. I duetti vocali dei Balcani, a volte, enfatizzano deliberatamente gli intervalli armonici di seconda (maggiore e minore) proprio in virtù della loro asprezza; così come il suono aggressivo della musica rock deliberatamente rumorosa e distorta è in parte dovuto all’asprezza. Ciò che è universale, anche in questi casi, non è la valutazione estetica dell’asprezza, ma l’asprezza stessa. Per ragioni puramente fisiologiche, qualunque persona di qualunque cultura che ascolta un intervallo armonico di seconda tra suoni armonici complessi della stessa intensità nel registro musicale medio percepirà quella diade come aspra; anche se useranno termini diversi per descriverne la sensazione, a seconda del loro linguaggio e stile cognitivo. Tuttavia, le varie tradizioni culturali si differenziano per il modo in cui l’asprezza è valutata dal punto di vista estetico.

Helmholtz [1954] indagò sperimentalmente i rapporti tra battimento e asprezza. Due suoni puri con una frequenza pressoché uguale generano battimenti ad una frequenza corrispondente alla differenza tra le due frequenze originali. Se questo battimento o la frequenza di battimento supera 20 Hz, i singoli battimenti diventano impercettibili e il suono risulta “aspro”. Plomp e Levelt [1965] hanno supposto che l’asprezza sia percepita solo quando il numero dei battimenti, o la differenza di frequenza, siano inferiori a una certa “banda critica”. Quest’ultima sarebbe determinata dalla sottostante fisiologia: ciascuna cellula cigliata sulla membrana basilare può essere considerata un filtro acustico (un “filtro di banda”) che lascia passare solo le frequenze all’interno di un certo spettro. La larghezza della banda critica consiste nella effettiva⁴ ampiezza di questo filtro, misurata in cicli per secondi (Hz) o in semitoni.

Il modello di asprezza impiegato nei nostri algoritmi compositivi è basato su quello proposto da Hutchinson e Knopoff [1978], fondato a sua volta su Plomp e Levelt [1965].⁵ Si assume, dunque, che ciascuna coppia di suoni puri dello spettro di una sonorità contribuisca all’asprezza della sonorità stessa, a patto che l’intervallo tra essi sia più piccolo della banda critica. L’asprezza complessiva della sonorità risulta dalla somma di tutte queste componenti.

La Figura 1 elenca tutti i possibili accordi di quattro note della scala cromatica con un “intervallo esterno” di sesta maggiore al di sopra del Do centrale, e le loro corrispondenti asprezze. Gli accordi sono disposti in ordine crescente di asprezza in base all’algoritmo di Hutchinson e Knopoff. Per il calcolo si è assunto che ciascuna nota di ogni accordo contenga dieci armoniche. Si

⁴ Il termine “effettivo” è necessario, perché il filtro non è rettangolare. In altri termini, i confini della “banda critica” non sono precisi e subitanei, poiché le frequenze ad una maggiore distanza dal centro sono progressivamente attenuate.

può valutare l'efficacia di questo modello suonando la successione al pianoforte. La classifica corrisponde alla vostra percezione?

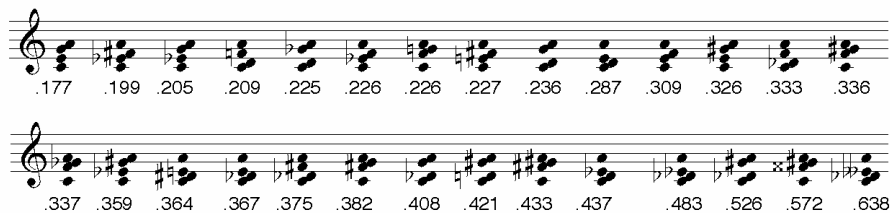


Figura 1: Accordi disposti in ordine crescente di dissonanza sensoria.

Comunanza di altezze (*pitch commonality*)

Nella sintassi tonale tradizionale, il numero di note in comune tra accordi successivi è legato alla “forza” della successione: “deboli” o “morbide” sono le successioni che hanno molte note in comune, “forti” e “brusche” quelle che ne hanno meno [Aldwell-Schachter 1989, 136]. Nella teoria insiemistica, gli insiemi di classi di altezze contigui suonano più morbidi e uniformi quando hanno più classi di altezze in comune (fenomeno definito “invarianza”): “il concetto di invarianza è intimamente connesso alle nozioni musicali intuitive di sviluppo, cambiamento, continuità, discontinuità” [Forte 1973, 30].

Entrambi queste teorie sulla successione accordale sono limitate alle “altezze scritte” degli accordi. Un'altra possibilità è quella di considerare le “frequenze” comuni, come già aveva proposto Helmholtz nella sua teoria sull'affinità armonica tra suoni successivi. Ma l'idea di Helmholtz si infrange quando un suono armonico complesso privo di fondamentale è confrontato al suono puro corrispondente a quella fondamentale: i due suoni sono percepiti come connessi l'uno all'altro, nonostante non abbiano nessuna frequenza in comune. Ciò chiarisce che il modello di relazione armonica dovrebbe essere basato sulle altezze “percepite” (o “esperite”), come avviene nel caso della *pitch commonality*.

Un modello matematico di comunanza di altezze è stato sviluppato da Parncutt sulla scorta della revisione di Terhardt [1974] dell'idea di Helmholtz di affinità sonora. Si può dire che la comunanza di altezze tra due sonorità dipende dai loro “spettri percettivi”. Laddove uno spettro fisico regolare (d'ampiezza) consiste in un grafo della SPL (sound pressure level, dB) in funzione della frequenza di ciascuna armonica, uno spettro percettivo è invece un grafo della salienza percettiva in funzione di ciascuna altezza percepita. Rispetto all'asprezza, la comunanza di altezze

⁵ La nostra implementazione di Hutchinson e Knopoff è pubblicata al www.gewi.uni-graz.at/staff/parncutt.

risulta quindi più difficile da calcolare. Per una descrizione matematica completa di questo modello, si veda il quarto capitolo di Parncutt [1989], oppure Parncutt e Strasburger [1994].

Nel brano *Dans la chair/In the Flesh*, la comunanza di altezze è applicata sia a due sonorità in successione, sia a ognuna di esse rispetto a una sonorità di riferimento.

- La comunanza di altezze “in successione” è calcolata tra accordi contigui in una successione armonica. La Figura 2 mostra due diverse successioni accordali con le stesse voci esterne. Nella prima armonizzazione, gli accordi contigui presentano una comunanza di altezze alta, nella seconda una comunanza bassa. Il valore della comunanza di altezze tra ciascuna coppia di accordi è riportato tra i righi; i valori sono più alti nel primo caso, corrispondono a successioni più morbide.

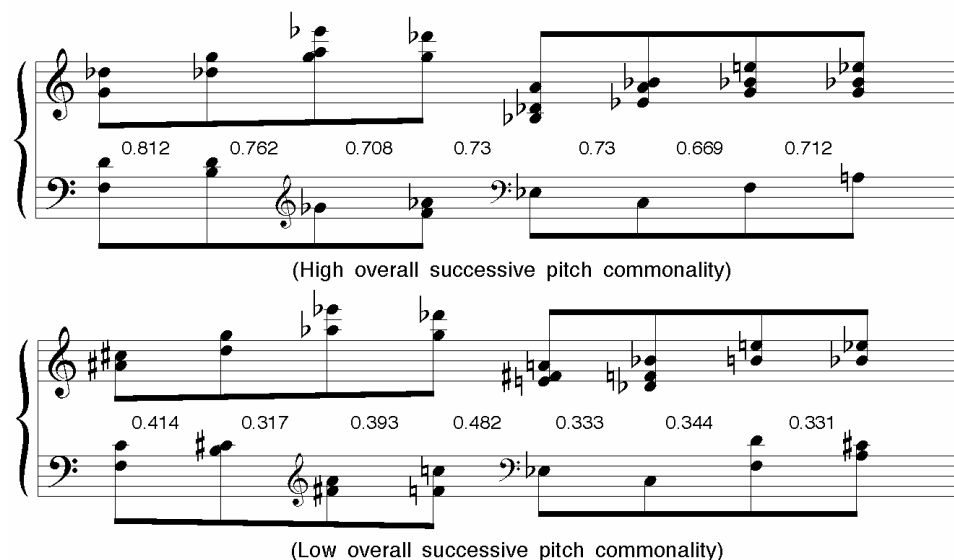


Figura 2: Due diverse armonizzazioni delle stesse voci esterne.

- La comunanza di altezze “referenziale” è calcolata tra gli accordi di una successione ed una data sonorità di riferimento, che potrebbe essere presente nella musica (ad esempio, un accordo tenuto) oppure semplicemente suggerita. Come i passaggi tonali nel sistema maggiore-minore possono implicare la tonica prima che essa sia effettivamente ascoltata, così una successione di sonorità che presenti un’alta comunanza di altezze con una sonorità di riferimento può implicare quest’ultima prima ancora che essa sia ascoltata. L’effetto risulta più forte se la sonorità è stata precedentemente enfatizzata lungo il pezzo.

L'accordo di otto note della Figura 3 è la sonorità di riferimento di *Dans la chair/In the Flesh*. Gli accordi di quattro note a destra di questa sonorità sono disposti in ordine decrescente di comunanza di altezze. Occorre ricordare che la comunanza di altezze interessa soprattutto le altezze “percepite” (piuttosto che quelle scritte) e tiene conto del calcolo delle variazioni di “salianza” delle altezze. Questi accordi sono definiti in termini di realizzazioni sonore specifiche, non come insiemi di classi di altezze. I valori massimi e minimi della comunanza di altezze sono riportati al di sotto del rigo. Gli accordi della parte iniziale della lista sono più legati alla sonorità di riferimento, poiché con essa condividono più altezze.



Figura 3: Accordi ordinati per comunanza “referenziale” di altezze.

Successioni compositive

Componiamo una successione d’accordi scegliendo prima una cornice di due voci esterne e poi aggiungendo a ciascuna coppia le voci interne in base a criteri prestabiliti che comprendono cardinalità (numero di note), asprezza, comunanza di altezze (in successione e referenziali).

Il primo passo consiste nel trovare tutti gli accordi con cardinalità, intervallo “esterno” e livello di trasposizione desiderati, selezionandoli dal vocabolario armonico specifico del pezzo nel modo seguente: i parametri percettivi comprendono i valori da 0 a 1, dove — relativamente alle possibilità disponibili — 0 è il valore più piccolo possibile del parametro e 1 il più grande. Ad esempio, il valore 0 per l’asprezza chiede al computer di cercare l’accordo meno aspro tra tutti con il numero di note, l’intervallo esterno e il livello di trasposizione desiderato. Un valore di 0.5 significa: “Quali di questi accordi hanno un livello medio di asprezza?” Per rispondere a questa domanda, disponiamo la lista in ordine crescente di asprezza, utilizzando poi solo quel segmento di lista che corrisponde al livello desiderato.

Da valori molto alti o bassi dei parametri solitamente risultano meno accordi che non da valori intermedi. I segmenti della lista approssimativamente risultanti dai diversi valori di asprezza sono riportati nella Figura 4.

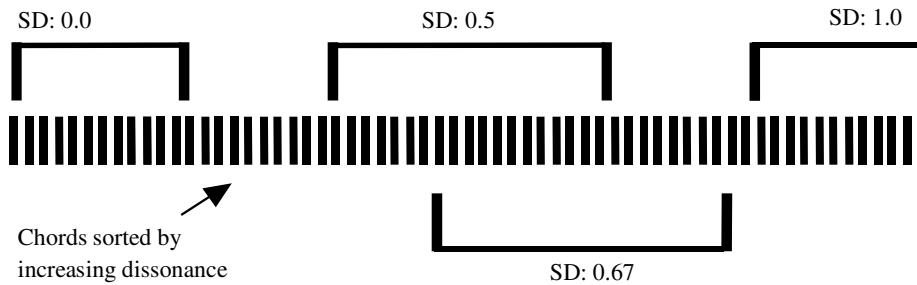


Figure 4: Selecting Chords by degree of sensory dissonance.

Figura 4: Selezione degli accordi in base al grado di dissonanza sensoriale.

Simile processo è applicato a turno a ciascun parametro. Il risultato di ciascuna “fetta” viene analizzata e scelto e questa porzione passa al parametro successivo. L’ordine è il seguente: 1) asprezza, 2) comunanza di altezze “referenziale”, 3) comunanza di altezze “in successione”.

L’esempio che segue chiarifica il processo di armonizzazione. Supponiamo che stiamo armonizzando il quarto accordo di una successione di 8 accordi e che a questo punto i valori correnti dei parametri armonici siano:

- sonorità di riferimento: (60-61-64-66) ossia Do4, Do#4, Mi4, Fa#4
- cardinalità: 6
- livello di trasposizione: 61 (Do#4)
- intervallo esterno: 23 semitoni
- asprezza: 0.33
- comunanza di altezze referenziale: 0.67
- comunanza di altezze in successione: 0.75

Il programma produce quattro elenchi progressivamente accorciati di accordi in notazione MIDI (Do centrale=60). Il primo comprende tutti gli accordi del vocabolario armonico di *Dans la chair/In the Flesh* con la cardinalità e l’intervallo esterno desiderato, trasposto in modo da cominciare sulla nota MIDI 61. Da questa lista di possibilità il secondo elenco deriva quegli accordi che presentano un’asprezza relativa corrispondente al livello prestabilito di 0.33. Il terzo elenco è il risultato degli accordi selezionati dalla lista precedente sulla base del grado desiderato di comunanza di altezze referenziali, mentre il quarto elenco deriva dall’analisi degli accordi per comunanza di altezze in successione. Il compositore prende le sue decisioni sulla base di quest’ultimo elenco: a seconda delle intenzioni musicali del passaggio, si potrebbe scegliere l’accordo meno aspro o più strettamente correlato alla sonorità di riferimento. Oppure più semplicemente attuare una scelta casuale, visto che gli accordi della lista sono sostanzialmente equivalenti dal punto di vista dei parametri armonici prestabiliti. Per la successione accordale ora descritta, si vedano i quattro elenchi riportati nelle Figure 5a-d.

Figura 5: Esempio di liste progressivamente più brevi degli accordi forniti dal modello.

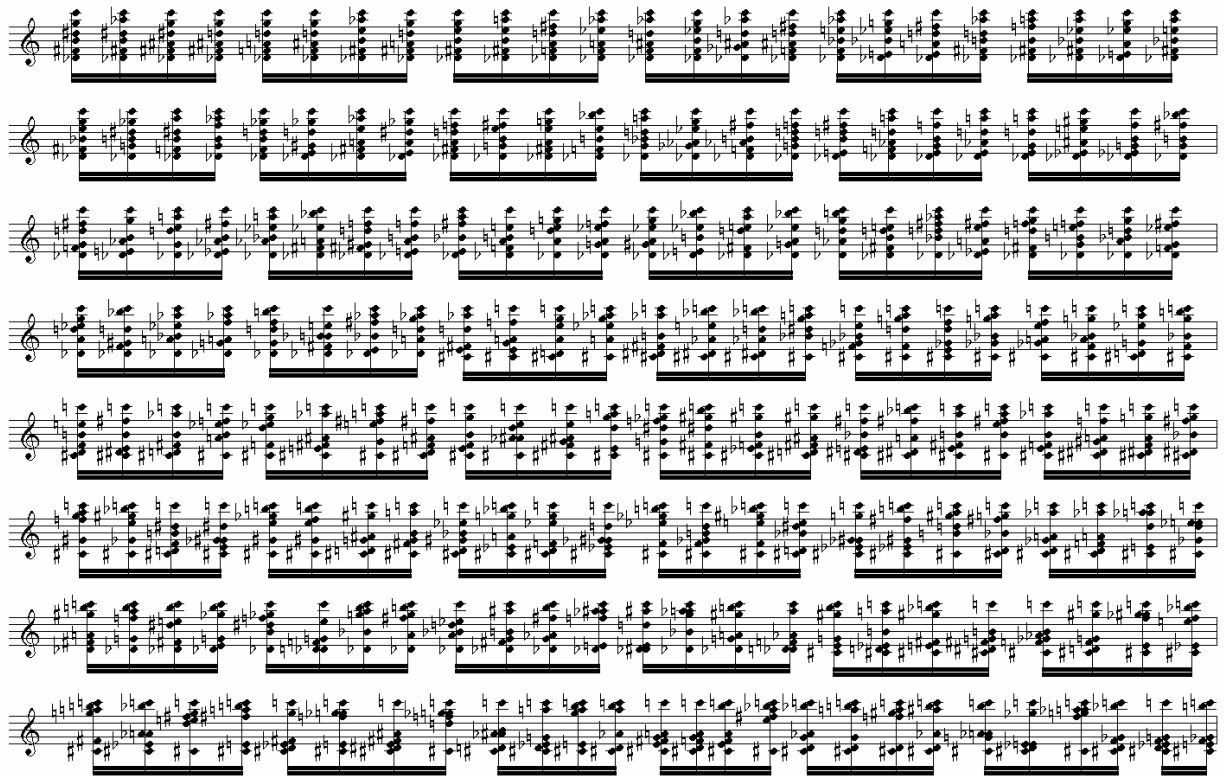


Figura 5a: Tutti gli accordi.

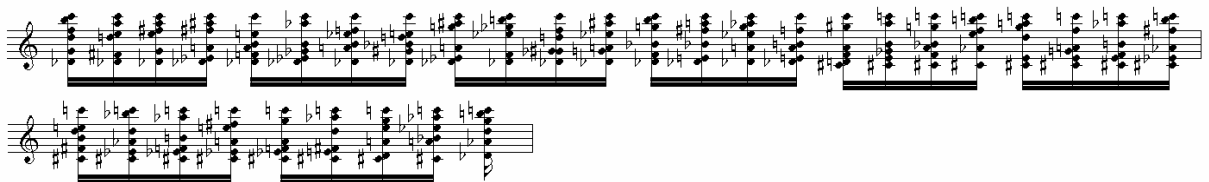


Figura 5b: Accordi selezionati in base alla dissonanza sensoria.



Figura 5c: Accordi selezionati in base alla comunanza di altezze referenziale.



Figura 5d: Accordi selezionati in base alla comunanza di altezze in successione

La Figura 6 mostra una riduzione della battute 45–49 del brano *Dans la chair/In the Flesh*. Sui due righi inferiori è indicata la sonorità di riferimento della composizione, qui semplificata (in realtà essa possiede una tessitura ben più complessa). I due righi superiori riportano le successioni armoniche, con le voci esterne armonizzate sulla base del modello ora descritto. Entrambe le successioni si avviano con un’asprezza alta, e con “comunanze di altezze” bassa. Nel corso della successione avviene una progressiva inversione dei valori (asprezza bassa, comunanze di altezze alta). L’obiettivo compositivo consiste nel creare frasi musicali iniziali con bassa stabilità armonica, che “via, via” si trasformano in frasi armonicamente più stabili.

Figura 6: *Dans la chair/In the Flesh*, bb. 45-49.

The musical score for Figure 6 consists of four staves. The top two staves are for Woodwinds and Strings, both marked *mf*. The bottom two staves show simplified harmonic structures for the strings, with notes grouped in pairs and connected by lines, indicating a reduction of the complex texture described in the text. The score is in 6/4 time and spans measures 45 to 49.

Discussione

Nel corso dell’articolo abbiamo mostrato come la teoria percettiva possa essere impiegata per creare brani e stili compositivi complessi e tonalmente originali. Nel presentare una sintesi della teoria percettiva e dei programmi informatici, abbiamo discusso alcuni esempi.

Il nostro modello non intende sovvertire altri simili metodi compositivi, ma piuttosto integrarli, espandendo la gamma di opzioni disponibili per i compositori avvezzi all’uso del computer. Ci auguriamo che questo articolo permetta non solo ai compositori di familiarizzarsi con il nostro metodo, ma anche di stimolare in genere lo sviluppo di nuovi processi ibridi. Resta ancora da chiarire se e in che misura incorporare i modelli percettivi nei nostri processi compositivi possa contribuire al successo della musica composta.

È certo possibile che questo effetto possa essere raggiunto adottando altri patterns sonori, magari anche costruiti con minor rigore formale. Per indagare su questo problema, abbiamo

intenzione di avviare degli esperimenti di ascolto, in cui i materiali sonori utilizzati siano generati con lo stesso software impiegato per la composizione di *Dans la chair/In the Flesh*. Diversamente da questo brano, che è interamente non-triadico e tonalmente così complesso da sembrare all'ascolto atonale, gli esempi musicali proposti nell'esperimento copriranno un'ampia gamma che si estende dal "molto tonale" al "molto atonale". Esplorando i rapporti quantitativi tra i giudizi estetici e i modelli parametrici, oltre che analizzando qualitativamente le descrizioni verbali degli ascoltatori, speriamo di gettar luce su una questione importante: quella della rilevanza della psicologia percettiva nella composizione.

Bibliografia

ALDWELL E.-SCHACHTER C. (1989), *Harmony and voice leading*, Harcourt Brace Jovanovich, San Diego.

BARLOW C. (1987), *Two essays on theory*, «Computer Music Journal», 11, 44–60.

CASTRÉN M. (1994), *Recrel: A similarity measure for set-classes*, Ph.D. diss., Sibelius Academy, Helsinki.

CASTRÉN M. (2000), *Pairs of chords as objects illuminating set-class similarity: Some viewpoints and a computer-assisted procedure to create test materials for listener experiments*, «Electronic Journal of Music Theory and Analysis», 1.

DOWLING W.J. (1978), *Scale and contour: Two components of a theory of memory for melodies*, «Psychological Review», 85, 341—354.

FERGUSON S. (2000), *Concerto for piano and orchestra* Phil.D. diss., McGill University, Montreal Canada.

FORTE A. (1973), *The structure of atonal music*, Yale University Press, New Haven.

HELMHOLTZ H.L.F. (1954), *On the sensations of tone as a physiological basis for the theory of music*, Dover, New York.

- HINDEMITH P. (1937), *Unterweisung im Tonsatz*, Schott, Mainz.
- HURON D. (2001), *Tone and voice: A derivation of the rules of voice-leading from perceptual principles*, «Music Perception», 19, 1–64.
- HUTCHINSON W.-KNOPOFF L. (1978), *The acoustic component of Western consonance*, «Interface», 7, 1–29.
- KRUMHANSL C.L. (1990), *Cognitive foundations of musical pitch*, Oxford University Press, New York.
- MANZOLLI J.-MORONI A.-VON ZUBENS F.-GUDWIN R. (1999), *An evolutionary approach to algorithmic composition*, «Organized Sound: An International Journal of Music Technology», 4, 121–125.
- PARNCUTT R. (1989), *Harmony: A psychoacoustical approach*, Springer, Berlin.
- PARNCUTT R.-STRASBURGER H. (1994), *Applying psychoacoustics in composition: "Harmonic" progressions of "non-harmonic" sonorities*, «Perspectives of New Music», 32, 1–42.
- PELES S. (ed. 2003), *The collected essays of Milton Babbitt*, Princeton University Press, Princeton N. J.
- PLOMP R.-LEVELT W.J.M. (1965), *Tonal consonance and critical bandwidth*, «Journal of the Acoustical Society of America», 38, 548–560.
- TENNEY, J. (1988), *A history of 'consonance' and 'dissonance'*, Excelsior, New York.
- TERHARDT E. (1974), *Pitch, consonance, and harmony*, «Journal of the Acoustical Society of America», 55, 1061–1069.
- TERHARDT E. (1984), *The concept of musical consonance: A link between music and psychoacoustics*, «Music Perception», 1, 276–295.