CONSERVATORIO DI MUSICA

LUIGI CHERUBINI

FIRENZE

DIPLOMA ACCADEMICO DI II LIVELLO

in

MUSICA E NUOVE TECNOLOGIE

Strategie compositive basate su sistemi evolutivi

&

Sotto le acque di Toba, *per ensemble di fiati e live electronics*

Relatore:

Marco Ligabue

Laureando:

Matteo Tundo

Anno Accademico

2016/2017

Indice

Introduzione _____ pag. 2

PARTE I: *Strategie compositive basate su sistemi evolutivi*

- Selezione naturale e algoritmo genetico _____ pag. 6
- Possibilità d'interpretazione musicale _____ pag. 10
- Ampliare il sistema algoritmo _____ pag. 29

PARTE II: *Sotto le acque di Toba*

- Creazione di una storia evolutiva _____ pag. 32
- Orchestrazione e spazializzazione _____ pag. 35
- Livello formale e livello strutturale _____ pag. 39
- Elaborazione dei suoni attraverso il live electronics _____ pag. 53

Conclusioni _____ pag. 60

Bibliografia, Sitografia, Software utilizzati _____ pag. 62

PARTE III: *Partitura* _____ pag. 65

Introduzione

Questo lavoro è frutto di due anni di studio svolti presso il Conservatorio Luigi Cherubini di Firenze, durante il Biennio Specialistico di Musica e Nuove Tecnologie.

Questo periodo di formazione mi è stato utile non solo ad apprendere nozioni ed a scoprire nuovi ambienti, bensì soprattutto ad imparare a conoscere me stesso, provare a capire ciò che davvero mi interessa e il modo in cui pongo la mia esistenza nella realtà che mi circonda.

In particolare ho compreso che l'ambiente che mi interessa maggiormente è quello della ricerca, termine che va inteso in senso generico, mi affascina l'aspetto prometeico dell'essere umano e ritengo che questa insaziabile curiosità sia l'unico vero motivo per il quale l'uomo abbia raggiunto una certa consapevolezza del proprio ruolo all'interno dell'universo.

L'aspetto certamente più interessante di questa concezione è il fatto che effettivamente abbiamo raggiunto la consapevolezza di essere nullità tra le nullità, ma questo non ci ha fermato, bensì ha rafforzato il nostro desiderio di conoscere , il nostro bisogno di continuare questa impari lotta con la scoperta che ci vedrà aggiungere sempre nuovi tasselli ad una nostra personale struttura infinita: la conoscenza della realtà. Ritengo che l'interesse nei confronti della natura, dell'ambiente che non solo ci circonda, ma di cui siamo una parte funzionale, sia una necessità di prim'ordine per chi vuole affrontare la propria esistenza ponendosi l'obiettivo della ricerca. Non v'è dubbio che la curiosità nei confronti della natura abbia alimentato la mia voglia di mettermi in gioco, fino alla decisione di provare a produrre qualcosa.

Questo lavoro rappresenta un tassello che io aggiungo alla mia personale struttura infinita, scoprirò in futuro se questa parte sarà necessaria per la conclusione che trarrò alla fine della mia vita, oppure se semplicemente mi sarà utile a cambiare strada e magari sarò costretto ad eliminare questo tassello per evitare che l'intera struttura si disfaccia crollando su se stessa. Non sarebbe certamente la prima volta che una persona si sia resa conto di aver commesso degli sbagli, ma ovviamente mi auguro che possa non essere questo il caso.

La ricerca che ho compiuto per questo lavoro si pone degli obiettivi che rientrano nel campo della composizione musicale. Non pongo ovviamente le mie parole come verbo

biblico, ma semplicemente come una relazione frutto di una mia parziale ricerca; si può ben intendere il motivo per cui utilizzo il termine "parziale", se considerassi conclusa questa mia avventurosa esperienza di esplorazione, magari dandomi per soddisfatto dei risultati ottenuti, avrei segnato indelebilmente la fine del mio stato ricercante e la conclusione di una ricerca non può che essere un fallimento. Bisogna fare attenzione però a non confondere quello che sto dicendo con una sorta di pessimismo (direi anche piuttosto stupido), il fallimento è assolutamente necessario e chi si considera un ricercatore è ben felice di accogliere il proprio fallimento, affinché possa continuare ad avere la possibilità di andare avanti nella propria esplorazione. Fallire vuol dire essersi resi conto della propria posizione nella realtà, vuol dire aver aggiunto un nuovo tassello, chi pensa di aver invece completato la costruzione della struttura, non ammettendo il proprio fallimento, credo possa essere considerato piuttosto ingenuo, oltre che decisamente fuori strada. Sarebbe quello si un reale fallimento e di una tipologia ben più preoccupante!

Bisognerebbe partire con il chiedersi in cosa consiste l'atto compositivo. Chi è il compositore? Io di certo non ho la risposta a questa domanda, ma ad aiutarmi a *ricercare* una risposta c'è fortunatamente un artista che reputo straordinario: Paul Klee, il quale abilmente riesce ad introdurre l'artista (e quindi il compositore) in una visualizzazione metaforica che mi piace tantissimo[1]. Immaginiamo un albero, la terra rappresenta la realtà, da questa le radici traggono linfa portandole al tronco: l'artista. La chioma dell'albero rappresenta l'opera, il prodotto di questo processo. Ritengo che la composizione sia precisamente questo, non una trasformazione della realtà, né tantomeno una sua rappresentazione, per dirla con le parole di Klee "l'arte non ripete le cose visibili, ma rende visibile"[2]. Proprio per questo motivo il lavoro del compositore può assolutamente essere considerato un lavoro di ricerca, un'esplorazione che aiuta a visualizzare delle particolarità dell'esistenza, viste da un altro punto di vista, o meglio dal punto di vista di un altro.

Il tema centrale che approfondirò nelle prossime pagine riguarda alcune strategie compositive che utilizzano sistemi evolutivi come base di partenza. Il lavoro è stato frutto di una ricerca iniziata durante il corso di *Analisi delle forme e delle tecniche compositive elettroacustiche II*[3], tenuto dal maestro Marco Ligabue[4] durante l'anno accademico 2016-2017. Il mio obiettivo era trovare delle soluzioni di organizzazione sonora che partissero dallo studio dei processi di evoluzione genetica e di selezione

naturale, in particolare approfondendo i così detti “algoritmi genetici”. Alla fine del corso sono giunto alla produzione di un brano elettroacustico dal titolo “Popolazione XIV”[5].

Proprio grazie a questo primo risultato, mi sono interessato sempre di più all’argomento ed ho deciso di approfondire la mia ricerca provando a schematizzare alcune possibilità che questo sistema algoritmico propone al compositore, inoltre ho continuato a testare queste possibilità anche da un punto di vista pratico, approfondendo in modo particolare quelle che più mi sembravano coerenti con il mio attuale gusto compositivo. Sono giunto quindi alla stesura di un brano per ensemble di fiati, dieci per la precisione, e live electronics. Il titolo di questo lavoro è “Sotto le acque di Toba”, successivamente andrò ad illustrare in modo più dettagliato le motivazioni che mi hanno spinto a questo atto pratico di ricerca ed in che modo il brano è stato strutturato a partire dallo studio dell’algoritmo genetico.

Ho suddiviso l’intero lavoro in tre parti, nella prima parte si discuterà a riguardo delle varie possibili strategie compositive a cui sono arrivato nel corso della mia ricerca, spiegando ed analizzandone le differenze. La seconda parte invece verterà sulle problematiche pratiche che mi sono trovato ad affrontare dopo aver scelto la strategia da utilizzare nella mia composizione, spiegherò quindi in che modo ho lavorato, ci sarà un’analisi della forma generale del brano e della struttura che la caratterizza ed una spiegazione del modo in cui ho voluto inserire l’elettronica affinché risultasse funzionale all’idea compositiva stessa. La terza ed ultima parte consisterà nella partitura di *Sotto le acque di Toba*.

Ritengo in qualche modo di aver prodotto la chioma del mio personale albero attraverso questo lavoro, so di certo che non si tratta ancora di una bella chioma verde e fiorita, ma questa è per me la migliore delle notizie, in quanto mi spinge a continuare a trarre linfa dal terreno per poter donare alle mie foglie nutrimento. La più bella delle sensazioni per me è il rendersi conto dell’impossibilità di alimentare la propria chioma fino al più bel colore verde brillante, in poche parole, il fallimento è la parte più bella del mio lavoro.

1.Paul Klee, *Teoria della forma e della figurazione. Vol.1: Il pensiero Immaginale*, Mimesis, 2009. (*Visione e orientamento nell'ambito dei mezzi figurativi e loro assetto spaziale*, pag.81).

2.Vedi nota 1. (*La confessione creatrice*, pag.76).

3.http://www.conservatorio.firenze.it/it/formazione/offerta-formativa/biennio-tutte-le-discipline (Programmi corsi biennio Conservatorio Cherubini, consultato il 5/09/2017)

4.http://www.accademia.firenze.it/it/docenti-abafi/biografie-docenti/34-docenti-1/ligabue-marco (Profilo Biografico Marco Ligabue, consultato il 5/09/2017)

5."Popolazione XIV" pubblicato nell'album *Equilibrio di Hardy-Weinberg*, Antimateria Lab, 2017

PARTE I

Strategie compositive basate su sistemi evolutivi

Selezione naturale ed algoritmo genetico

Il mio studio ha avuto come base di partenza l'osservazione di alcune dinamiche della natura. Come ho già detto in precedenza, il dialogo con la natura è fondamentale per l'artista e per il compositore, poiché attraverso di essa si riesce ad interiorizzare il materiale della realtà e ad elaborarlo per trarne l'opera. Paul Klee, in una delle sue lezioni al Bauhaus fa notare come in passato l'attenzione degli artisti era posta soprattutto nel dare una descrizione della natura dall'esterno[1]. La consapevolezza di oggi invece ci porta ad inserirci nell'ambiente descritto, facciamo parte del sistema da cui traiamo la materia prima per la costruzione artistica. Ecco perché ho impostato il mio studio sentendomi parte integrale dei sistemi che ho analizzato, in qualche modo io stesso sono all'interno del frutto del mio lavoro. Ho potuto in questo modo esplorare le dinamiche che mi interessavano della natura, di me stesso e di me stesso come parte funzionale del tutto naturale.

Da qualche tempo le mie riflessioni vertevano perlopiù su argomenti che interessavano l'aspetto mutevole della natura, gli stati intermedi tra una particolare condizione ed un'altra, la concezione sensibile dello scorrere temporale in opposizione alla reale immobilità fisica cara alle maggiori scoperte scientifiche di inizio '900. I miei pensieri si muovevano dunque attorno ad un termine ben preciso: evoluzione.

Ho deciso dunque di approfondire l'aspetto evolutivo della natura, legato alla mutevolezza delle cose ed allo scorrere del tempo, argomenti che per quanto appaiano trasparenti ed evidentemente logici, nascondono una complessità strutturale non solo filosofica, ma anche di carattere pratico.

Come avviene l'evoluzione? In che modo la natura muta se stessa?

Per rispondere a queste domande, necessitavo di schemi chiari e a me comprensibili ed ho quindi cominciato ad informarmi e a compiere ricerche. Sono quindi giunto a conoscenza dell'esistenza del così detto "algoritmo genetico", un sistema matematico che tenta di schematizzare in modo algoritmico in che modo la natura compie la sua evoluzione.

Si tratta di strategie di problem solving, frutto della ricerca in applicazioni che utilizzano procedure di tipo quasi-biologico, inserite in un ipotetico processo di evoluzione genetica.

A partire dagli anni ’60, due ricercatori tedeschi: Ingo Rechenberg ed Hans-Paul Schwefel iniziarono ad interessarsi a strategie evolutive, fino alla presentazione all’Università di Berlino del loro studio “Optimeriung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution”[2].

Il metodo dell’equipe di Rechenberg utilizzava queste “Evolutionsstrategie” (strategie evolutive) per risolvere problematiche ingegneristiche, come ad esempio il design aerodinamico delle ali. Fu il vero primo studio nel campo dell’intelligenza artificiale che utilizzava algoritmi genetici. Successivamente, negli anni ’70 anche due ricercatori americani avviarono i propri studi per ricercare algoritmi con caratteristiche evolutive, si tratta di John H. Holland e David E. Goldberg. Il primo pubblicò le sue idee in “Adaptation in Natural and Artificial Systems”[3] (1975), il secondo giunse al suo “Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning”[4] nel 1989. L’approccio della ricerca tedesca era leggermente diverso rispetto a quella successiva dei colleghi americani. I modelli di Rechenberg e Schwefel erano perlopiù basati su una simbologia grafica che utilizzava procedure biologiche utili a strategie di ottimizzazione tecnica. Lo studio dei due ricercatori americani aveva caratteristiche più informatiche e prestava maggiore attenzione alla trasmissione dei dati in sistemi biologici per lo sviluppo di strategie di ricerca.

Il mio personale studio si è basato sulle strategie algoritmiche a cui sono giunti i due ricercatori americani, dei quali sono facilmente reperibili molte più informazioni e dettagli rispetto alla ricerca precedente dei tedeschi.

Mi sembra di aver capito inoltre che la maggior parte dei musicisti che hanno fatto uso di questi algoritmi genetici per applicazioni nel campo della composizione, si siano basati esclusivamente sulla ricerca algoritmica formulata da Holland e Goldberg.

Dimenticandoci quindi dei due ricercatori tedeschi, possiamo procedere ad esplorare il funzionamento di questo processo matematico, che vuole simulare in qualche modo un sistema naturale evolutivo, per trarne gli aspetti caratteristici più importanti.

Non bisogna dimenticare che l’obiettivo principale dell’algoritmo genetico è quello del “problem solving”, ovvero il cercare la soluzione più adatta al sistema ambientale impostato. Ritengo che sia per questo motivo assolutamente adatto alla composizione musicale, in quanto quest’ultima può essere considerata una strategia per risolvere il problema dell’idea principale del compositore; in pratica l’algoritmo genetico può essere un metodo per impostare il proprio lavoro strutturale e per dare forma alle proprie idee musicali, ma di questo ci occuperemo in seguito.

Andiamo a vedere dunque in che modo è strutturato un algoritmo genetico[5].

Il lavoro principale consiste nell'andare ad organizzare gli assiomi iniziali, possiamo considerare l'ambiente evolutivo come un sistema formale.

I fattori che vanno impostati sono:

GENE: Parte essenziale e che codifica un cromosoma.

CROMOSOMA: Una delle soluzioni ad un dato problema.

POPOLAZIONE: Insieme di soluzioni ad un dato problema.

FUNZIONE DI FITNESS: Valutazione associata ad una soluzione, stabilisce la probabilità di riproduzione/trasmissione di una determinata caratteristica. La funzione di fitness si trova alla base della selezione naturale in un dato ambiente.

CROSSOVER: Creazione di una nuova soluzione mescolando casualmente soluzioni esistenti.

MUTAZIONE: Alterazione casuale di una soluzione.

Come si può notare, la terminologia utilizzata tende più all'ambito informatico che a quello biologico, si parla perlopiù di "soluzioni", questo ci può già essere utile per trasportare mentalmente il sistema in un campo diverso da quello dell'evoluzione naturale, per avventurarci ad esempio in quello della composizione musicale.

Questi sono gli elementi principali che vanno a caratterizzare il nostro sistema evolutivo, possiamo passare ora a descrivere qual è lo schema di procedure[6] per far si che l'algoritmo produca i suoi risultati:

1. Generazione della prima popolazione.
2. Applicazione della funzione di fitness.
3. Selezione delle soluzioni considerate migliori.
4. Procedimento di crossover per generare soluzioni ibride.

(5. Eventuali mutazioni casuali dei geni.)

6. Creazione di una nuova popolazione a partire dalle soluzioni identificate.

A questo punto lo schema può ripartire dal punto 2 e generare una nuova popolazione.

Gli elementi della prima popolazione sono un assioma del sistema formale evolutivo, vengono posto "dall'alto", queste sono scelte che deve effettuare chi imposta il sistema, oppure possono essere prodotte in modo casuale, per verificare che il funzionamento dell'algoritmo sia efficiente per qualsiasi tipo di elemento primordiale.

La funzione di fitness deve necessariamente essere impostata dall'utente, poiché questa è il vero motore del sistema ed è il vero motivo per cui avviene un tipo di selezione naturale e non un altro. Ci sono altri due momenti nella procedura in cui si può agire utilizzando pratiche aleatorie: quando si applica il crossover tra gli elementi di una popolazione e quando avvengono le mutazioni. Ovviamente l'utente può anche decidere di scegliere in modo autonomo tutti i parametri, ma ritengo che l'elemento casuale o pseudo-casuale renda tutto il sistema più affascinante, soprattutto in quanto l'utente non potrà predire facilmente come l'algoritmo andrà a termine.

Questo è il punto cruciale della questione che riguarda gli algoritmi genetici, chi imposta il sistema (a patto che usi almeno in parte il caso per determinare alcune scelte), può solo immaginare l'andamento dell'evoluzione, ma senza realmente conoscere il modo in cui andrà avanti il sistema e soprattutto senza sapere se l'obiettivo sarà effettivamente raggiunto.

Seguire tutto l'andamento dell'evoluzione diventa un atto di curiosità irrefrenabile, vedremo a breve come tutto ciò spostato in campo musicale assuma un fascino direi indiscutibile. Un'altra caratteristica interessante dell'applicazione di algoritmi genetici a sistemi di vario genere è che il minimo cambiamento in alcune caratteristiche può rovesciare in modo assolutamente radicale le sorti dell'evoluzione, ancora più straordinario è il fatto che non siamo capaci di saperlo fino a che non abbiamo effettivamente sperimentato il cambiamento. L'impostazione diversa di un singolo cromosoma nella popolazione iniziale, lo spostamento di un elemento rispetto ad un altro nella fase di crossover, una piccola mutazione casuale, tutto ciò può portare ad inaspettati cambiamenti, può portare ad allontanarsi sempre di più dall'obiettivo finale o magari può facilitarne il raggiungimento.

1.vedi nota 1 pag.4. (*Vie allo studio della natura*, pag.63).

2.I. Rechenberg, *Evolutionsstrategie - Optimeriung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution*, Fromman-Holzboog, Stuttgart, 1973.

3.J. Holland, *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan, 1975.

4.D.E. Goldberg, *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, Adison Wesley, Bonn, 1989.

5.http://www.okpedia.it/algoritmo_genetico (Introduzione all'algoritmo genetico ed esempi, consultato in febbraio 2017).

6.vedi nota 5.

Possibilità d'interpretazione musicale

Possiamo a questo punto affrontare la traslazione del sistema dell'algoritmo genetico nel mondo dei suoni.

Musicalmente ci sono più possibilità di interpretazione degli elementi appena descritti, potremmo considerare ad esempio le caratteristiche timbriche di un suono come i geni, i fonemi come cromosomi ed i sintagmi come popolazioni. Le mutazioni potrebbero essere interpretate come casuali cambiamenti nel timbro, filtraggio, o un particolare uso dell'elettronica per l'elaborazione di suoni strumentali.

Il sistema della selezione naturale può essere artisticamente molto interessante per svariati motivi. Innanzi tutto perché permette la creazione di una forma generale che, pur inseguendo un obiettivo definito, può nel corso dell'evoluzione avvicinarsi ed allontanarsi da esso, fino al suo eventuale raggiungimento o magari ad un fallimento inevitabile. Come abbiamo già fatto intendere, in musica un sistema basato su strategie evolutive garantisce un'aleatorietà che affianca le scelte del compositore, arricchendole di una parte imprevedibile e sorprendente.

Inoltre, in base alle scelte che vanno fatte all'impostazione dell'algoritmo, questa strategia dà la possibilità al compositore di controllare alcuni parametri piuttosto che altri: orchestrazione, pitch/frequenze, ritmo, dinamiche, tecniche strumentali, gestione di eventuali parti elettroniche, scelta dei suoni/strumentazione.

Credo che in particolar modo vada approfondito l'elemento della casualità come facente parte del sistema prescelto. Il compositore può decidere di controllare alcuni parametri e di lasciare che il caso scelga le impostazioni di altre caratteristiche, oppure può anche decidere di scegliere solo la funzione di fitness del sistema per vedere con che grado di diversità elementi casuali rispondono ad uno stesso ambiente.

In generale, sistemi algoritmici sono stati utilizzati in musica praticamente da sempre. Facilmente si ricordano le forme di alcune composizioni di Bach (*Suite Francese n.5* o il *Piccolo labirinto armonico*, di non certa provenienza, o ancora i canoni dell'*Offerta Musicale*), che procedono con un incastro così ben articolato da sembrare calcolato in modo matematico. Si potrebbe considerare un sistema di tipo algoritmico anche quello della dodecafonia di Schoenberg e ancora di più della successiva serialità integrale, le cui regole schematizzate andavano a costruire dei sistemi formali incredibilmente rigorosi; ricordiamo autori come Messiaen, Boulez, Stockhausen, i quali lavorarono con funzioni matematiche alle loro composizioni di quegli anni. Xenakis sperimentò metodologie di composizione "stocastica", e pubblicò nel 1956 una teoria in cui spiegava dettagliatamente l'uso del calcolo

delle probabilità per la composizione di alcuni suoi brani (ad esempio *Achorripsis* del 1957). Ovviamente con l'ingresso dell'informatica nel mondo della musica, la composizione algoritmica assunse caratteristiche sempre più evidenti, lo stesso Xenakis fu un pioniere dell'uso di queste tecniche in ambito elettronico, ma va ricordato in modo particolare Pietro Grossi[1], il quale può essere considerato uno dei più importanti compositori tra coloro i quali hanno saputo organizzare il materiale sonoro dei propri brani con l'utilizzo di algoritmi di varie specie.

Dunque quando si iniziarono a studiare gli algoritmi genetici, il mondo musicale aveva già conosciuto da anni l'applicazione della matematica in composizione ed era in particolare in quegli anni molto attento a seguire le novità in campo di ricerca.

Gli esperimenti infatti non tardarono ad arrivare e nei primi anni '90 furono pubblicati i primi articoli in cui si spiegava l'impiego di procedure genetiche in campo musicale.

Una delle prime applicazioni dell'algoritmo in questione, usato come base per la composizione musicale, fu un lavoro portato a termine da Andrew Horner e David Goldberg[2], in cui descrivevano in che modo ci sia la possibilità di generare materiale melodico, partendo da un pattern che può essere scelto dal compositore, oppure in modo randomico.

Il processo algoritmico utilizzato in questo studio è davvero molto semplice e facile da applicare, non è privo comunque di un certo fascino, aprendo la mente a nuove possibilità.

Si tratta di un sistema a sei step, che parte da un pattern melodico iniziale.

Ad esempio:

1.Pattern iniziale: Gb, Bb, F, Ab, Db

2.Eliminazione dell'ultimo elemento: Gb, Bb, F, Ab

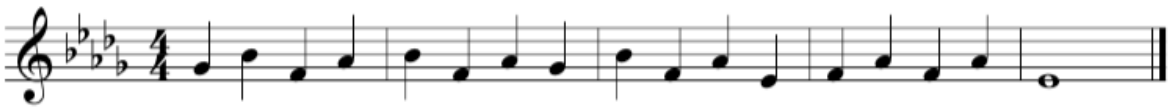
3.Combinazione randomica degli elementi (crossover): Bb, F, Ab, Gb

4.Eliminazione dell'ultimo elemento: Bb, F, Ab

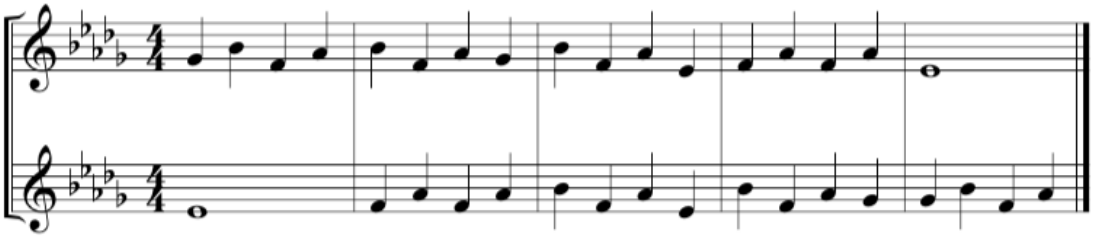
5.Modifica del primo elemento (mutazione): Eb, F, Ab

6.Combinazione randomica degli elementi: F, Ab, Eb

Output: Gb, Bb, F, Ab, Bb, F, Ab, Gb, Bb, F, Ab, Eb, F, Ab, F, Ab, Eb.[3]



Questo è solo un esempio banale e di estrema semplicità, ma già con questo materiale è possibile lavorare per ottenere alcune idee. Ad esempio potremmo rovesciare l'output ed utilizzare questa nuova versione inversa come seconda voce.



Nonostante il risultato sia decisamente deludente da un punto di vista musicale, possiamo immaginare che da questo punto di partenza le combinazioni possibili sono veramente tante e il sistema può essere ben più complicato. Abbiamo in questo caso scelto di lavorare solo ed esclusivamente con l'altezza delle note, dimenticandoci totalmente dell'aspetto ritmico, delle pause, si potrebbero costruire per esempio algoritmi paralleli per andare a controllare tutte le altre caratteristiche. Entriamo quindi in un tipo di approccio compositivo che ricorda molto il modo di procedere della serialità integrale, seguire in pratica una costruzione schematica di procedimenti che vanno a determinare tutte le caratteristiche della composizione e dei singoli elementi sonori.

Nel corso degli anni '90 le ricerche musicali sono andate molto avanti e l'algoritmo genetico è stato utilizzato in modo decisamente più complesso (ed efficace).

Studi come quelli di Bruce L. Jacob[4], Andrew Gartland-Jones[5] e Peter Copley[6] hanno cercato corrispondenze tra questo tipo di procedura e quelli utilizzati nella composizione tradizionale. Questo tipo di approccio nell'utilizzo dell'algoritmo genetico rappresenta uno di quelli che ebbe nel corso degli anni più successo, in pratica si utilizza il sistema per scopi analitici, cercando di trovare una metodologia matematica per "entrare" nell'organizzazione compositiva tipica dell'autore, fino a generare materiale musicale "nello stile di…".

Sono stati creati dei software (ad esempio *Music Box* o una sua successiva versione: *IndagoSonus*) che lavorano molto bene in questo senso, tanto da poter ingannare anche un esperto in materia.

Un'interessante studio è stato condotto da Ryan Mc Intyre ed ha fruttato la creazione del sistema *Bach in a Box*[7]: una particolare procedura che utilizza gli algoritmi genetici per l'armonizzazione di una data melodia.

George Papadopoulos e Geraint Wiggins[8] hanno mostrato la possibilità di generare melodie di lunghezza variabile e con struttura ritmica complessa su una data sequenza di accordi. Si tratta di un sistema che lavora a più step, innanzi tutto si determinano le note utilizzabili in base agli accordi prestabiliti, poi una seconda fase assegna a ciascuna nota scelta diverse durate. In particolare i due ricercatori ponevano la propria attenzione al linguaggio di tipo jazzistico, un campo specifico che aveva già in precedenza interessato i musicisti elettronici, infatti erano già stati prodotti software che elaboravano improvvisazioni jazz, in Italia ad esempio un lavoro di Marco Ligabue e Francesco Giomi[9]. Sempre su questa strada è stato orientato anche lo studio di Al Biles[10], che ha portato alla creazione del software GenJam, un sistema che è stato costantemente rinnovato nel corso degli anni e che aveva come primo obiettivo quello di creare delle improvvisazioni solistiche, generate con l'applicazione di algoritmi genetici, su accordi prestabiliti.

Successivamente i sistemi evolutivi sono stati applicati in modo particolarmente soddisfacente in ricerche che comprendevano anche l'uso di reti neurali[11].

Ancora oggi le ricerche in questo campo non sono terminate e molti musicisti e ricercatori si impegnano per cercare sistemi che funzionino con l'utilizzo di algoritmi genetici ed algoritmi in generale.

Va notato che tutti gli studi citati fino a questo momento riguardano una prassi compositiva tendente perlopiù ad un automatismo del sistema, è molto meno facile trovare compositori che hanno dichiarato l'utilizzo dell'algoritmo per un'applicazione più generale nell'atto compositivo, per così dire "più tradizionale".

Ho deciso dunque di suddividere le possibili strategie compositive basate su sistemi evolutivi in tre macro-categorie, che di seguito andremo ad analizzare.

- *Totalmente automatizzata*: Una volta impostato l'algoritmo, il sistema gestisce l'evoluzione di tutti i parametri. Al compositore spetta solo l'impostazione iniziale dell'algoritmo.
- *Semi-automatizzata*: L'algoritmo gestisce solo alcuni parametri, mentre gli altri sono via via modificati dal compositore in base alle esigenze.
- *Poco automatizzata*: Il compositore si serve del principio della selezione naturale come parametro generale per gestire il livello formale e strutturale del brano.

Possiamo inserire dunque tutti gli studi analizzati fino a questo momento tra le strategie compositive "totalmente automatizzate". Questa metodologia è certamente una delle più

interessanti, in quanto dà la possibilità di interconnettere il campo musicale tradizionale con quello della ricerca informatica.

Andiamo a vedere in che modo è possibile elaborare una strategia compositiva di questo tipo, impostando i parametri evolutivi in modo algoritmico.

Esempio di strategia compositiva *totalmente automatizzata* che utilizza un algoritmo genetico:

-Materiale: Frequenze sinusoidali

-Metodologia: Applicazione di un algoritmo genetico [Funzione di fitness, Eliminazione dei cromosomi deboli, Crossover, Possibile mutazione (non certa)], le scelte necessarie ai processi saranno casuali (automazione).

-Ambiente: Tendenza ad un ambiente sempre più ostile (selezione naturale più marcata di generazione in generazione).

-Obiettivo: Raggiungere una situazione armonica di tutto il sistema (440 Hz I armonica, elemento anodino: 220 Hz).

-Sistema di partenza: 2 popolazioni con tre elementi cromosomici ciascuno.

-Cromosomi assiomatici casuali:

Popolazione A: 200Hz, 100Hz, 40Hz.

Popolazione B: 2500Hz, 720Hz, 86Hz.

-Funzione di fitness: $f(x) = x*y = x+y$ & $x-y$ (Ring Modulation)

SISTEMA

I Generazione

Popolazione A	Popolazione B
200 / 1000 / 40	2500 / 720 / 86
funzione di fitness:	*funzione di fitness:*
200*1000 = 1200 / 800	2500*720 = 3220 / 1780
200*40 = 240 / 160	2500*86 = 2586 / 2414
1000*40 = 1040 / 960	720*86 = 806/ 634

Selezione naturale: Elimino le frequenze più lontane di 100 Hz da: 220, 440, 880, 1320, 1760, 2200, 2640:

~~1200~~ / 800 / 240 / 160 / ~~1040~~ / 960 ~~3220~~ / 1780 / 2586 / ~~2414~~ / 806 / ~~634~~

Crossover genetico (casuale) interno a ciascuna popolazione:

8	00
2	40
1	60
9	60

178	0
258	6
80	6

840 / 200 / 960 / 160 1786 / 2580 / 806

Mutazione: Aggiunta o sottrazione casuale di 20 Hz ad uno dei cromosomi di ciascuna / una / nessuna popolazione:

840 (+20) / 200 / 960 / 160 1786 (-20) / 2580 / 806

= =

860 / 200 / 960 / 160 1766 / 2580 / 806

<u>II Generazione</u>

Popolazione A2: Popolazione B2:

860 / 200 / 960 / 160 1766 / 2580 / 806

funzione di fitness: *funzione di fitness:*

860*200 = 1060 / 660 1766*2580 = 4346 / 814

860*960 = 1820 / 100 1766*806 = 2572 / 960

860*160 = 1020 / 700 2580*806 = 3386 / 1774

200*960 = 1160 / 760

200*160 = 360 / 40

960*160 = 1120 / 800

Selezione naturale: Elimino le frequenze più lontane di 80 Hz da: 220, 440, 880, 1320, 1760, 2200, 2640:

~~1060~~ / ~~660~~ / 1820 / ~~100~~ / ~~1020~~ / ~~700~~ / ~~1160~~ / ~~760~~ / 360 / ~~40~~ / ~~1120~~ / 800

=

1820 / 360 / 800

~~4346~~ / 814 / 2572 / 960 / ~~3386~~ / 1774

=

814 / 2572 / 960 / 1774

Crossover genetico (casuale) interno a ciascuna popolazione:

1 8 2	0
36	0
80	0

8	14
25	72
9	60
17	74

1820 / 360 / 800

872 / 2514 / 974 / 1760

Mutazione: Aggiunta o sottrazione casuale di 20 Hz ad uno dei cromosomi di ciascuna / una / nessuna popolazione:

1820 / 360 (+20) / 800

=

1820 / 380 / 800

872 (+20) / 2514 / 974 / 1760

=

892 / 2514 / 974 / 1760

<u>III Generazione</u>

Popolazione A3:

1820 / 380 / 800

Popolazione B3:

892 / 2514 / 974 / 1760

funzione di fitness:

1820*380 = 2200 / 1440

1820*800 = 2620 / 1020

380*800 = 1180 / 420

funzione di fitness:

892*2514 = 3406 / 1622

892*974 = 1866 / 82

892*1760 = 2652 / 868

2514*974 = 3488 / 1540

2514*1760 = 4274 / 754

974*1760 = 2734 / 786

Selezione naturale: Elimino le frequenze più lontane di 60 Hz da: 220, 440, 880, 1320, 1760, 2200, 2640:

2200 / ~~1440~~ / 2620 / ~~1020~~ / ~~1180~~

=

2200 / 2620

~~3406~~ / ~~1622~~ / ~~1866~~ / ~~82~~ / 2652 / 868

~~3488~~ / ~~1540~~ / ~~4274~~ / ~~754~~ / ~~2734~~ / ~~786~~

=

2652 / 868

Crossover genetico (casuale) interno a ciascuna popolazione:

2	200
2	620

265	2
86	8

2620 / 2200

2658 / 862

Mutazione: Aggiunta o sottrazione casuale di 20 Hz ad uno dei cromosomi di ciascuna / una / nessuna popolazione:

NESSUNA MUTAZIONE

2620 / 2200

2658 / 862

IV Generazione

Popolazione A4:

2620 / 2200

funzione di fitness:

2620*2200 = 4820 / 420

Popolazione B4:

2658 / 862

funzione di fitness:

2658*862 = 3520 / 1796

Selezione naturale: Elimino le frequenze più lontane di 40 Hz da: 220, 440, 880, 1320, 1760, 2200, 2640:

~~4820~~ / 420

~~3520~~ / 1796

1 SOLO CROMOSOMA RIMASTO PER ENTRAMBE LE POPOLAZIONI, IMPOSSIBILE EFFETTUARE IL CROSSOVER TRA CROMOSOMI DIVERSI.

Mutazione: Aggiunta o sottrazione casuale di 20 Hz ad uno dei cromosomi di ciascuna / una / nessuna popolazione:

420 (-20) = 400

1796 (-20) = 1776

V Generazione

Popolazione A5:

400

Popolazione B5:

1776

FUNZIONE DI FITNESS IMPOSSIBILE DA EFFETTUARE.

Selezione naturale: Elimino le frequenze più lontane di 20 Hz da: 220, 440, 880, 1320, 1760, 2200, 2640:

~~400~~

1776

CROSSOVER IMPOSSIBILE DA EFFETTUARE.

Mutazione: Aggiunta o sottrazione casuale di 20 Hz ad uno dei cromosomi di ciascuna / una / nessuna popolazione:

1776 (-20) = 1756

VI Generazione

Popolazione A:

Estinta

Popolazione B5:

1756

FUNZIONE DI FITNESS IMPOSSIBILE DA EFFETTUARE.

Selezione naturale: Elimino le frequenze più lontane di 10 Hz da: 220, 440, 880, 1320, 1760, 2200, 2640:

1756

CROSSOVER IMPOSSIBILE DA EFFETTUARE.

Mutazione: Aggiunta o sottrazione casuale di 20 Hz ad uno dei cromosomi di ciascuna / una / nessuna popolazione:

NESSUNA MUTAZIONE

VII Generazione

Popolazione B7:

1756

FUNZIONE DI FITNESS IMPOSSIBILE DA EFFETTUARE.

Selezione naturale: Elimino le frequenze più lontane di 0 Hz da: 220, 440, 880, 1320, 1760, 2200, 2640:

~~1756~~

ESTINZIONE GLOBALE

OBIETTIVO NON RAGGIUNTO

In questo caso la storia evolutiva impostata non ha raggiunto l'obiettivo prefissato, questo risultato era in realtà in parte prevedibile, l'ambiente diventava di generazione in generazione sempre più selettivo e questo ha portato inevitabilmente ad un crollo degli elementi presenti nelle popolazioni. Ovviamente se le frequenze utilizzate fossero state diverse, nessuno esclude che ci sarebbe stata la possibilità di un raggiungimento dell'obiettivo e questo è probabilmente l'aspetto più interessante della questione.

Un'altra possibilità che avrei potuto mettere in atto nell'impostazione dell'algoritmo è di evitare che la selezione naturale restringesse sempre maggiormente il numero di elementi. Avrei potuto fermarmi all'eliminazione di frequenze più lontane di 100 Hz dalle armoniche di 440 Hz in ogni generazione prodotta. Questo avrebbe senza dubbio prolungato in modo esponenziale la durata dell'evoluzione, ma non sappiamo se e soprattutto dopo quanto tempo si sarebbe raggiunto l'obiettivo prefissato.

In ogni caso questo era solo un esempio per mostrare in che modo l'algoritmo genetico può facilmente controllare in modo completamente automatico dei parametri. Per l'esecuzione dell'esempio appena descritto, ho utilizzato Csound ed ovviamente ho dovuto impostare anche una scansione ben precisa delle durate temporali.

```
1  <CsoundSynthesizer>
2  <CsOptions>
3  </CsOptions>
4  <CsInstruments>
5
6  sr = 44100
7  kr = 4410
8  ksmps = 10
9  nchnls = 1
10 0dbfs = 1
11
12 instr 1
13 kenv linen .1, 2, p3, 2 ;inviluppo trapezoidale: ampiezza
   0.1, tempo di attacco: 2 sec.; tempo sustain: p3; tempo di
   decay: 2 sec.
14 a1 oscili kenv, p4, 1 ;oscillatore
15 out a1  ;output
16 endin
17
```

Impostazioni Orchestra

```
19 </CsInstruments>
20 <CsScore>
21 ;SELEZIONE NATURALE DELLE FREQUENZE
22 ;Obiettivo: Ottenere una generazione con Frequenze Armoniche di 440 Hz
   (compreso f/2) che non superino i 2660 Hz
23 f1 0 4096 10 1
24
25 |
26 ;I GENERAZIONE:
27 ;Popolazione A: Geni: 200Hz, 1000Hz, 40Hz
28 ;Popolazione B: Geni: 2500Hz, 720Hz, 86Hz
29 i1 0 7 200
30 i1 0 7 100
31 i1 0 7 40
32 i1 0 7 2500
33 i1 0 7 720
34 i1 0 7 86
35
36 ;Applico la Ring Modulation tra le frequenze (Funzione di fitness) ed elimino
   quelle lontane più di 100 Hz dall'obiettivo stabilito
37 ;Popolazione A dopo funzione di fitness:
38 i1 5 7 1200
39 i1 5 12 800 ;si salva
40 i1 5 12 240 ;si salva
41 i1 5 12 160 ;si salva
42 i1 5 7 1040
43 i1 5 12 960 ;si salva
44
45 ;Popolazione B dopo funzione di fitness:
46 i1 5 7 3220
47 i1 5 12 1780 ;si salva
48 i1 5 12 2586 ;si salva
49 i1 5 7 2414
50 i1 5 12 806 ;si salva
51 i1 5 7 634
```

I Generazione: parte 1

```
53 ;Crossover casuale all'interno dei cromosomi
54 ;Popolazione A:
55 i1 15 5 840 ;subisce mutazione
56 i1 15 10 200
57 i1 15 10 960
58 i1 15 10 160
59
60 ;Popolazione B:
61 i1 15 5 1786 ;subisce mutazione
62 i1 15 10 2580
63 i1 15 10 806
64
65 ;Mutazione genetica casuale:
66 i1 18 7 860 ;(840+20)
67 i1 18 7 1766 ;(1786-20)
```

I Generazione: parte 2

```
70 ;II Generazione:
71 ;Popolazione A2: Geni: 860Hz, 200Hz, 960Hz, 160Hz
72 ;Popolazione B2: Geni: 1766Hz, 2580Hz, 806Hz
73
74 ;Applico la Ring Modulation tra le frequenze (Funzione di
   fitness) ed elimino quelle lontane più di 80 Hz
   dall'obiettivo stabilito
75 ;Popolazione A2 dopo funzione di fitness:
76 i1 23 7 1060
77 i1 23 7 660
78 i1 23 12 1820 ;si salva
79 i1 23 7 100
80 i1 23 7 1020
81 i1 23 7 700
82 i1 23 7 1160
83 i1 23 7 760
84 i1 23 12 360 ;si salva
85 i1 23 7 40
86 i1 23 7 1120
87 i1 23 12 800 ;si salva
88
89 ;Popolazione B2 dopo la funzione di fitness:
90 i1 23 7 4346
91 i1 23 12 814 ;si salva
92 i1 23 12 2572 ;si salva
93 i1 23 12 960 ;si salva
94 i1 23 7 3386
95 i1 23 12 1774 ;si salva
```

II Generazione: parte 1

```
 97 ;Crossover casuale all'interno dei cromosomi
 98 ;Popolazione A2:
 99 i1 33 10 1820
100 i1 33 5 360 ;subisce mutazione
101 i1 33 10 800
102
103 ;Popolazione B2:
104 i1 33 5 872 ;subisce mutazione
105 i1 33 10 2514
106 i1 33 10 974
107 i1 33 10 1760
108
109 ;Mutazione genetica casuale
110 i1 36 7 380 ;(360+20)
111 i1 36 7 892 ;(872+20)
```

II Generazione: parte 2

```
114 ;III Generazione
115 ;Popolazione A3: Geni: 1820Hz, 380Hz, 800Hz
116 ;Popolazione B3: Geni:  892Hz, 2514Hz, 974Hz, 1760Hz
117
118 ;Applico la Ring Modulation tra le frequenze (Funzione di
    fitness) ed elimino quelle lontane più di 60 Hz
    dall'obiettivo stabilito
119 ;Popolazione A3 dopo funzione di fitness:
120 i1 41 12 2200 ;si salva
121 i1 41 7 1440
122 i1 41 12 2620 ;si salva
123 i1 41 7 1020
124 i1 41 7 1180
125
126 ;Popolazione B3 dopo funzione di fitness:
127 i1 41 7 3406
128 i1 41 7 1622
129 i1 41 7 1866
130 i1 41 7 82
131 i1 41 12 2652 ;si salva
132 i1 41 12 868 ;si salva
133 i1 41 7 3488
134 i1 41 7 1540
135 i1 41 7 4274
136 i1 41 7 754
137 i1 41 7 2734
138 i1 41 7 786
139
140 ;Crossover casuale all'interno dei cromosomi
141 ;Popolazione A3:
142 i1 51 10 2620
143 i1 51 10 2200
144
145 ;Popolazione B3:
146 i1 51 10 2658
147 i1 51 10 862
148
149 ;NESSUNA MUTAZIONE
```

III Generazione

```
151 ;IV Generazione
152 ;Popolazione A4: Geni: 2620Hz; 2200Hz
153 ;Popolazione B4: Geni: 2658Hz; 862Hz
154
155 ;Applico la Ring Modulation tra le frequenze (Funzione di
    fitness) ed elimino quelle lontane più di 40 Hz
    dall'obiettivo stabilito
156 ;Popolazione A4 dopo funzione di fitness:
157 i1 59 7 4820
158 i1 59 17 420 ;si salva
159
160 ;Popolazione B4 dopo funzione di fitness:
161 i1 59 7 3520
162 i1 59 17 1796 ;si salva
163
164 ;IMPOSSIBILE APPLICARE il CROSSOVER
165
166 ;Mutazione genetica casuale
167 i1 74 5 400 ;(420-20)
168 i1 74 5 1776 ;(1796-20)
```

IV Generazione

```
171 ;V GENERAZIONE:
172 ;Popolazione A5: Geni: 400HZ
173 ;Popolazione B5: Geni: 1776HZ
174
175 ;FUNZIONE DI FITNESS IMPOSSIBILE DA EFFETTUARE
176
177 ;Selezione naturale: Elimino le frequenze più lontane di 20
    Hz da: 220, 440, 880, 1320, 1760, 2200, 2640:
178 i1 77 7 400
179 i1 77 17 1776 ;si salva
180
181 ;IMPOSSIBILE APPLICARE IL CROSSOVER
182
183 ;Mutazione genetica casuale
184 i1 87 5 1756 ;(1776-20)
185
186
187 ;VI GENERAZIONE
188 ;Popolazione A: ESTINTA
189 ;Popolazione B6: Geni: 1756Hz
190
191 ;FUNZIONE DI FITNESS IMPOSSIBILE DA EFFETTUARE
192
193 ;Selezione naturale: Elimino le frequenze più lontane di 10
    Hz da: 220, 440, 880, 1320, 1760, 2200, 2640:
194 i1 91 17 1756 ;si salva
195
196 ;IMPOSSIBILE APPLICARE IL CROSSOVER
197
198 ;Mutazione genetica casuale
199 ;NESSUNA MUTAZIONE
200
```

V e VI Generazione

```
202 ;VII GENERAZIONE
203 ;Popolazione B7: 1756Hz
204
205 ;FUNZIONE DI FITNESS IMPOSSIBILE DA EFFETTUARE
206
207 ;Selezione naturale: Elimino le frequenze più lontane di 0
    Hz da: 220, 440, 880, 1320, 1760, 2200, 2640:
208 i1 106 7 1756
209
210 ;ESTINZIONE GLOBALE
211 ;OBIETTIVO NON RAGGIUNTO
```

VII Generazione

Come si può notare ho utilizzato questo sistema di durate: la prima esecuzione delle frequenze dura 7 sec., i nuovi elementi creatisi dopo la funzione di fitness hanno una durata di 7 sec. nel caso di eliminazione, di 12 sec. nel caso si salvino. Dopo il crossover le frequenze hanno una durata di 10 sec., quelle che subiscono mutazione genetica vengono presentate in 5 sec. prima della mutazione ed altri 5 sec. dopo di essa.

I parametri da controllare in questo piccolo esempio sono davvero pochi, trattandosi di semplici frequenze sinusoidali, ma si può ben immaginare come il sistema possa diventare decisamente più complesso nel caso si inizi a mettere in gioco anche l'aspetto timbrico del suono.

La strategia compositiva *Semi-automatizzata* è una forma più libera, il compositore lascia gestire all'algoritmo solo uno o alcuni parametri. Prendendo come punto di riferimento l'esempio precedente, è molto facile trasformarlo in un esempio di strategia semi-automatizzata semplicemente decidendo frequenza per frequenza una durata adatta a quella che è l'idea compositiva, senza dover seguire uno schema ben stabilito. In questo modo lasceremo che l'algoritmo si occupi della successione delle frequenze, ma spetterà a noi occuparci della scelta delle durate, indipendentemente dal sistema. Oppure potremmo scegliere a priori le frequenze di cui ci interessa costruire l'evoluzione e non lasciare al caso nemmeno l'azione del crossover e delle mutazioni.

Insomma questa possibilità mette il compositore in una posizione più attiva nel contesto algoritmico, potremmo dire che esso stesso fa parte dell'algoritmo impostato.

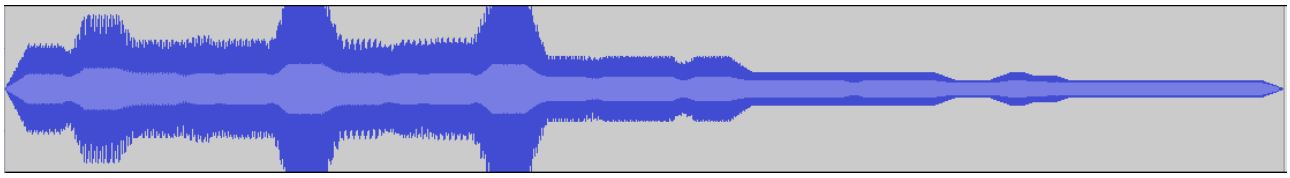
Infine abbiamo la strategia più libera delle tre che ho voluto caratterizzare, quella *Poco Automatizzata*.

Si rientra in questo caso in una forma ancora più libera e che vede le scelte del compositore centrali e più importanti rispetto all'andamento dell'algoritmo. Si tratta di una strategia che potremmo definire più "tradizionale", in quanto evita che il calcolo matematico sia alla base della composizione stessa. Ovviamente non si tratta di una strategia meno efficace, bensì differente rispetto alle altre due e che trae dall'algoritmo solo ciò che risulta maggiormente interessante agli occhi del compositore.

Ci sono tantissime possibilità di utilizzo dell'algoritmo genetico attraverso questa strategia, che tra l'altro è quella che ho io utilizzato per la composizione di "Sotto le Acque di Toba".

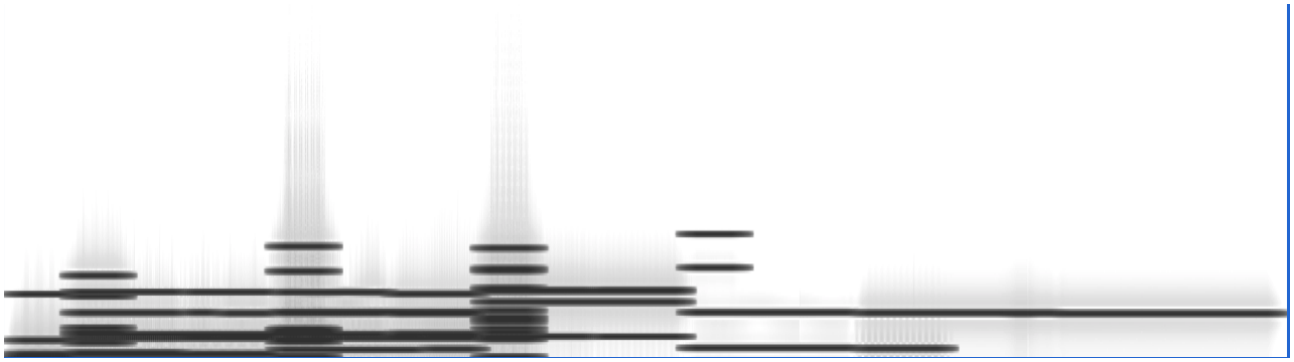
Per essere coerenti con l'argomentazione trattata fino a questo punto, andiamo a vedere come è possibile generalizzare l'esempio precedente, per trarne alcune caratteristiche utili a questo tipo di strategia compositiva.

Andiamo ad analizzare l'andamento generale dell'esempio, la sua forma e struttura. Per ogni Generazione avviene innanzitutto un incremento di densità, dovuto alla funzione di fitness da noi impostata, e poi successivamente un calo evidente, dovuto alla selezione naturale. Questa è la struttura interna ad ogni Generazione, se guardiamo tutta la forma esteriormente notiamo che c'è un assottigliarsi di questo andamento, fino alla totale scomparsa di struttura. Questo materiale è decisamente interessante e potrebbe essere utile per costruire una composizione che trae solo spunto dall'andamento di questo esempio, senza costringerci a seguirne le impostazioni.



Rappresentazione audiovisiva dell'esempio

In questo caso abbiamo analizzato l'andamento generale della caratteristica di densità del nostro esempio, vediamo cosa succede se decidiamo di utilizzare l'aspetto frequentiate generale.

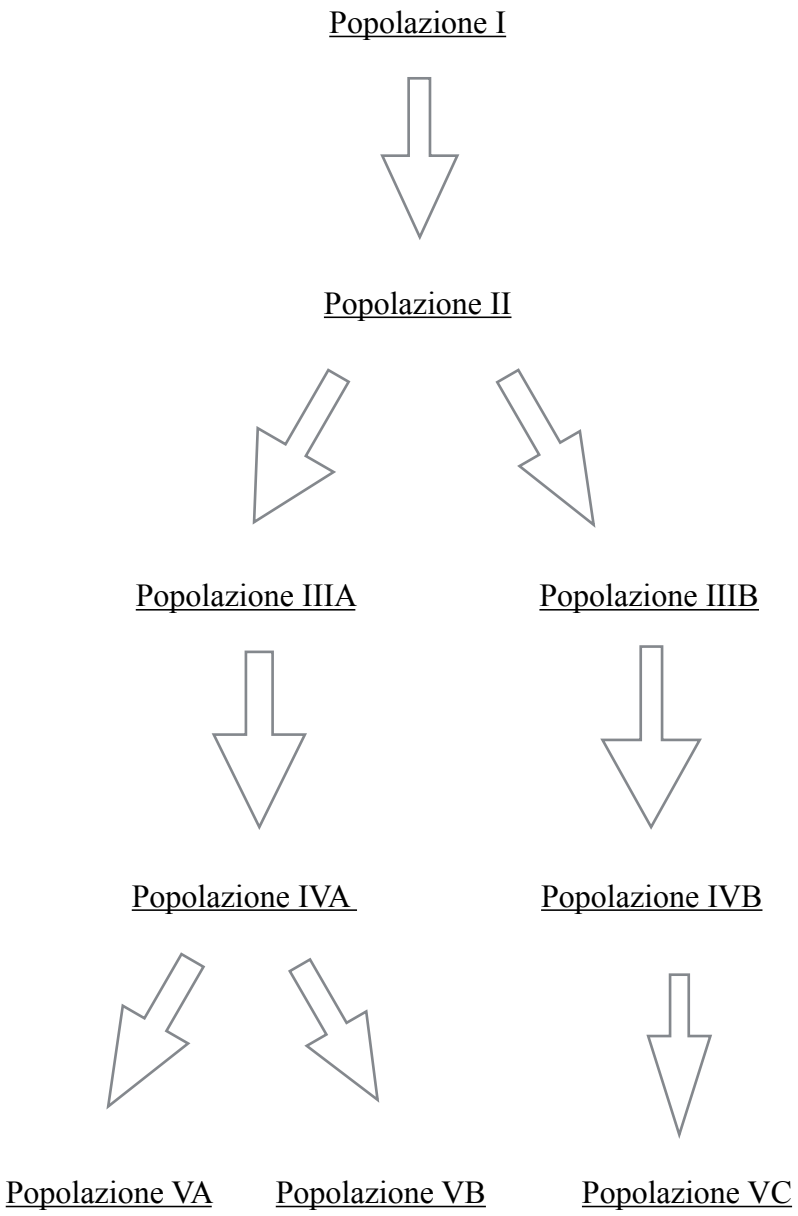


Spettrogramma esempio

Seguendo l'andamento dello spettrogramma, il compositore potrebbe decidere di impostare il proprio lavoro con un'idea frequenziale simile, senza preoccuparsi delle impostazioni dell'algoritmo da cui esse derivano.

Ci sono tantissime possibilità di applicare dunque un sistema evolutivo come punto di partenza per la propria composizione. L'aspetto che ritengo più interessante è quello formale e strutturale che l'algoritmo ci suggerisce. Il sistema ci consente di creare una storia evolutiva sonora e schematizzare il tutto potrebbe aiutare ad una visione generale della forma.

Di seguito riporto un esempio che può essere utile a comprendere come poter impostare uno schema formale con caratteristiche evolutive.



Esempio 2

Questo è un esempio molto semplice di una possibile struttura per una composizione che si sviluppa in modo evolutivo, da una Popolazione si passa ad un'altra, che sarà in qualche modo evoluta rispetto alla precedente, ma che ne manterrà alcune caratteristiche genetiche.

Abbiamo la possibilità di sviluppare il suono nella maniera che più ci aggrada, è una forma in evoluzione che ha come punto centrale il concetto di *derivazione*: tutto deriva dalla Popolazione I, è una sorta di Eva mitocondriale che darà il via alla storia sonora evolutiva.

Andiamo ad analizzare lo schema appena riportato: la Popolazione I è il nostro punto di partenza, con una composizione cromosomica che ben la contraddistingue, avviene a questo punto l'evoluzione con tutti i passaggi che abbiamo descritto in precedenza (funzione di

fitness, selezione naturale, crossover, mutazione) e si passa dunque ad una nuova Generazione che è formata dalla Popolazione II.

Da questa si dirameranno due Popolazioni, la IIIA e la IIIB. Questo passaggio è particolarmente importante perché ci dà la possibilità di costruire due storie evolutive che hanno stessa derivazione, ma procedono in modo parallelo e differente. Questo aspetto è interessante perché ci consente di sviluppare più processi contemporaneamente.

Queste due popolazioni si evolveranno in Popolazione IVA e Popolazione IVB. A questo punto ancora una volta avviene un processo di *scissione*, quindi dalla Popolazione IVA deriveranno la Popolazione VA e la Popolazione VB, mentre dalla Popolazione IV deriverà la Popolazione VC, come si può notare a questo punto è possibile sviluppare contemporaneamente addirittura tre diversi processi, che si caratterizzeranno in modo individuale pur avendo una derivazione identica.

Nel prossimo capitolo andrò a spiegare in che modo è possibile andare ad arricchire questo tipo di strategia compositiva, ad esempio approfondendo l'aspetto della scissione, in modo tale da ottenere una soddisfacente base formale e strutturale che rappresenterà lo schema portante per la composizione.

1.http://www.pietrogrossi.org (Informazioni relative a Pietro Grossi, consultato in marzo 2017)

2.A.Horner / D.E. Goldberg, *Genetic algorithms and computer-assisted music composition* (dagli atti del 1991 International Computer Music Conference), International Computer Music Association, San Francisco, 1991.

3.Esempio tratto da: Gerhard Nierhaus, *Algorithmic Composition*, Springer-Verlag, Wien, 2009.

4.B.L. Jacob, *Composing with genetic algorithms*, (in: Proceedings of the 1994 International Computer Music Conference), International Computer Music Association, San Francisco, 1994.

5.A. Gartland-Jones, *Can a genetic algorithm think like a composer?* (dagli atti del 5th Internetional Conference on Generative Art) Politecnico di Milano, 2002.

6.A. Gartland-Jones / P. Copley, *The suitability of genetic algorithms for musical composition*, Contemporary Music Review, 2003.

7.R. A. Mc Intyre, Bach in a Box: the evolution of four part Baroque harmony using the genetic algorithm. (dagli atti della prima IEEE Conference on Evolutionary Computation, Orlando, Florida), 1994.

8.G. Papadopoulos / G. Wiggins, A genetic algorithm for the generation of jazz melodies, STeP98, Jyväskylä, Finlandia, 1998.

9.F. Giomi, M. Ligabue, *Software di generazione e studio di musica jazz : versione 1.0*, Pisa : CNUCE, 1988.

10.J. A. Biles, *GenJam: a genetic algorithm for generating jazz solos* (dagli atti del 1994 International Computer Music Conference), International Computer Music Association, San Francisco, 1994.

11.J.A. Biles, P.G. Anderson, L.W. Loggi, *A neural network fitness function for a musical IGA*, (dagli atti del primo International ICSC symposium on intelligent industrial automation and soft computing), Millet, Alberta, 1996.

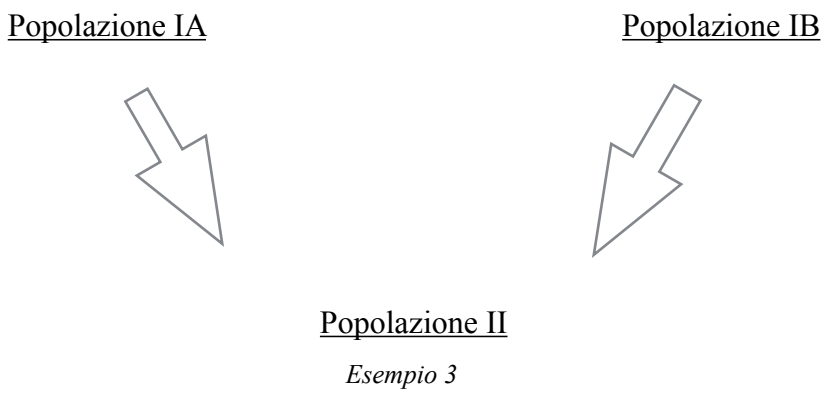
Ampliare il sistema algoritmico

Riflettendo su come adoperare il sistema evolutivo nella miglior maniera, ho trovato dei metodi che permettono di ampliare l'algoritmo genetico e di complicarne la struttura. Una forma complessa e ben caratterizzata è ciò di cui avevo bisogno per poter utilizzare il sistema con la metodologia *Poco Automatizzata*.

Abbiamo già accennato a come sia possibile ad esempio inserire nel percorso di evoluzione il fenomeno della scissione, che io preferisco chiamare *Dislocazione Geografica.*

Questo avvenimento trae spunto dalla deriva dei continenti, mi sembrava un'ottima soluzione per costruire una base formale che mi desse la possibilità di separare dei processi e di farli evolvere in modo individuale, pur rimanendo paralleli.

Potrebbe essere interessante anche partire da due Popolazioni diverse, che hanno caratteristiche cromosomiche opposte magari, ma successivamente grazie ad un *Ricongiungimento Geografico*, potrebbero iniziare a seguire una singola funzione di fitness ed in questo modo lentamente sviluppare nuove caratteristiche perdendo quelle che le rendevano differenti l'una dall'altra.



Esempio 3

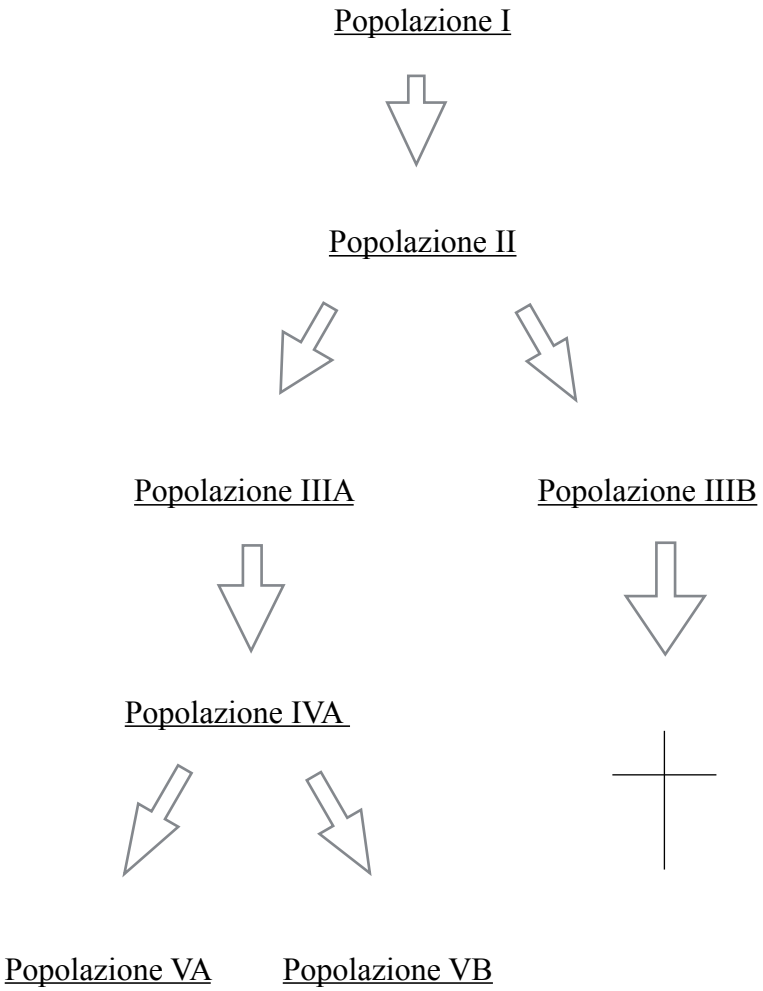
Possiamo creare un esempio che faccia al caso nostro. La Popolazione IA potrebbe essere caratterizzata da cromosomi sonori di tipo rumoroso, la Popolazione IB invece ha caratteristiche genetiche armoniche. Cosa succederà nella Popolazione II? Il compositore ha la possibilità di scegliere liberamente quale delle due popolazioni iniziali possiede un corredo genetico maggiormente adatto all'ambiente creato e di conseguenza in che modo la Popolazione II si individualizzerà dopo aver unito dei cromosomi completamente differenti.

La dislocazione geografica (ed il ricongiungimento) arricchisce e complica il sistema tanto da poter decidere di semplificarne la forma. Un'evoluzione sonora formata dal solo esempio 3, sarebbe già sufficientemente ricca per impostare un'intera composizione.

Oltre a questa possibilità ho pensato anche di introdurre nel sistema il fenomeno delle *Estinzioni di Massa.* Questa possibilità aiuta il compositore a far avvenire cambiamenti repentini, evitando in questo modo che il processo evolutivo si cristallizzi, rischiando in qualche modo una ripetitività strutturale. Le estinzioni di massa consentono di dare un taglio netto ad alcuni elementi del sistema, pregiudicandone la continuità nel tempo. In questo modo si avrà una modifica del piano evolutivo che con tutta probabilità porterà a condizioni totalmente nuove nell'ambiente sonoro creato.

Il compositore può liberamente scegliere il *grado di estinzione*, ovvero in che percentuale gli elementi debbano avvicinarsi alla totale estinzione.

Andiamo a vedere in che modo inserire questo nuovo fenomeno nel nostro schema evolutivo modificando l'esempio 2.



Esempio 4

L'esempio 4 mostra chiaramente che la popolazione IIIB subisce un brusco arresto con inevitabile estinzione, in questo caso abbiamo applicato un grado di estinzione del 50%, in quanto erano presenti al momento dell'estinzione due popolazioni, di cui una si è salvata e l'altra è andata perduta.

Sia le dislocazioni geografiche che le estinzioni di massa dunque aiutano ad ampliare il sistema evolutivo utilizzato, arricchendo visibilmente la complessità della forma generale, ma bisogna prestare attenzione a non eccedere con questi due fenomeni, i quali devono essere utilizzati con parsimonia, evitando così il rischio di snaturare l'evoluzione e surclassare completamente l'algoritmo genetico che era stato prefissato alla base dell'idea compositiva.

In generale ritengo sia saggio creare una forma generale del brano essenziale e che colga in modo semplice e preciso i passaggi fondamentali della composizione, successivamente è possibile andare a schematizzare anche la struttura interna ad ogni popolazione, aumentando il grado di controllo sul materiale sonoro.

Una volta stabilita la forma dunque, passiamo a stabilire il livello strutturale di ogni singola popolazione. Come abbiamo già visto in precedenza, una popolazione è formata secondo l'algoritmo genetico da un assetto cromosomico di elementi sonori. Potremmo decidere eventualmente di complicare il tutto ponendo all'interno di un'unica popolazione due diversi gruppi di cromosomici, che hanno comunque la possibilità di applicare il crossover tra di loro. A questo punto si aggiunge un ulteriore tassello al nostro sistema, si entra sempre più in profondità nell'organizzazione del materiale, non solo possiamo sviluppare processi paralleli, bensì è possibile anche organizzare l'assetto cromosomico iniziale in modo tale da differenziare i suoni già all'interno di un'unica popolazione.

Ovviamente queste sono solo alcune opzioni utilizzabili, il ricercare altre soluzioni è molto stimolante, ma bisogna prestare attenzione a non eliminare completamente il concetto principale di selezione naturale.

PARTE II

Sotto le acque di Toba

Creazione di una storia evolutiva

Fino a questo punto ho introdotto le varie possibilità che il compositore può utilizzare nella creazione della sua struttura sonora, di seguito andrò a spiegare come ho io pensato la forma generale della mia composizione.

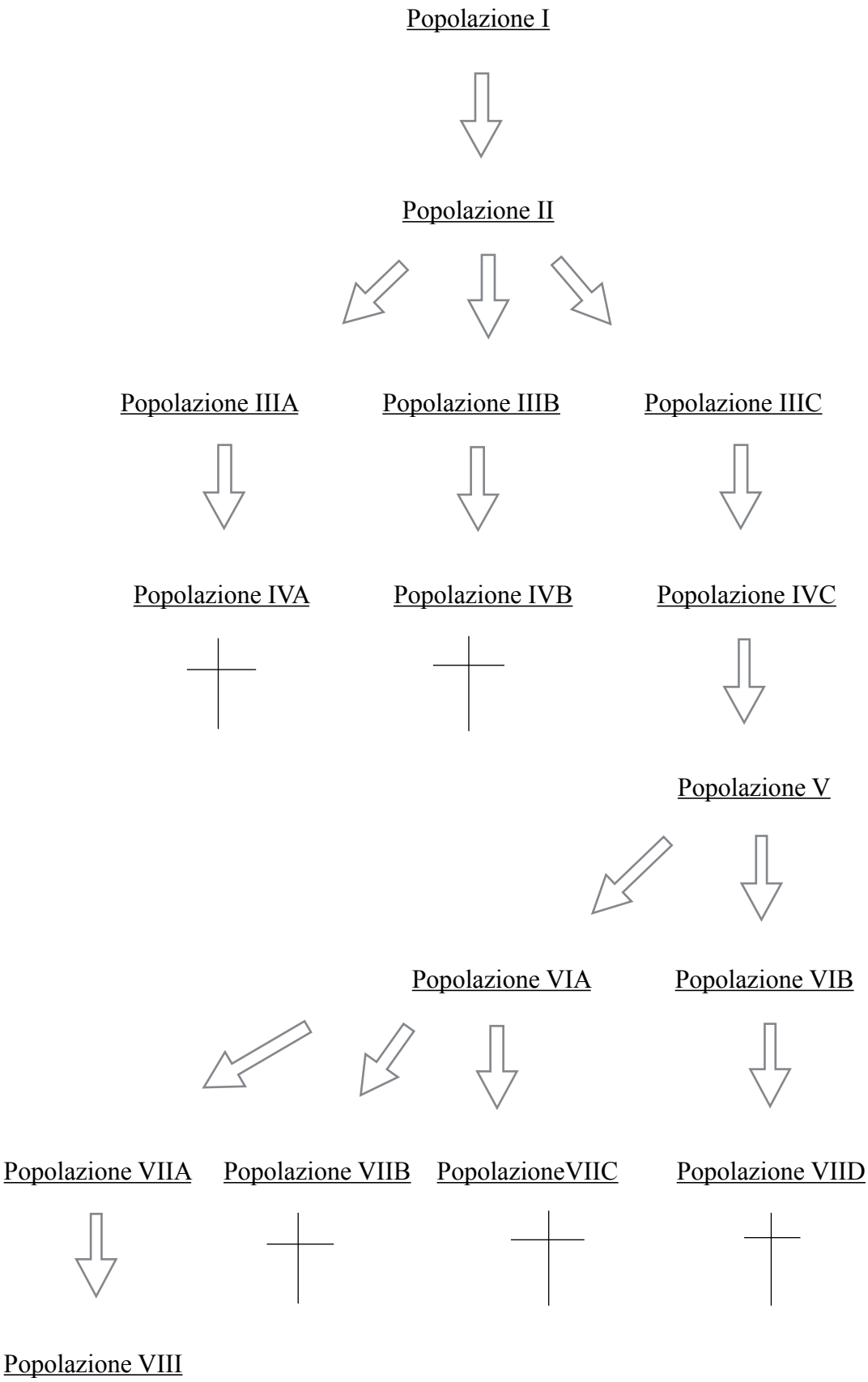
Innanzi tutto vorrei spiegare il motivo del titolo "Sotto le acque di Toba". Durante le mie ricerche a riguardo dell'evoluzione nel senso più ampio del termine, mi sono imbattuto nella teoria dell'Eva mitocondriale e dell'Adamo cromosomiale[1].

Per questa teoria ha una particolare importanza quello che si definisce come "collo di bottiglia", ovvero una vera e propria estinzione che diminuisce drasticamente il numero di elementi all'interno di una popolazione a causa di un evento inaspettato nella selezione, ad esempio catastrofi naturali, epidemie, persecuzioni. A causa di questo evento, all'interno della popolazione potrebbe salvarsi un solo tipo di corredo genetico, che diventerà quindi l'unica specie presente in futuro. Circa 75000 anni fa una catastrofe naturale, l'esplosione del supervulcano presente sotto le acque del lago Toba[2], causò un grave abbassamento delle temperature, di conseguenza possiamo affermare che causò un vero e proprio collo di bottiglia evolutivo per la specie umana. In altri termini secondo questa teoria, l'eruzione del vulcano del lago di Toba è la causa della scarsa variabilità genetica della nostra specie ed ha causato l'estinzione dell'Homo Erectus per la definitiva affermazione dell'Homo sapiens[3]. Ho trovato delle analogie tra questa teoria e la forma della mia composizione, così mi piaceva l'idea di ricordare in qualche modo nel titolo questa possibile storia evolutiva della specie umana.

Ritorniamo un attimo a parlare del collo di bottiglia e del modo in cui esso agisce. Traslato da un punto di vista musicale, si tratta dello stesso fenomeno che io ho identificato con il nome generico di "estinzione di massa" ed allo stesso modo ci permette di personalizzare il processo evolutivo e di favorire un determinato elemento alle spese di un altro.

Dopo aver raccolto le informazioni che mi interessavano riguardo algoritmo genetico, processi evolutivi e quant'altro, ho iniziato a progettare la mia personale storia evolutiva sonora, dopo averne già sperimentato una elettroacustica[4].

Innanzitutto ho schematizzato la forma generale del brano, progettando l'andamento evolutivo delle popolazioni.



Forma evolutiva di Sotto le acque di Toba

Questo schema è stato fondamentale per la costruzione delle parti strumentali e si è formato di pari passo con l'idea più strettamente musicale.

Successivamente andrò a spiegare in che modo ho trasportato questo semplice processo evolutivo nel mondo sonoro che avevo in mente. Prima di mettere mano all'aspetto acustico però, ho voluto semplificare l'intero schema in fasi, diciamo una forma ridotta dell'evoluzione, che però segnalasse in modo preciso cosa avviene nella composizione.

1. Prima evoluzione
2. Dislocazione Geografica
3. Seconda evoluzione
4. II Dislocazione
5. Terza evoluzione
6. I Estinzione di massa
7. Quarta evoluzione
8. II Estinzione di massa (collo di bottiglia)

Questo breve elenco è stato molto utile a gestire le tempistiche di ciascuna parte ed a decidere in che modo far andare avanti alcune dinamiche strumentali. Una forma ancora più semplificata ci mette di fronte a quella che possiamo definire la vera forma musicale del brano.

INIZIO —— SVILUPPO —— EVENTO —— CRESCENDO —— FINE

Le fasi hanno durata molto differente, ma l'intero brano si può facilmente riassumere in queste cinque parti fondamentali. L' "Evento" di cui si parla è per la precisione la I Estinzione presentata nel brano, che avrà un ruolo fondamentale nel complesso strutturale in quanto preparerà il crescendo finale.

Questa fase di strutturazione è probabilmente la più importante per la composizione, in quanto successivamente si farà sempre riferimento allo schema creato, tuttavia bisogna prestare attenzione a non eccedere nel "fidarsi" di questa forma. Il compositore deve essere consapevole che in ogni fase del lavoro ha la possibilità di risistemare una precedente

organizzazione del materiale, oppure eventualmente ignorare dei passaggi che durante l'orchestrazione risulteranno eventualmente inutili o fuori luogo.

1. La teoria suppone che tutti gli esseri umani abbiano una discendenza femminile derivante da un unico antenato: l'Eva Mitocondriale. L'Adamo cromosomiale è invece l'ultimo antenato dal quale gli esseri umani discendono in linea paterna. *http://www.talkorigins.org/faqs/homs/mitoeve.html* (consultato ad agosto 2017); *https://it.wikipedia.org/wiki/Eva_mitocondriale* (consultato al 1/09/2017).

2. *https://it.wikipedia.org/wiki/Teoria_della_catastrofe_di_Toba* (consultato ad agosto 2017).

3. *http://www.ilpost.it/2011/06/28/perche-ce-solo-una-specie-di-esseri-umani/2/* (consultato ad agosto 2017).

4. vedi nota 5, pag.4

Orchestrazione e spazializzazione

Dopo aver impostato lo schema evolutivo ed aver intuito quale potesse essere la forma generale del brano, ho proseguito il lavoro entrando più nello specifico aspetto musicale.

Per prima cosa ho dovuto approfondire maggiormente la struttura delle popolazioni e cercare soluzioni sonore adatte all'andamento evolutivo che avevo formulato. Il problema principale era costituito dalla tipologia di suoni: strumentali, elettronici, concreti,…?

Ho deciso di sperimentare l'applicazione dello schema ad un brano per ensemble strumentale e live electronics ed in particolare ho optato per un gruppo di fiati.

Credo che gli strumenti a fiato siano particolarmente indicati per l'esecuzione di un brano strutturato in questo modo, soprattutto in quanto mi danno la possibilità di gestire lo spazio sonoro in modo malleabile.

Il brano è stato strutturato appositamente pensando all'esecuzione nella Sala del Buonumore del conservatorio Cherubini di Firenze, questo ovviamente non ne limita l'eseguibilità anche in altre sale, purchè ovviamente si adattino alcuni dinamismi.

L'ensemble di fiati è costituito da:

- 2 Flauti
- 2 Clarinetti
- 2 Oboi
- Corno
- Clarinetto basso
- Sax Tenore
- Fagotto

Si tratta di un gruppo strumentale variegato che mi dà possibilità di sviluppi sonori interessanti e di morphing strumentali che bene rientrano nell'idea di evoluzione sonora che mi sono posto come obiettivo.

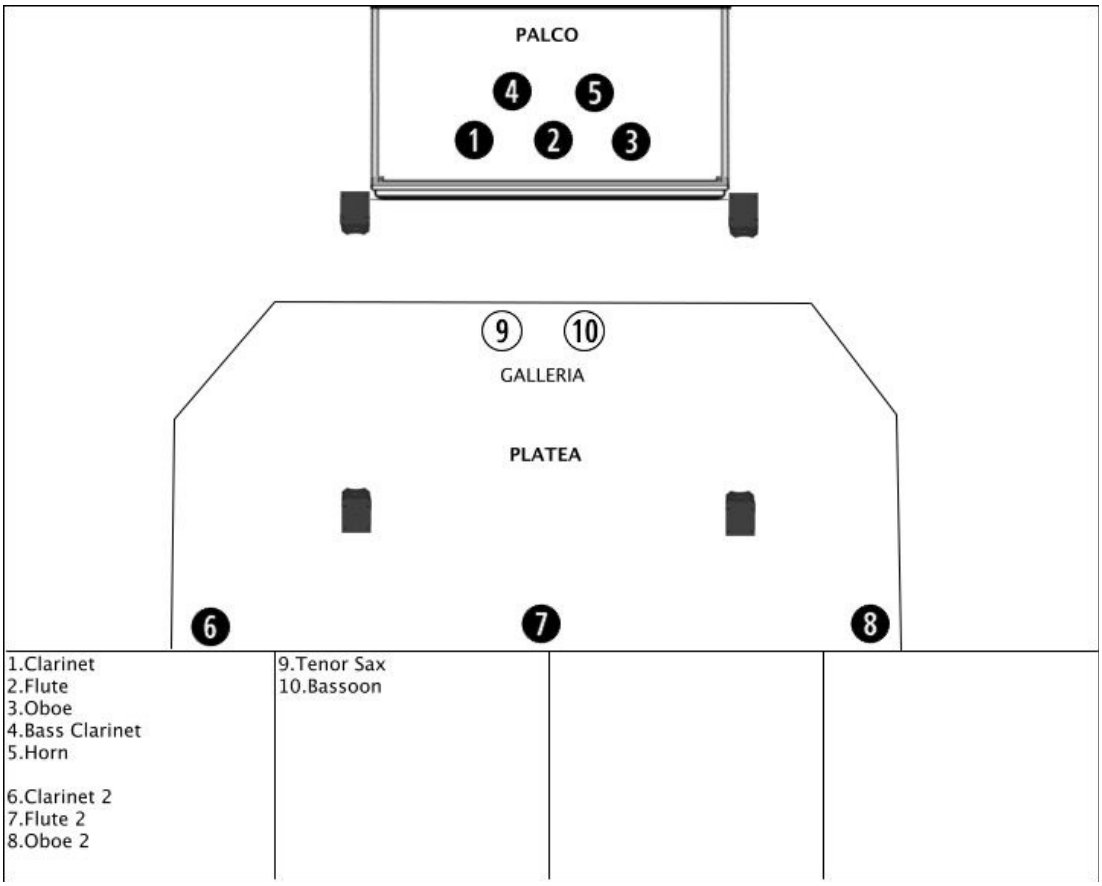
L'orchestrazione del brano è stata dunque fatta in funzione dello spazio acustico pensato, la spazialità assume quindi un ruolo fondamentale nel corso dell'evoluzione; ho deciso dunque di dare un ruolo non solamente strutturale ai fenomeni di Dislocazione Geografica, bensì assumono una funzione insita nell'esecuzione attraverso una spazializzazione strumentale.

Gli strumentisti sono dunque disposti in tutta la sala in questo modo:

PALCO: Flauto1, Clarinetto1, Oboe1, Corno e Clarinetto Basso.

PLATEA (dietro il pubblico): Flauto2, Clarinetto2 e Oboe2.

GALLERIA (davanti, centrali): Sax Tenore e Fagotto.



Disposizione strumentisti ed altoparlanti

Come si può facilmente notare, questa disposizione consente una profondità spaziale multidimensionale, che addirittura comprende la verticalità di alcuni elementi sonori.

Ho optato per una spazializzazione strumentale, piuttosto che di una prodotta attraverso l'uso di altoparlanti, per mantenere il suono degli strumenti non amplificato, volevo che la sensazione di profondità e successivamente di movimento fosse tangibile e concreta.

Ritengo sia importante sottolineare in questo ambito l'aspetto della visualizzazione del movimento e della provenienza del suono. Il pubblico si trova immerso nella scena, come in un concerto di musica acusmatica, ma ha la possibilità di partecipare anche con la vista all'azione degli esecutori. La vista in un certo senso sminuisce l'effetto di spazializzazione sonora, in quanto si può seguire visivamente ciò che avviene, ma il pubblico non conosce la possibile verticalizzazione del suono: la galleria non è visibile dalla platea (dove sarà posizionato il pubblico), ecco che dunque si riacquista la sensazione di immersione e soprattutto di sorpresa. Il pubblico cercherà con lo sguardo di comprendere da dove provenga il suono, ma dovrà arrendersi all'ascolto puro.

Quando i piani spaziali diventeranno tre (sopra, davanti e dietro), l'ascoltatore sarà in qualche modo costretto a non fare più riferimento alla vista, in quanto troppi elementi sono messi in gioco contemporaneamente e solo l'udito può coglierne totalmente la compresenza.

Ad arricchire maggiormente questa multidimensionalità c'è l'aspetto del movimento fisico e del morphing strumentale.

Durante il brano sono programmate tre dislocazioni, una prevede uno spostamento del suono attraverso l'utilizzo dell'elettronica e le altre due prevedono il movimento degli strumentisti dalla loro postazione iniziale verso altri punti precisi della sala.

Andiamo prima ad analizzare i movimenti da parte degli strumentisti.

Il primo movimento strumentale avviene in galleria, il sax tenore ed il fagotto, inizialmente posizionati al centro davanti, si muoveranno verso i lati e risaliranno la galleria fino al fondo. In questo modo l'ascoltatore percepirà un allontanamento del suono senza rendersi bene conto di cosa in effetti stia succedendo. Ho deciso di posizionare questi due strumenti in galleria per creare una sensazione atipica, il sax tenore e soprattutto il fagotto sono strumenti dai colori piuttosto scuri, posizionarli in alto crea quasi un paradosso acustico, il suono arriverà all'ascoltatore dalle riflessioni della sala; tendenzialmente si avrà dunque la percezione della verticalità, ma non attraverso un'onda sonora diretta, sarà di fatto una verticalità riflessa.

Il secondo movimento strumentale è decisamente più complesso e difficile da percepire nella sua totalità, l'ascoltatore si ritroverà in mezzo ad una trasmigrazione sonora. Innanzi tutto gli strumenti posizionati in platea dietro il pubblico si muoveranno verso il centro della sala, conservando le rispettive posizioni destra/sinistra/centro. Contemporaneamente è

previsto un ulteriore movimento degli strumenti in galleria: sax tenore e fagotto scenderanno nuovamente verso la parte anteriore, ma conservando le posizioni laterali.

Possiamo bene immaginare come l'ascoltatore difficilmente riuscirà a percepire il muoversi degli strumenti in galleria in questo caso, in quanto con la vista parteciperà maggiormente al movimento degli strumentisti in platea. In ogni caso mi interessa molto l'aspetto "inconsapevole" dell'ascoltatore, mi piace il fatto che il pubblico possa visualizzare solo un'azione, ma la percezione sonora sarà molto più complessa di quanto possa sembrare.

Nella prima parte del brano, precisamente dopo il passaggio dalla Popolazione I alla Popolazione II, avviene un morphing strumentale che si avvale dell'aiuto dell'elettronica ed in più uno spostamento del suono. Il corno viene convoluto con il sax tenore, l'elettronica verrà percepita inizialmente solo stereofonicamente dalle casse davanti il pubblico, poi verrà effettuata una spazializzazione verso le casse retrostanti, nel frattempo il sax tenore suonerà più forte e il corno andrà estinguendosi. In questo modo il suono del corno avrà subito una vera e propria mutazione elettronica, trasformandosi nel timbro del sax tenore.

Anche in questo caso la percezione spaziale dell'ascoltatore viene disorientata, il suono elettronico si sposterà in platea con una direzione avanti - dietro, ma in effetti il sax tenore si trova sopra il pubblico e quando la parte elettronica terminerà il suo fadeout, il pubblico si accorgerà della strana posizione dello strumento, pur non potendolo vedere.

L'utilizzo dell'elettronica è funzionale a questa parte della composizione, per far percepire la mutazione genetica che il corno subisce e presentarla in modo chiaro ed evidente; nel corso del brano vi saranno altri morphing strumentali che non prevedono l'utilizzo della componente elettronica, ma in quel caso la trasformazione sarà più delicata e meno evidente.

La spazializzazione degli strumenti diventa quindi una componente funzionale all'idea compositiva e fondamentale nell'esecuzione.

Livello Formale e Livello Strutturale

Andrò ora ad applicare un'analisi estesico-cognitiva dell'intero brano, per delineare in modo approfondito il livello formale e quello strutturale.

Riprendiamo la forma del brano, che è stata già delineata in precedenza:

A: Prima evoluzione

B: Dislocazione geografica

C: Seconda evoluzione

D: Seconda dislocazione

E: Terza evoluzione

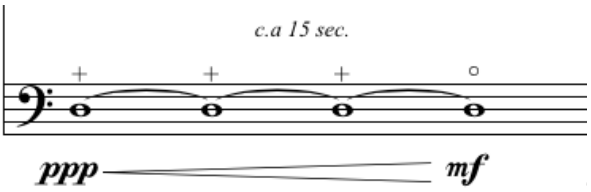
F: Terza dislocazione

G: Prima estinzione di massa

H: Quarta evoluzione

I: Seconda estinzione di massa

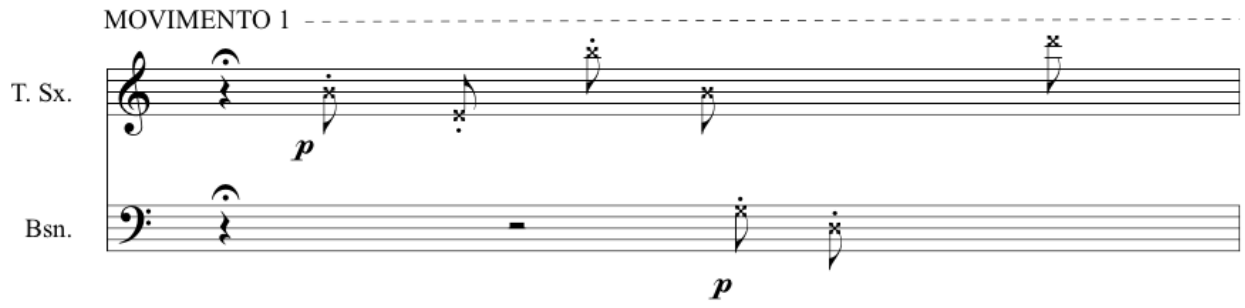
A: La prima parte del brano prevede un'evoluzione genetica dalla Popolazione I alla Popolazione II. Il materiale sonoro si presenta omogeneo tra suoni armonici prima e successivamente rumorosi, vi è infatti una coerenza tra le parti strumentali che lentamente si spostano da un suono armonico ad uno inarmonico. Gli eventi significativi sono l'inizio della sezione: lunghe note di corno che in qualche modo annunciano l'avvio di questa lunga evoluzione sonora; l'introduzione dei suoni inarmonici da parte dello stesso corno, seguito immediatamente dagli altri strumenti; la parte finale del brano prevede il raggiungimento definitivo ad un suono completamente inarmonico. L'andamento ritmico è variegato, inizialmente molto largo, nel prosieguo i materiali vengono presentati in modo più serrato, fino ad un disfacimento della regolarità ritmica, la quale si sgretola nei rumori prodotti dagli strumenti.



Prima battuta del brano, suono lungo di corno

B: Mentre la prima evoluzione volge al termine e tutti rumori strumentali tendono a disfarsi nel silenzio, il corno dà nuova vita alla parte armonica della Popolazione II. Questa sezione prevede la prima vera e propria Dislocazione geografica, che viene effettuata per mezzo dell'elettronica. Questa sezione ha dunque tre protagonisti: il corno, l'elettronica e il sax tenore. Come già specificato, mediante l'uso del live electronics, avviene una convoluzione tra il corno ed il sax. Il materiale sonoro ritorna ad essere armonico e risulta omogeneo e coerente nel movimento, il ritmo è decisamente irregolare.

C: In questa sezione ci troviamo in galleria, protagonisti sono dunque il sax tenore ed il fagotto. La dislocazione geografica è avvenuta e la Popolazione II, nel suo nuovo habitat naturale può evolversi. Il materiale è inizialmente decisamente disomogeneo, tanto che i due strumenti si alternano regolarmente nel suonare, il fagotto presenta la parte cromosomica inarmonica derivante dalla prima evoluzione, il sax gli si oppone totalmente. L'andamento è piuttosto regolare, soprattutto per il fagotto che segue un ritmo rapido e ben preciso, almeno fino ad un certo punto, quando proprio il fagotto evolve in una nota singola e vibrata, la quale condizionerà anche l'evoluzione del sax tenore. L'ultima parte di questa sezione ci porterà verso una direzione puntillistica, ritmicamente definita, ma con andamento irregolare, dove l'aspetto armonico e rumoroso si unisce in brevi punti sonori.

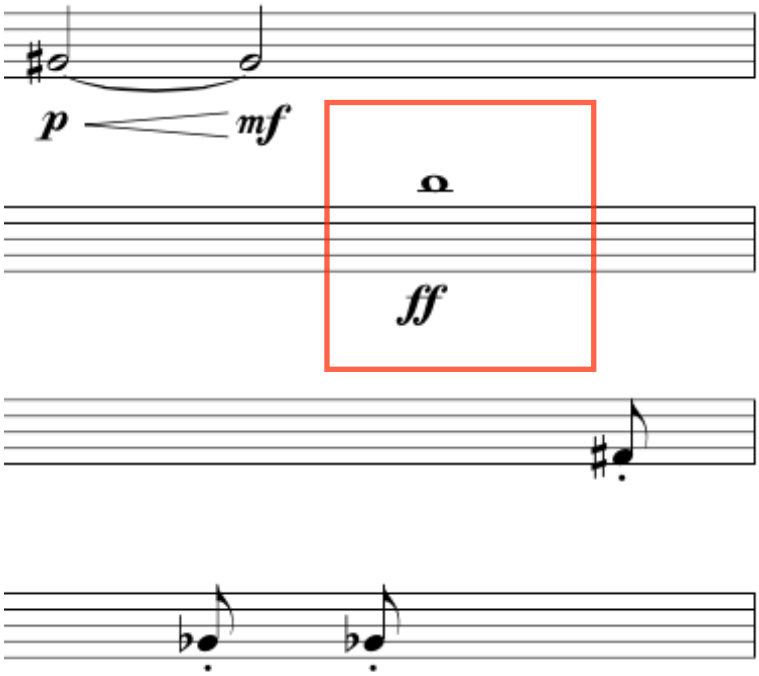


Parte finale della sezione C

Contemporaneamente, inizia la Seconda Dislocazione geografica, la prima che prevede uno spostamento degli strumentisti, evento fondamentale di questa sezione e che sancisce la sua chiusura.

D: In questa sezione dunque analizzeremo in che modo avviene la seconda dislocazione. Gli strumentisti in galleria si muoveranno verso la parte posteriore, dopo essersi allargati lateralmente, nel frattempo intervengono nuovi strumenti presenti in tutta la sala. Possiamo

affermare dunque di trovarci davanti ad una dislocazione in cui hanno ruolo attivo tutte le parti geografiche possibili nella sala: la galleria, la platea ed il palco.



Ingresso del secondo clarinetto

E: La terza evoluzione avviene contemporaneamente alla seconda dislocazione. Il materiale sonoro è omogeneo per tutti gli strumenti e vi è una forte coerenza nel processo evolutivo, inizialmente suoni puntillistici, successivamente eventi sempre più lunghi e meno regolari, infatti l'andamento ritmico tende ad allargarsi sempre di più. Evento significativo è in particolare l'ingresso in scena del secondo clarinetto, che con un fortissimo presenta al pubblico gli strumenti posti nella zona retrostante alla platea.

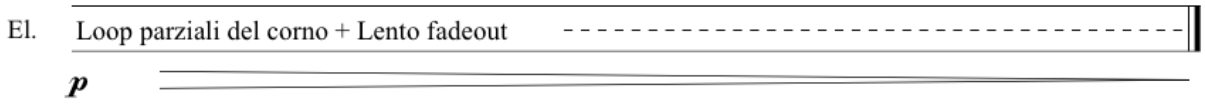
F: A questo punto avviene un nuovo movimento degli strumentisti. Si tratta della dislocazione più complessa del brano. In galleria sax e fagotto si avvicineranno nuovamente alla parte anteriore, in platea invece gli strumenti si muoveranno verso il centro della sala. La dislocazione avviene mentre i musicisti continuano il discorso musicale precedente, il materiale è totalmente omogeneo e l'andamento ritmico è irregolare, in quanto continuo.

Eventi significativi sono dei suoni forti di corno, i quali sono annunciatori della successiva sezione del brano.

G: La prima estinzione di massa è uno degli eventi più importanti del brano, per la prima volta l'ascoltatore percepirà l'effetto di una forte selezione avvenuta in modo drastico e non, come in precedenza, frutto di un processo evolutivo. Protagonista di questa sezione è il flauto secondo, il quale, terminata la terza dislocazione, si ritroverà precisamente al centro della platea, in mezzo al pubblico. Il materiale sonoro è al limite dell'udibile, dei whistle tones delicatissimi, l'estinzione ha quasi completamente annientato ogni cosa. L'andamento ritmico non è ovviamente regolare.

H: L'estinzione presentata nella sezione precedente ha avuto un effetto devastante sull'assetto sonoro del brano, ma i whistle tones del flauto secondo sono riusciti a portare avanti l'evoluzione, così parte un nuovo processo che vede coinvolto inizialmente il primo flauto e doppiare il secondo e successivamente un grande crescendo di tutto l'ensemble. Il materiale è piuttosto omogeneo, eccetto per alcuni strumenti, come il clarinetto sul palco, che si distinguono dalla massa strumentale, assumendo un ruolo fondamentale. In questa sezione vengono presentati pressoché tutti gli elementi sonori della storia evolutiva, si crea una "super-generazione" che prevede la presenza di materiale sia armonico che inarmonico; molto forte è la coerenza tra gli strumenti, i quali tutti partecipano al crescendo finale del brano. Nel frattempo l'elettronica effettua un'analisi e risintesi di alcune parziali del corno. L'andamento ritmico è irregolare, benché si possa definire regolare proprio per il primo clarinetto, impegnato nell'esecuzione di alcuni multifonici. Si può considerare evento fondamentale della sezione l'introduzione dell'elettronica, anche se in questo momento è per il pubblico solo un elemento in più nella massa sonora crescente.

I: L'ultima sezione del brano presenta la seconda e definitiva estinzione di massa. Questo è il collo di bottiglia, tutti gli strumenti creano una sorta di sbuffo della durata di circa 7 secondi, è l'ultimo respiro di una generazione oramai estinta, a salvarsi rimane solo l'elettronica, la quale rimane presente con un bassissimo volume, ma in cui risiede la speranza di un nuovo possibile inizio. Ovviamente in questo caso il materiale sonoro è omogeneo e coerente all'andamento della sezione. Evento significativo è proprio il rimanere dell'elettronica totalmente da sola, come un residuo di un passato oramai decaduto.



Elettronica, parte finale

Entriamo ora in modo approfondito in ogni sezione della forma, per comprendere appieno in che modo si muove la struttura interna del brano.

Sezione A:

Popolazione I

Popolazione II

Possiamo suddividere questa sezione in tre parti: *a1*, *a2*, *a3*.

La parte *a1* comprende la presentazione di materiale armonico, inizialmente il suono è piuttosto semplice, poi diventa più complesso grazie all'aggiunta di altri strumenti. L'importanza è omogenea tra gli strumenti, eccetto all'inizio dove il corno è solo e svolge un ruolo fondamentale, soprattutto per il suo storico ruolo di "annunciazione". La dinamica è piuttosto bassa, con dei piccoli crescendo da parte del corno. Il moto è regolare, inizialmente si crea una sensazione di sospensione, andando avanti la tensione è crescente.

La parte *a2* prevede lo spostamento dal suono armonico della sezione precedente ad uno inarmonico e rumoroso. Gli strumentisti suonano utilizzando solo tecniche estese per la produzione di rumori. La dinamica è piuttosto costante e rimane tra il piano e il pianissimo. La tensione accumulata precedentemente, in questa parte risolve in uno strano rilassamento. Il moto è totalmente irregolare, per contrastare la regolarità della parte precedente.

La parte *a3* chiude la prima sezione e ci presenta la totalità rumorosa degli strumenti, con l'aggiunta di un gene armonico che rientra in gioco grazie al corno. Dinamica, moto e tensione rimangono pressoché identici alla parte precedente, anche se la reintroduzione di materiale armonico e quindi contrastante con l'omogeneità generale, fa crescere leggermente la tensione nell'ascoltatore.

Sezione B:

Suddividiamo la sezione B, che prevede la prima dislocazione geografica, in due microsezioni: *b1* e *b2*.

La parte *b1* prevede l'ingresso dell'elettronica e quindi l'inizio dello spostamento del suono verso la galleria. Il corno rimane unico strumento a suonare (assieme al live electronics), mentre gli altri strumenti hanno cessato di suonare alla fine della sezione precedente. Il moto è totalmente irregolare e impreciso, la tensione decisamente crescente. La dinamica è più presente rispetto alle parti precedenti, dove difficilmente ci si era avventurati oltre il *p*, in questo caso il corno suona quasi sempre *mf*. La spazialità rappresenta la caratteristica più importante di questa parte.

A cavallo tra questa parte e la parte *b2*, inizia a suonare anche il sax tenore, il secondo protagonista di questo morphing sonoro.

Considero *b2* l'ultima parte successiva alla dislocazione, il morphing strumentale è avvenuto e la tensione è calata sensibilmente. Ancora una volta la spazialità è la caratteristica più importante, in quanto il suono del sax proviene dalla galleria della sala.

Sezione C:

In questa sezione sono protagonisti il sax tenore ed il fagotto, strumenti posizionati in galleria. Suddividiamo questa sezione in *c1* e *c2*.

La parte *c1* non prevede una maggiore rilevanza tra sax e fagotto, soprattutto in quanto i due si alternano nel suonare. Non è una parte di particolare tensione ed il moto è regolare e preciso, nonostante il sax continui a suonare in modo aritmico. Nonostante la dinamica sia medio-bassa, il materiale sonoro presentato è particolarmente denso e di fattura complessa.

La parte *c2* vede una crescente tensione rispetto alla precedente. Il fagotto suona in modo più armonico e a lui si accoda anche il sax, la fattura del suono diventa più semplice. La dinamica scende maggiormente verso un pianissimo di entrambi gli strumenti, che a differenza della parte c1, ora suonano contemporaneamente. Anche la densità subisce un crollo vistoso, ma questo causa un incremento della sensazione di tensione, in quanto preannuncia che sta per accadere qualcosa.

Sezione D:

Questa sezione prevede una nuova dislocazione geografica, questa volta di maggiore importanza e soprattutto che avviene con il movimento dei musicisti.

Popolazione II

Popolazione IIIA Popolazione IIIB Popolazione IIIC

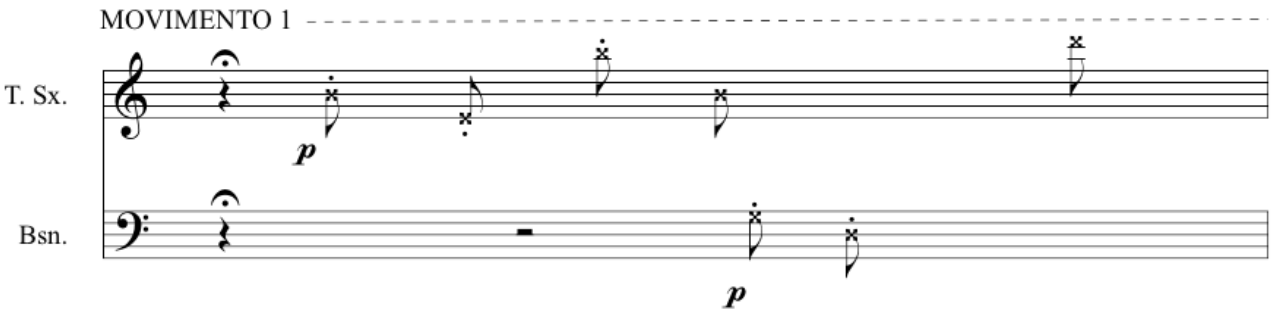
Questa sezione non è suddivisibile, in quanto avviene contemporaneamente alla sezione E, ovvero ad una nuova fase evolutiva, la quale ha invece una struttura interna ben precisa.

Sezione E:

Possiamo facilmente suddividere la sezione E in tre parti: *e1*, *e2* ed *e3*.

La parte *e1* è la prima parte di questa nuova fase evolutiva e della contemporanea dislocazione geografica. Il sax tenore suona assieme al fagotto suoni di natura puntillistica. Il materiale suonato ha un'importanza omogenea tra i due strumenti, la tensione in questa fase ha una tendenza a crescere, ma la dinamica rimane sempre piuttosto bassa. La densità dei suoni inizialmente è bassa, ma è in continuo crescendo. Le altezze dei suoni sono scelte liberamente dagli esecutori. Il moto in questa parte assume caratteristiche ritmiche irregolari.

La parte *e2* prevede una situazione leggermente evoluta rispetto alla precedente, il fagotto ed il sax continuano nell'esecuzione di suoni puntillistici, ma questa volta si tratta di altezze ben definite in partitura. Nel frattempo si aggiungono anche il clarinetto posizionato sul palco ed il clarinetto posizionato nella zona retrostante la platea, i quali contrastano la scena sonora con suoni lunghi. La dinamica è cresciuta, così come anche la tensione generale, la quale preannuncia un avvenimento importante. Il materiale sonoro è suddiviso tra gli strumenti, presenta quindi tratti di disomogeneità. La densità presentata non è particolarmente elevata ed il moto è totalmente irregolare.



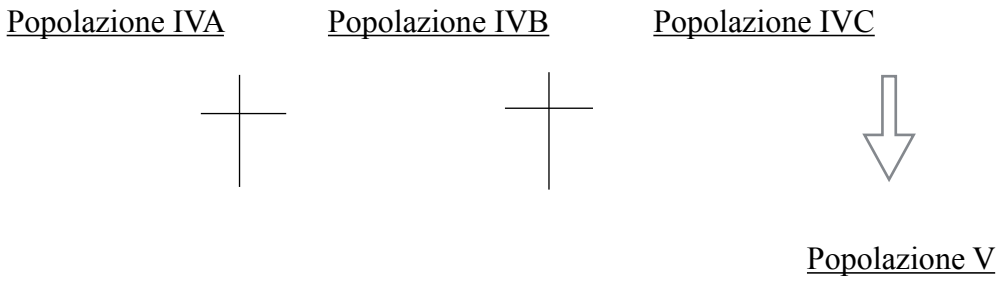
Suoni puntillistici

La parte *e3* è l'ultima fase evolutiva di questa sezione, ora anche il sax ed il fagotto suonano note lunghe. Si aggiungono anche gli altri due strumenti presenti in platea: il flauto e l'oboe. In questa fase c'è un'assoluta omogeneità del materiale, la densità è bassissima e la tensione è decisamente calata rispetto alla parte precedente. Il moto del suono è irregolare, in quanto continuo. Si tratta di suoni armonici semplici piuttosto scuri dall'altezza in continuo movimento. La dinamica è scesa nuovamente.

Sezione F:

Anche questa sezione non è suddivisibile in sottosezioni, trattandosi di una fase di movimento strumentale che avviene durante le fasi evolutive.

Sezione G:



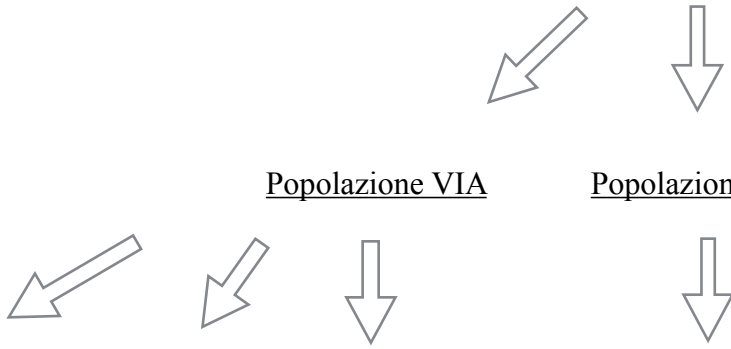
La sezione G, come abbiamo visto, prevede la prima estinzione di massa del brano, è possibile suddividerla in due fasi: *g1* e *g2*.

La prima parte prevede l'inizio dell'estinzione, lentamente alcuni degli strumenti smettono di suonare, la densità diventa sempre minore. Il moto è inizialmente regolare, anche se difficilmente individuabile, poi praticamente inesistente. La tensione contemporaneamente cresce in modo esponenziale, sostenuta da un sempre più opprimente silenzio. L'importanza del flauto è crescente, anche se inizialmente il corno ed il primo clarinetto rappresentano gli strumenti più significativi in scena.

Nella parte *g2* l'estinzione è oramai avvenuta, rimane in scena solamente il secondo flauto, il quale si trova esattamente nel mezzo della sala. La densità dei whistle tones è praticamente inesistente, così come anche il moto. La tensione invece è ancora più accentuata, la situazione al limite del silenzio incrementa la sensazione di attesa e suspense.

Sezione H:

Popolazione V



Popolazione VIA Popolazione VIB

Popolazione VIIA Popolazione VIIB PopolazioneVIIC Popolazione VIID

Si tratta del grande crescendo finale, che prende vita subito dopo la precedente quasi totale estinzione sonora. Protagonisti tutti gli strumenti presenti in sala, è possibile suddividere questa sezione in *h1* e *h2*.

La parte *h1* è la prima fase del crescendo, dal centro della sala inizia una nuova fase evolutiva, la vita sonora riprende a crescere, inizialmente con il flauto sul palco, poi man mano si accodano gli altri strumenti. In questa fase i due flauti rappresentano ancora la parte strumentale più importate della sezione. La densità è bassa, ma in fase di crescita. Il moto sicuramente inizia a riacquistare ritmicità, anche se irregolare. La tensione in questa fase subisce un leggere calo, in quanto risolve in parte la situazione precedente.

La parte h2 è il culmine del crescendo, tutti gli strumenti in sala partecipano alla costruzione di questa fase finale. Non ci sono più disomogeneità d'importanza tra gli strumenti, anche se il clarinetto primo suona in modo leggermente diverso rispetto agli altri strumenti, facendo uso di multifonici ed avendo un moto piuttosto regolare, a differenza dell'andamento generale. La tensione cresce in modo esponenziale, così come anche la dinamica, la quale, sostenuta dalla massa sonora, raggiunge i massimi livelli del brano.

Sezione I:

Si tratta della seconda estinzione di massa, l'ultima e definitiva sezione del brano.

Possiamo suddividerle questa sezione in *i1* ed *i2*.

Popolazione VIIA Popolazione VIIB PopolazioneVIIC Popolazione VIID

Popolazione VIII

La parte *i1* comprende la prima fase dell'estinzione, potremmo definirla quasi l'esplosione finale relativa al crescendo della parte precedente. Sono coinvolti tutti gli strumenti in sala, la dinamica è abbastanza forte, anche se tran parte dei musicisti sono impegnati a suonare soffiando negli strumenti senza produrre alcun suono. La tensione prodotta nel crescendo precedente viene qui risolta, non vi è moto delle diverse parti e la densità è bassa.

La parte *i2* è l'ultima azione udibile del brano, protagonista di questa fase è la sola elettronica, in particolare alcune parziali del corno, che sono state risintetizzate dopo il trattamento digitale. La densità del materiale è ancora bassa, la dinamica ha subito un crollo consistente, il moto è irregolare.

Come si può facilmente notare, nel costruire la forma generale e la struttura interna, non ho seguito in modo millimetrico l'evoluzione progettata, ma l'ho considerata come una guida da seguire nel corso della composizione. Credo sia importante sottolineare che dopo aver progettato tutta le fasi evolutive, esse possono essere in qualsiasi momento distrutte da inevitabili necessità di natura musicale. Ovviamente questo vale per la strategia compositiva che ho chiamato "poco automatizzata", che è quella che ho utilizzata per la composizione del mio brano.

Qui di seguito vado a costruire delle tabelle esplicative dei livelli formale e strutturale, che sono appena stati analizzati.

LIVELLO FORMALE

Criteri	SEZIONE A (0’00”-2’50”c.a)	SEZIONE B (2’50”-3’45”c.a)	SEZIONE C (3’45”-4’40”c.a)	SEZIONE D (4’40”-5’10 c.a)
Materiale sonoro	Omogeneo tra suoni armonici ed inarmonici.	Omogeneo.	Poco omogeneo.	Omogeneo.
Comportamento	Inizialmente regolare, poi irregolare.	Decisamente irregolare.	Variegato tra regolare e irregolare.	*vedi sezione E.*
Coerenza	Direzione generale verso rumore.	Forte coerenza tra gli strumenti.	Inizialmente poca coerenza strumentale, poi in crescita.	*vedi sezione E.*
Eventi significativi	Note lunghe di corno a inizio sezione.	Spazializzazione sonora con uso dell’elettronica.	/	Spazializzazione sonora strumentale.

Criteri	SEZIONE E (5’10”-7’00”c.a)	SEZIONE F (7’00”- 7’25”c.a)	SEZIONE G (7’25”-8’10’c.a’)
Materiale sonoro	Omogeneo tra tutti gli strumenti.	*vedi sezione G*	Delicato e al limite dell’udibile.
Comportamento	Inizialmente puntillistico, poi suoni lunghi.	*vedi sezione G*	Totalmente irregolare, aritmico.
Coerenza	Forte coerenza nel processo evolutivo.	*vedi sezione G*	/
Eventi significativi	Ingresso del secondo clarinetto.	Spazializzazione sonora strumentale.	Suona solo il flauto secondo al centro della sala.

Criteri	SEZIONE H (8’10-10’25”c.a)	SEZIONE I (10’25”c.a-12’00”c.a)
Materiale sonoro	Variegato, tendenzialmente omogeneo.	Omogeneo.
Comportamento	Irregolare.	Irregolare, anche se ritmico.
Coerenza	Forte coerenza, collaborazione in crescendo finale.	/
Eventi significativi	Introduzione della parte elettronica (risintesi parziali del corno).	/

LIVELLO STRUTTURALE

Sezione A:

Criteri	*a1* *(0'00''-1'50''c.a)*	*a2* *(1'50''-2'30''c.a)*	*a3* *(2'30''-2'50''c.a)*
Massa/Fattura	Materiale armonico inizialmente semplice, poi più complesso.	Il suono inizia a diventare inarmonico.	Suono totalmente rumoroso, eccetto che introduzione materiale armonico da parte del corno.
Dinamica/Inviluppo	Dinamica piuttosto bassa (*p* o *pp*).	Leggermente crescente.	Piuttosto bassa.
Importanza/Spazio	Importanza omogenea dei materiali.	Importanza omogenea.	Il corno contrasta con gli altri strumenti.
Densità	Piuttosto bassa.	Più elevata.	//
Moto	Regolare, ritmico.	Tendente all'irregolare.	//
Tensione	Iniziale sensazione di sospensione. Poi crescente.	Calante, sensazione di risoluzione.	Nuovamente in crescita.
Processi evolutivi	Da Popolazione I a Popolazione II.	//	//

Sezione B:

Criteri	*b1* *(2'50''-3'20''c.a.)*	*b2* *(3'20-3'45''c.a)*
Massa/Fattura	Suono armonico complesso.	Suono armonico complesso.
Dinamica/Inviluppo	Dinamica più presente (*mf*).	Dinamica abbastanza elevata, anche se meno percepibile in quanto il suono proviene dalla galleria.
Importanza/Spazio	Movimento del suono dal palco verso la galleria.	Il suono si è spostato in galleria.
Densità	Crescente.	La densità è rimasta pressoché identica alla parte precedente.
Moto	Irregolare.	//
Tensione	Decisamente crescente.	Sensazione di risoluzione, tensione calata sensibilmente.
Processi evolutivi	I Dislocazione geografica.	//

Sezione C:

Criteri	*c1 (3'45"-4'10"c.a)*	*c2 (4'10"-4'40"c.a)*
Massa/Fattura	Un suono armonico irregolare ed uno inarmonico tendente alla regolarità ritmica.	Suono armonico semplice, quasi sinusoidale.
Dinamica/Inviluppo	Dinamica abbastanza bassa, anche se differenziata tra sax e fagotto.	Dinamica sempre bassa.
Importanza/Spazio	Importanza omogenea tra gli strumenti.	Importanza omogenea.
Densità	Abbastanza elevata.	Densità bassa, perché il suono è continuo.
Moto	Regolare e preciso.	Irregolare.
Tensione	Piuttosto bassa.	Tensione decisamente crescente.
Processi evolutivi	Seconda evoluzione.	//

Sezione D (4'40"-5'10"c.a):

Questa sezione non è suddivisibile, presenta una nuova dislocazione geografica dei suoni, attuata da parte degli strumentisti.

Sezione E:

Criteri	*e1 (5'10"-5'30"c.a)*	*e2 (5'30"-6'25"c.a)*	*e3 (6'25"-7'00"c.a)*
Massa/Fattura	Suoni puntillistici, quasi percussivi.	Suoni variegati: sia puntillistici che suoni lunghi.	Suoni lunghi e armonici.
Dinamica/Inviluppo	Dinamica piuttosto bassa (*p*).	Crescente.	Dinamica scesa nuovamente.
Importanza/Spazio	Importanza omogenea tra i materiali.	Importanza omogenea tra i materiali.	//
Densità	Crescente.	Densità uguale alla parte precedente.	Bassissima.
Moto	Caratteristiche ritmiche irregolari.	Tendenza del suono a diventare aritmico.	Moto irregolare, perché i suoni sono continui.
Tensione	Crescente.	Ancora crescente.	Sensazione di risoluzione.
Processi evolutivi	Terza evoluzione.	//	//

Sezione F (7’00”- 7’25”c.a):

Anche questa sezione non è suddivisibile, è una fase di movimento strumentale che avviene praticamente in contemporanea con l’evoluzione successiva.

Sezione G:

Criteri	*g1 (7’25”-7’41”c.a)*	*g2 (7’41”-8’10”c.a)*
Massa/Fattura	Suoni armonici.	Whistle tones.
Dinamica/Inviluppo	Dinamica sempre più bassa.	Bassissima.
Importanza/Spazio	Importanza crescente per il flauto.	Il flauto suona da solo al centro della platea.
Densità	Visibilmente calante.	Bassissima.
Moto	Inizialmente regolare.	Irregolare e impercettibile.
Tensione	Crescente, sostenuta da una sensazione di attesa.	Sensazione di attesa quasi opprimente.
Processi evolutivi	Prima estinzione di massa.	//

Sezione H:

Criteri	*h1 (8’10”-9’30”c.a)*	*h2 (9’30”-10’25”c.a)*
Massa/Fattura	Suono orchestrale, armonico complesso.	Suoni sia armonici che inarmonici, articolato e complesso.
Dinamica/Inviluppo	Decisamente crescente.	Dinamica abbastanza elevata (*f*).
Importanza/Spazio	Importanza piuttosto omogenea, il clarinetto prima assume un ruolo di guida.	Importanza omogenea tra i materiali.
Densità	In crescita esponenziale.	Abbastanza elevata.
Moto	Sviluppo del crescendo finale, tendenza all’irregolarità.	Apice del crescendo.
Tensione	La tensione si abbassa, ma poi si sviluppa nuovamente.	Tensione altissima.
Processi evolutivi	Quarta evoluzione.	//

Sezione I:

Criteri	*i1* *(10'25"-10'40"c.a)*	*i2* *(10'40"-12'00"c.a)*
Massa/Fattura	Suono "soffiato", al limite tra armonico ed inarmonico.	Suono elettronico (parziali del corno).
Dinamica/Inviluppo	Dinamica abbastanza elevata.	Crollo della dinamica (*pp*).
Importanza/Spazio	Distribuzione del suono in tutta la sala, spazialità fondamentale.	Suono proveniente solo dalle casse.
Densità	Bassa.	//
Moto	Immobile.	Ritmico, ma irregolare.
Tensione	Risoluzione e successiva sospensione del materiale.	Tensione calante.
Processi evolutivi	Seconda estinzione di massa.	Residuo finale.

Elaborazione dei suoni attraverso il live electronics

In questa sezione andrò ad analizzare in che modo ho deciso di utilizzare l'elaborazione elettronica per andare ad agire su alcuni suoni strumentali e modificarli digitalmente.

Innanzi tutto va specificato che l'utilizzo dell'elettronica in questo brano è assolutamente funzionale all'idea compositiva stessa e si inserisce nel contesto musicale in modo naturale e necessario, non come mero abbellimento o effetto. La necessità di utilizzare un'elaborazione sonora digitale è insita nel processo evolutivo creato ed è contestualizzata in partitura grazie al metodo compositivo utilizzato.

L'elettronica è presente nel brano in due contesti ben precisi:

Primo intervento: da 2'55" a 3'50" circa.

Secondo intervento: da da 9'25" circa fino a fine brano.

Entrambi gli interventi sono caratterizzati da una parte di elaborazione elettronica vera e propria e da un'altra di spazializzazione sonora. Per l'elaborazione digitale ho compilato un listato di Csound, che verrà eseguito al momento necessario; per la spazializzazione del suono si utilizza direttamente il mixer di sala.

Ho scelto di non spazializzare il suono direttamente da Csound per evitare di appesantire il listato con il rischio di rallentare o addirittura di bloccarne l'esecuzione. Per lo stesso motivo, Csound sarà avviato due volte, una per ciascun intervento, dopo il primo di essi infatti l'esecuzione del programma dovrà essere interrotta.

L'unico strumento sul quale applico modifiche digitali è il corno, che è di fatto l'unico strumento microfonato dell'intero ensemble. Ho fatto questa scelta per diversi motivi, innanzitutto perché il corno presenta una capacità spettrale variegata a seconda delle tecniche esecutive utilizzate, in secondo luogo perché ha un'importanza particolare all'interno della storia evolutiva creata: è in effetti la prima cellula sonora presentata nel brano ed attraverso l'elaborazione digitale sarà anche protagonista della parte finale.

Di seguito andrò ad analizzare il listato di Csound ed a spiegare in che modo agisce, parte per parte, quando viene avviato.

```
1  <CsoundSynthesizer>
2  <CsOptions>
3  -Ma -odac iadc
4  </CsOptions>
5  <CsInstruments>
6
7  sr = 44100
8  kr = 44100
9  ksmps = 1
10 nchnls = 2
11
```

Orchestra Header

Nella prima parte del listato ho specificato le caratteristiche dello Header, innanzi tutto ho attivato la possibilità di utilizzare il midi per controllare un controller esterno (*-Ma*) ed ho specificato inoltre che voglio utilizzare Csound in tempo reale (*-odac iadc*).

La frequenza di campionamento utilizzata (*sr*) è di 44100 campioni al secondo.

kr è la control rate, per una maggiore definizione audio e per evitare latenza nell'esecuzione ho impostato anche questo valore a 44100.

ksmps = sr/kr = 44100/44100 = 1

nchnls è un valore necessario per impostare il numero di canali in output, in questo caso il listato gestisce un'uscita stereofonica.

Dopo aver impostato questi parametri di base, che sono assolutamente necessari per il funzionamento corretto del listato, ho strutturato la parte dell'*Orchestra*, ovvero la sezione dove si specifica quali elaborazioni elettroniche devono essere effettuate.

```
13 instr 1 ;CONVOLUZIONE TRA CORNO E SAX TENORE
14
15 kmix invalue "mix"     ; Wet/dry mix
16 kvol  invalue "vol"    ; Volume di controllo
17 kvol2 = kvol*kmix
18 ; grandezza di tabella della convoluzione
19 ipartitionsize = p4
20
21 ; calcola la latenza dell'opcode pconvolve
22 idel = (ksmps < ipartitionsize ? ipartitionsize + ksmps : ipartitionsize)/sr
23 prints "Convolving with a latency of %f seconds%n", idel
24
25 ; Elaborazione
26 acorno in  ;inpunt live
27 awetl, awetr pconvolve kvol2*(acorno), "tenorsax.wav", ipartitionsize
28
29 ; Ritardi del segnale dry per allinearlo con quello convoluto
30 adryl delay (1-kmix)*acorno, idel
31 adryr delay (1-kmix)*acorno, idel
32
33       outs adryl+awetl, adryr+awetr ;uscita
34
35 endin
```

Strumento 1 dell'Orchestra

La prima parte che andiamo ad analizzare è costituita dallo Strumento 1, il quale si occupa della convoluzione tra il suono del corno ed il suono del sax tenore.

kmix è una variabile di controllo alla quale viene assegnato il valore acquisito grazie al movimento degli slider del controller midi, si tratta di un valore che può variare da 0.000 a 1.000 e corrisponde al livello di mix tra suono pulito e suono elaborato.

kvol è una seconda variabile di controllo alla quale viene assegnato un valore proveniente da un altro slider del controller midi. Il valore in questione può variare da 0.000 a 0.300 e gestisce il volume di controllo del segnale mixato.

kvol2 fa in modo che le due variabili precedenti vengano messe in relazione, sarà questa terza variabile ad essere utilizzata nella stringa relativa all'elaborazione.

ipartitionsize è una variabile di inizializzazione attraverso la quale vado a gestire la grandezza della tabella della convoluzione. Il valore p4 ci rimanda ad una cifra che possiamo arbitrariamente assegnare nella sezione della Score. In questo caso la tabella è di 4096 punti, deve necessariamente avere un valore che sia una potenza di 2 o (una potenza di 2) +1.

La parte successiva del listato si occupa di calcolare il tempo di latenza dell'elaborazione e segnala questo valore nella Console in uscita.

A questo punto possiamo analizzare la parte più importante dello Strumento 1, il cuore dell'elaborazione del segnale sonoro:

acorno è una variabile audio la quale riceve il suono live in ingresso dello strumento corno.

awetl, awetr ***pconvolve*** *kvol2*(acorno), "tenorsax.wav", ipartitionsize*: questa stringa corrisponde alla vera e propria elaborazione del segnale. Il cuore pulsante di questa parte è

l'opcode "pconvolve", il quale si occupa di effettuare la convoluzione tra il suono live del corno (acorno) ed il file preregistrato "tenorsax.wav".

pconvolve è un opcode di Csound molto comodo ed utile da usare quando si ha necessità di applicare una convoluzione in tempo reale; è in effetti un'evoluzione del classico opcode **convolve**, il quale presenta più problemi d'esecuzione e richiede un tempo maggiore per analizzare il file che si vuole convolvere.

Per evitare problemi di ritardi e di latenza, ho aggiunto al segnale mixato in uscita un delay, che viene costruito in base alla latenza calcolata precedentemente, in modo tale che segnale wet e dry escano contemporaneamente.

Alla fine dello strumento l'opcode *outs* permette al suono stereo elaborato di andare in output. Per aiutare l'esecutore della parte elettronica ad avere una visualizzazione grafica di ciò che accade, ho costruito degli slider nella sezione "Widgets", i primi due slider sono utilizzati per modificare i valori di kmix e kvol e sono ovviamente linkati al controller midi utilizzato.

Slider utilizzati per lo Strumento 1

```
38 instr 2 ;ANALISI E RISINTESI
39 kpitch invalue "pitch"
40 kvolume invalue "volume"
41 ain  in ;input live
42 fs1,fsi2 pvsifd ain,2048,512,1          ; analisi
43 fst  partials fs1,fsi2,.003,1,3,500     ; tracking delle parziali
44 aresyn resyn fst, 1, kpitch, 10, 1            ; risintesi
45
46 ktrig = p4                          ;triggerare il segnale a p4
47 aout,krec sndloop aresyn, kpitch, ktrig, 15, 0.05 ;la registrazione parte a
   p4 sec, per 15 sec e 0.05 crossfade
48        printk2 krec                          ;stampa il segnale registrato
49        outs    aout*kvolume,aout*kvolume
50
51 endin
```

Strumento 2 dell'Orchestra

Possiamo ora analizzare il secondo strumento dell'Orchestra, il quale si occupa dell'ultimo intervento elettronico sul suono del corno. Si tratta di un'elaborazione che attua un'analisi e risistemi di alcune parziali dello strumento.

kpitch è una variabile di controllo collegata al controller midi, il valore di questa variabile può muoversi da 0.000 a 3.000 e sarà utile a gestire il pitch delle parziali.

kvolume è una variabile di controllo che invece gestisce il volume generale in uscita.

ain è una variabile audio che riceve il suono in tempo reale del corno.

A questo punto possiamo analizzare la parte del listato che si occupa dell'analisi e risintesi del suono.

pvsifd è l'opcode che si occupa di analizzare il suono in ingresso (ain), applica un'analisi istantanea di ampiezza, frequenza e fase, grazie all'utilizzo di una STFT (Short Time Fourier Transform). Per far funzionare al meglio questo opcode vanno sistemate le impostazioni richieste a seconda del suono da analizzare, io ad esempio ho impostato l'*fftsize* con un valore di 2048 e l'*hopsize* con un valore di 512; inoltre va specificato anche il tipo di finestra utilizzata per l'analisi, con il valore 0 si seleziona la finestra di tipo Hamming, con il valore 1 quella di tipo Hanning, io ho optato per quest'ultima.

L'opcode **partials** prende in ingresso le informazioni di ampiezza e fase prodotte dalla precedente fase di analisi ed applica un "tracking" delle parziali. Il segnale in uscita può contenere un numero variabile di tracce, a seconda di come viene impostato l'opcode. Gestire bene i parametri è assolutamente necessario per ottenere il risultato sonoro desiderato. Il primo valore da impostare è l' "analysis treshold factor", ovvero la soglia limite per effettuare l'analisi, deve essere un valore che va da -1 a 1, io l'ho impostato a 0.003. Il successivo parametro da gestire è il minimo numero di punti temporali per un picco segnalato per crearne

una traccia, io ho impostato il valore 1, che è il numero minore possibile. Il parametro successivo riguarda la massima distanza tra i punti per la continuazione delle tracce, il valore che ho impostato è 3. L'ultimo parametro da segnalare infine è il massimo numero di tracce d'analisi, io ho impostato il valore 500.

La stringa successiva del listato si occupa della fase di risintesi, in particolare andiamo ad analizzare come funziona l'opcode **resyn**, il quale recupera le informazioni utili dal precedente stadio di analisi ed applica una sintesi additiva per ricostruire il segnale, utilizzando ampiezza lineare ed interpolazione cubica della fase. Interessante è la possibilità di controllare il pitch base della risintesi, lo si potrà infatti modificare in tempo reale attraverso l'utilizzo del controller midi.

La parte successiva del listato si occupa della creazione di un loop, che sarà protagonista della parte finale del brano.

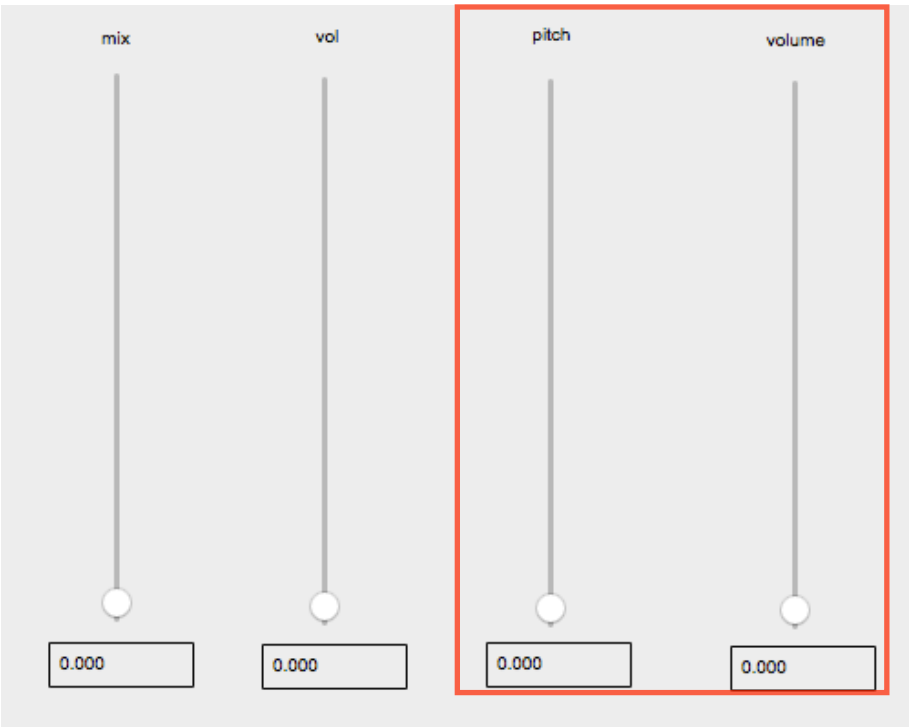
ktrig è una variabile di controllo utile a "triggerare" l'inizio della fase di registrazione, p4 indica che può essere gestita direttamente nella zona della Score, in questo caso ho assegnato a questa variabile il valore di 1 (secondi).

sndloop è l'opcode che si occupa di creare il loop. Viene utilizzato all'interno della variabile audio *aout*, che sarà effettivamente ciò che andremo ad impostare come segnale in uscita. Questo opcode prende in ingresso il segnale audio prodotto da **resyn**, è possibile anche in questo caso modificare il pitch del loop utilizzando il controller midi. La registrazione del segnale dura 15 secondi ed ho impostato un valore di 0.05 come crossfade per evitare che siano percepibili dei fastidiosi clip iniziali.

L'opcode **printk2** stampa il segnale registrato nella console in output.

A questo punto si mette in uscita stereo (*outs*) il loop registrato moltiplicato per un fattore volume che deriva dalla variabile *kvolume*, gestita dal controller midi.

Per questo secondo strumento gli slider grafici utilizzati sono i secondi due, questi andranno ad agire sui valori delle variabili *kpitch* e *kvolume*.



Slider utilizzati per lo Strumento 2

```
54 </CsInstruments>
55 <CsScore>
56 f1 0 4096 10 .5 .3 .09
57 i1 0 600 4096
58 i2 0 300 1
59
60 </CsScore>
61 </CsoundSynthesizer>
```

Score del listato di Csound

L'ultima parte del listato è quella della Score di esecuzione.

f1 è la funzione che ci sarà utile per risintetizzare il segnale nel Secondo strumento, in particolare si noti che è stata utilizzata la GEN 10, che è la GEN utile a creare segnali sinusoidali. La risintesi delle parziali del corno sarà effettuata con segnali che hanno la fondamentale con un'ampiezza di 0.5, la seconda armonica con un'ampiezza di 0.3 e la terza armonica 0.09.

i1 è la score dello strumento 1 (parte a 0 secondi e dura 600 secondi, come già sottolineato in precedenza 4096 è la grandezza della tabella utilizzata per la convoluzione.

i2 è la parte esecutiva dello strumento 2 (parte a 0 secondi e dura 300 secondi, 1 è il secondo dopo il quale avviene si attiva il trigger che fa partire la registrazione del loop).

Conclusioni

Il mio interesse principale nell'effettuare questa ricerca era trovare soluzioni compositive adatte all'idea di evoluzione genetica e selezione naturale. Lo sviluppo del brano "Sotto le acque di Toba" è stato un esperimento di una di queste tecniche di composizione. Come un buon ricercatore dovrebbe sempre fare, gli esperimenti vanno continuamente ripetuti, migliorati, modificati, ecco perché considero questo brano come un primo esempio della mia personale ricerca compositiva.

Evoluzione è un termine che può essere inserito in un contesto molto più generico rispetto a quello da me approfondito in questo studio ed è alla base di uno dei concetti più semplici ed interessanti insiti nella vita: il cambiamento, il modificarsi continuo della materia. Il pensiero che sta alla base di questo concetto non è tanto scientifico, ma forse maggiormente di carattere filosofico, perché legato alla nostra personale esperienza quotidiana, alle nostre intime sensazioni ed ovviamente alle nostre più profonde preoccupazioni.

La materia ai nostri occhi muta continuamente, il tempo modifica noi stessi e ciò che ci circonda, eppure l'esistere rimane un punto così fermo. Si potrebbe immaginare di considerare il tempo come una dimensione spaziale, guardare dall'alto in lontananza questa massa immobile, ma scorgere un ribollire schiumoso che incuriosisce; quindi avvicinarsi come attraverso una lente d'ingrandimento e capire che da vicino l'immobilità si trasforma in movimento continuo ed incessante, cambiamento ed alternarsi di stati della materia, entrare nel vivo di queste onde vitali. La ricerca da me effettuata (e ancora in corso) riguarda proprio questa prospettiva dell'esistenza, un'analisi interna alle nostre sensazioni, nel bel mezzo di questo fervore agitato che è così affascinante nella sua contorta seppur semplice inafferrabilità. Ecco dunque che il mio studio può essere analizzato in modo molto chiaro e meno articolato, come un approfondire la nostra percezione di esistenza, ho provato a captare gli elementi di questa idea attraverso le mie radici, elaborarne dentro di me i concetti e produrre nel migliore dei modi una chioma, frutto di questa analisi. Non una chioma, bensì un ramo e forse un piccola foglia ad esso incollata, ancora non verde, che maturerà e col tempo cadrà alimentando nuovamente le radici ed aiutando il processo a ricominciare e produrre una nuova foglia, un nuovo ramo, nella speranza di arrivare ad ottenere una chioma intera.

Per concludere, ci tengo a ringraziare tutti coloro che mi hanno aiutato ad aggiungere questo tassello al mio percorso artistico, in particolare Marco Ligabue, relatore di questa tesi, il quale ha dimostrato sempre disponibilità e gentilezza, gli sono grato per aver condiviso con me la sua conoscenza ed avermi sostenuto in questo progetto.

Ringrazio anche Alfonso Belfiore, al quale porgo tutta la mia stima come artista ed insegnate instancabile, che mi ha dato l'opportunità di mettere in gioco le mie idee e di accrescere con l'esperienza la mia consapevolezza artistica e di vita.

Grazie a Roberto Neri e tutti gli insegnanti del corso di Musica e Nuove Tecnologie del conservatorio di Firenze, i quali hanno creato un ambiente accogliente e stimolante come pochi. Ringrazio quindi i miei colleghi di corso, con i quali ho trascorso momenti di profonda gioia e condivisione, in particolare ringrazio Davide Martiello per tutti questi anni passati insieme e per quelli ancora a venire.

Grazie alla mia famiglia per avermi sostenuto in questo percorso, nella speranza di aver dato loro soddisfazione e di poterne dare ancora in futuro. Un ringraziamento speciale alla mia ragazza Valentina, che instancabilmente ascolta i miei pensieri e mi sostiene in ogni momento della mia vita.

- I. Rechenberg, *Evolutionsstrategie - Optimeriung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution*, Fromman-Holzboog, 1973.
- J. Holland, *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, University of Michigan Press, Ann Arbor, 1975.
- D.E. Goldberg, *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, Adison Wesley, 1989.
- A.Horner / D.E. Goldberg, *Genetic algorithms and computer-assisted music composition* (dagli atti del 1991 International Computer Music Conference), International Computer Music Association, 1991.
- Gerhard Nierhaus, *Algorithmic Composition*, Springer-Verlag, Wien, 2009.
- B.L. Jacob, *Composing with genetic algorithms*, (in: Proceedings of the 1994 International Computer Music Conference), International Computer Music Association, San Francisco, 1994.
- A. Gartland-Jones, *Can a genetic algorithm think like a composer?* (dagli atti del 5th Internetional Conference on Generative Art) Politecnico di Milano, 2002.
- A. Gartland-Jones / P. Copley, *The suitability of genetic algorithms for musical composition*, Contemporary Music Review, 2003.
- R. A. Mc Intyre, *Bach in a Box: the evolution of four part Baroque harmony using the genetic algorithm.* (dagli atti della prima IEEE Conference on Evolutionary Computation, Orlando, Florida), 1994.
- G. Papadopoulos / G. Wiggins, A genetic algorithm for the generation of jazz melodies, STeP98, Jyväskylä, Finlandia, 1998.
- F. Giomi / M. Ligabue, *Software di generazione e studio di musica jazz : versione 1.0*, Pisa : CNUCE, 1988.
- J. A. Biles, *GenJam: a genetic algorithm for generating jazz solos* (dagli atti del 1994 International Computer Music Conference), International Computer Music Association, San Francisco, 1994.
- J.A. Biles / P.G. Anderson / L.W. Loggi, *A neural network fitness function for a musical IGA*, (dagli atti del primo International ICSC symposium on intelligent industrial automation and soft computing), Millet, Alberta, 1996.

- P. Mion / J. J. Nattiez / J. C. Thomas, *L'Envers d'une oeuvre. De Natura Sonorum de Bernard Parmegiani*, Buchet Chastel, 1990.
- P. Klee, *Teoria della forma e della figurazione*, Mimesis, 2009.
- P. Boulez, *Il paese fertile. Paul Klee e la musica*, Abscondita, 2017.
- P. Boulez, *Points de repère : Tome 3, Leçons de musique*, Bourgois, 2005
- P. Boulez / Jean-Pierre Changeux / Philippe Manoury, *I neuroni magici*, Carocci, 2016.
- F. Giomi / M. Ligabue, *L' esperienza elettroacustica di Franco Evangelisti : analisi di "Incontri di fasce sonore",* Sonus : materiali per la musica contemporanea , A. 8, n. 1 (1996), pp. 38-61.
- G. Verrando e AA.VV., *La nuova liuteria: orchestrazione, grammatica, estetica*, Edizioni Suvini Zerboni, 2012.
- A. Valle, *La notazione musicale contemporanea. Aspetti semiotici ed estetici*, EDT, 2003
- A. M. Corduas / T. Di Natale / M. Maggiore, Triesis. *Appunti di semiografia musicale con esercizi*, Edizioni Curci, 2007.
- G. Barsanti, *Una lunga pazienza cieca. Storia dell'evoluzionismo*, Einaudi, 2005.
- S. Mancuso / A. Viola, *Verde Brillante*, Giunti, 2013.
- G. Zucco, *Sintesi digitale del suono. Laboratorio pratico di Csound*, Giancarlo Zedde Editore, 2014.
- R. Bianchini / A. Cipriani, *Il suono virtuale. Sintesi ed elaborazione del suono. Teoria e pratica con Csound*, ConTempoNet, 2011.
- R. Boulanger, *The Csound Book: Perspectives in Software Synthesis, Sound Design, Signal Processing, and Programming*, Mit Pr, 2000.

Sitografia (consultata tra febbraio e ottobre 2017)

- http://www.okpedia.it/algoritmo_genetico (Introduzione all'algoritmo genetico ed esempi).
- *http://www.talkorigins.org/faqs/homs/mitoeve.html* (eva mitocondriale).
- *https://it.wikipedia.org/wiki/Eva_mitocondriale* (eva mitocondriale).

- *https://it.wikipedia.org/wiki/Teoria_della_catastrofe_di_Toba* (catastrofe di Toba).
- *http://www.ilpost.it/2011/06/28/perche-ce-solo-una-specie-di-esseri-umani/2/* (possibili conseguenze catastrofe di Toba).
- http://www.pietrogrossi.org (Informazioni relative a Pietro Grossi).
- http://www.csounds.com (sito ufficiale di Csound).

Software utilizzati

- CsoundQt
- Finale 2014
- Logic Pro X
- StagePlotPro

PARTE III

Partitura

Matteo Tundo

Sotto le acque di Toba

per ensemble di fiati e live electronics

(2017)

Elenco Strumenti e Materiali:

- 2 Clarinetti
- 2 Flauti
- 2 Oboi
- Clarinetto basso
- Corno
- Sax Tenore
- Fagotto
- Mixer (almeno quattro canali)
- Impianto quadrifonico (Left e Right invertiti dietro)
- Scheda audio (uscita stereofonica)
- Controller midi (con fader, ad esempio: Akai MidiMix)
- Catenina di metallo (per corno)
- Bastoncino di legno o penna (per oboe 1)

Indicazioni per gli strumentisti:

Tempo: Seguire il metro prestabilito solo dove segnalato, da quando si trova l'indicazione "no tempo" fino a nuova indicazione non c'è metro prestabilito, spesso si trovano in partitura delle cifre che indicano la durata approssimativa di una battuta o di un sistema di battute, rimane comunque a scelta dell'esecutore purché sia congrua al contenuto.

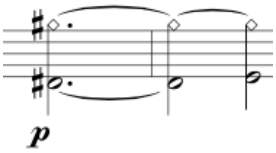
Suddivisione: La suddivisione delle battute è stata organizzata in modo tale da rendere più agevole la lettura all'esecutore (eccetto nei momenti in cui vi è un metro prestabilito). Sono segnalate in partitura delle sezioni (A, B, C,…), che vanno considerate comunque in un flusso continuo temporale.

Simboli in partitura:

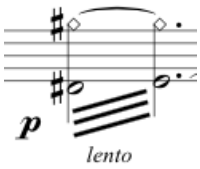
+ : 1. Posto su note suonate dal corno indica suoni chiusi (bouchés), chiudere quindi il padiglione dello strumento con la mano destra. 2. Per tutti gli altri strumenti è un'indicazione di grande densità, ovvero produrre molti suoni.

- : Indicazione di poca densità, diminuire sensibilmente la produzione di suoni.

° : Per il corno, indica suoni aperti, da eseguire normalmente.

Multifonici (es. 

) : Eseguire i multifonici scritti secondo le indicazioni dinamiche.

Trilli (es. 

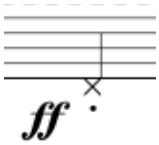
) : Eseguire i trilli secondo le indicazioni dinamiche e di velocità.

w.t. : Per il flauto, indica di utilizzare la tecnica per produrre *whistle tones*, suoni senza precisa intonazione nel registro più alto dello strumento. Scelta frequenziale a discrezione dell'esecutore.

slap: Per il clarinetto basso, eseguire le note con la tecnica dello *slap tongue*.

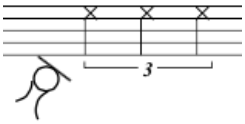
triple tongued: Per l'oboe, produrre rapide terzine "tongued" delle note.

KEY CLICKS: Produrre suoni percussivi utilizzando solamente le chiavi dello strumento.

Suoni indeterminati, privi di altezza (es. 

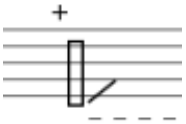
) : Produrre suoni simil-percussivi, con l'uso della tecnica indicata.

AIR: Emissione di aria attraverso il soffio nello strumento, senza produrre suoni.

Colpi (es. 

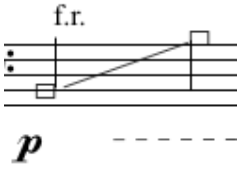
) : Per il corno, colpire con la mano aperta l'imboccatura dello strumento e suonare il ritmo scritto in partitura.

Schiocchi (es.
) : Per il clarinetto basso, far schioccare la lingua all'imboccatura dello strumento.

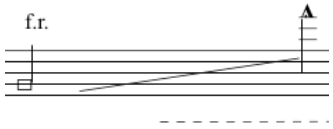
Colpi 2 (es. 
) : Per l'oboe, colpire lo strumento con un oggetto, ad esempio una penna.

Strusciare: (es.
) : Per il corno, strusciare sullo strumento con una catenina di metallo.

f.r. : *finger rumbling*, suonare rapido e con intonazione confusa nel range segnalato in partitura.

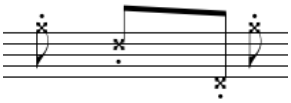
Range di altezze: (es. 

) : Suonare nel range di altezze stabilite in partitura, in senza precisione frequenziale.

Range di altezze 2: (es. 

) : Possibile suonare dalla nota più bassa indicata, fino alla nota più acuta possibile, senza precisione frequenziale.

h.t. : *helicopter tonguing*, per il fagotto, suonare note estremamente basse “tongued”, quasi senza emissione di suoni determinati.

Note a scelta: (es. ) : Suonare note a scelta dell’esecutore, con un andamento aritmico, ma usando la tecnica segnalata (*staccato* nel caso dell’esempio).

i.p. : *pitch impreciso*, suonare stonando la nota indicata, muovendosi per quarti di tono o più attorno ad essa. (Una sorta di tremolo lento e irregolare).

espandi gli intervalli: indicazione che suggerisce di ampliare gli intervalli dell’imprecisione quando si suona i.p.

calante 1/4: per l’oboe, indica di continuare a suonare la parte indicata, ma in modo calante di un quarto di tono.

N.B.: A fianco alla sezione **E** è segnalata l’indicazione **per tutti aritmico**, in quanto è richiesta un’esecuzione priva di ritmo prestabilito, le durate delle note sono indicative dell’andamento generale richiesto.

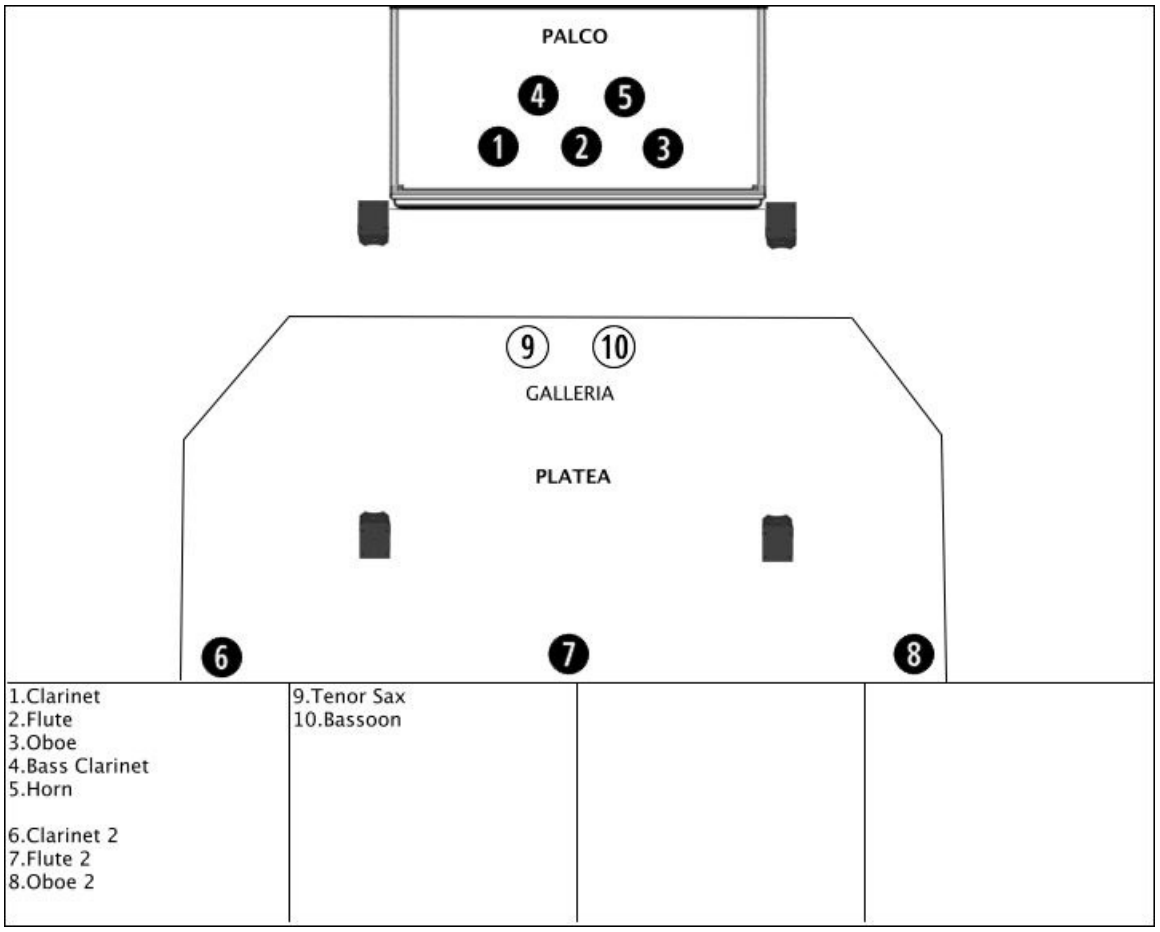
DISPOSIZIONE DEGLI ESECUTORI E MOVIMENTI:

Disposizione iniziale:

Palco: Flauto 1, Oboe 1, Clarinetto 1, Clarinetto Basso, Corno.

Platea dietro: Oboe 2 (angolo destro), Clarinetto 2 (angolo sinistro), Flauto 2 (centrale)

Galleria: Sax Tenore, Fagotto (davanti centrali)



Se non si dispone della galleria, posizionare il sax tenore ed il fagotto in platea, davanti al pubblico, al quale devono volgere le spalle.

MOVIMENTO 1:

Galleria: Sax Tenore si muove verso dietro lateralmente a sinistra, Fagotto si muove verso dietro lateralmente a destra.

MOVIMENTO 2:

Platea dietro: Muoversi verso avanti fino al raggiungimento del centro della sala, ma rimanere nelle posizioni orizzontali prestabilite (Fl. 2 centrale, Ob.2 destra, Cl.2 sinistra).

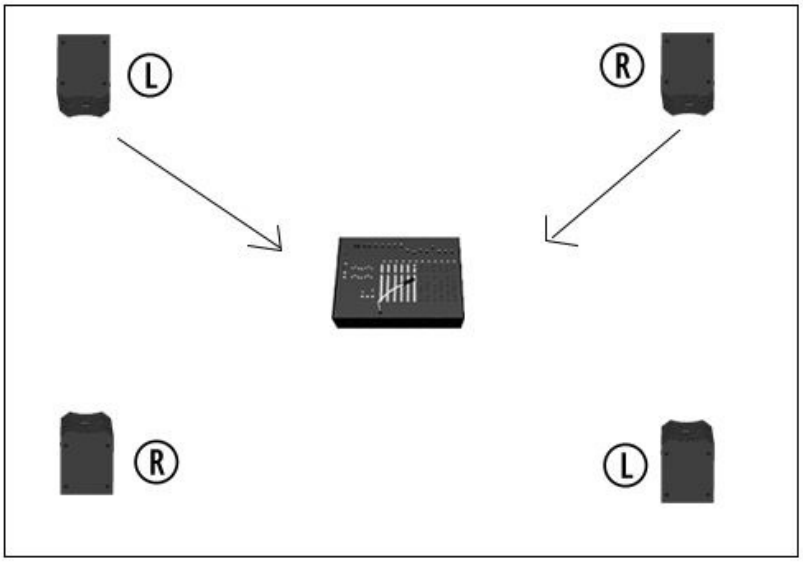
Galleria: Muoversi verso avanti, ma rimanere nelle posizione orizzontali raggiunte in precedenza (Sax Tenore destra, Fagotto sinistra).

MICROFONAZIONE: Solo il Corno deve essere microfonato.

ELETTRONICA (Csound per elaborazione, Mixer per spazializzazione):

Primo intervento:

Avviare il listato di Csound per eseguire la parte dell' *Instr 1*. Convoluzione tra il suono live del corno ed un suono preregistrato di sax tenore. Nel frattempo avviene attraverso il mixer la spazializzazione del suono convoluto, che dovrà muoversi dalle due casse frontali alle due casse posteriori. Una volta effettuata la spazializzazione dovrà essere effettuato un fadeout direttamente da Csound. Terminato il fade out, si può stoppare l'esecuzione di Csound.



Movimento suono: Da stereo avanti a stereo dietro.			

Diffusione sonora Primo intervento elettronica

Slider utilizzati per il primo intervento dell'elettronica

Lo slider *mix* regola il missaggio tra il suono del corno in ingresso live e quello del file preregistrato di sax tenore.

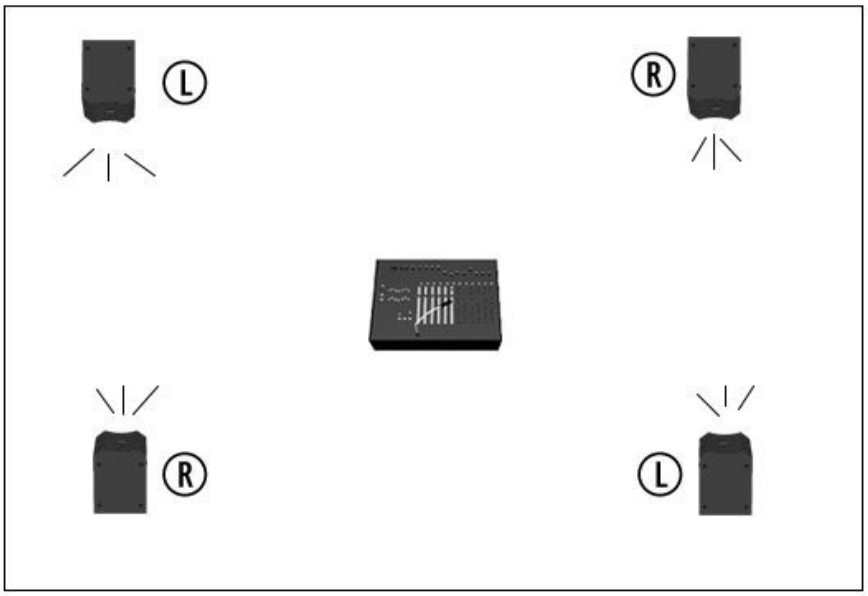
Lo slider *vol* controlla il volume in uscita solo del suono mixato.

Effettuare il missaggio dei due suoni muovendo lo slider *mix* verso l'alto, lo slider *vol* deve essere posizionato di partenza circa a metà della sua altezza complessiva, l'esecutore dovrà comunque gestire il volume a seconda delle occasioni e della sala.

Lo slider *mix* deve essere portato fino alla sua posizione di massima altezza in circa 30 sec., a quel punto l'esecutore dovrà eseguire un lento fade out con l'utilizzo dello slider *vol* in circa 20 sec.

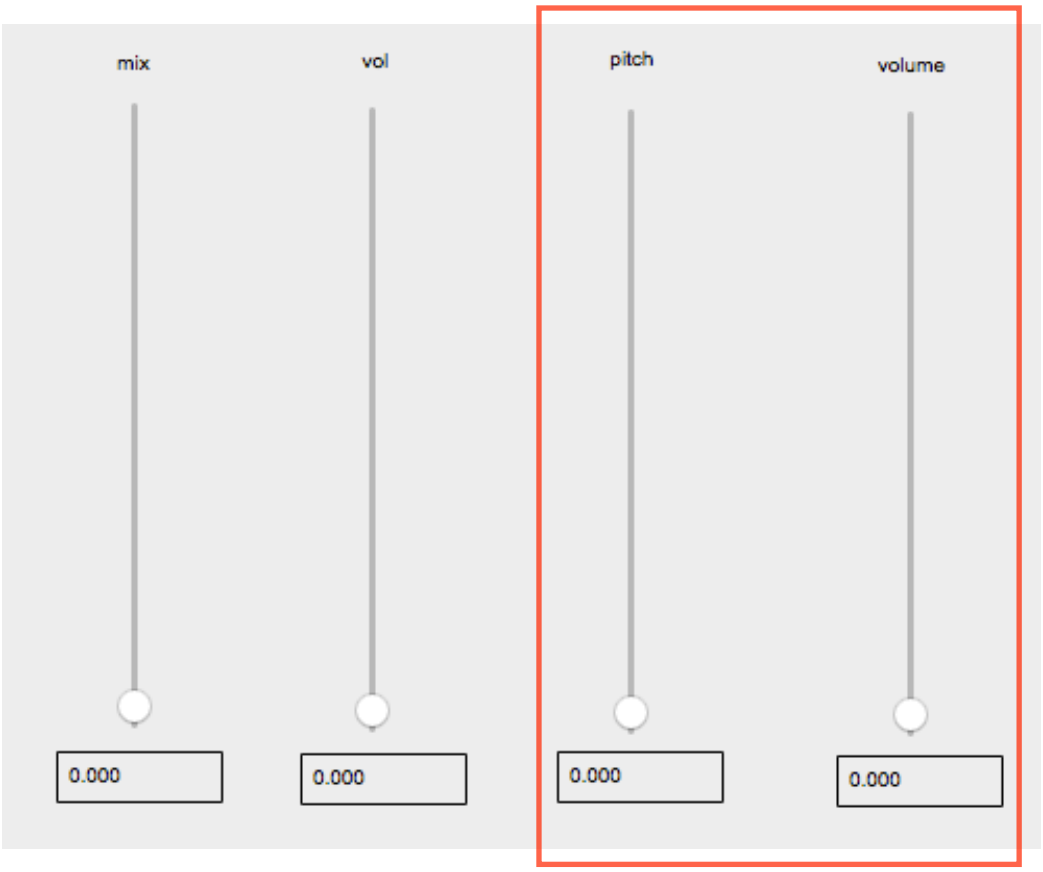
Secondo intervento

Avviare il listato di Csound per eseguire la parte dell'*Instr. 2*. Analisi del suono del corno e successiva risintesi di alcune parziali. Registrazione delle parziali e loop che continuerà anche dopo la fine della parte strumentale. Chiudere il brano con un lento fade out.



Diffusione quadrifonica.			

Diffusione sonora Secondo intervento elettronica



Slider utilizzati per il secondo intervento dell'elettronica

Lo slider *pitch* controlla la frequenza alla quale vengono risintetizzate le parziali del corno analizzate.

Lo slider *volume* controlla il volume generale in uscita.

La registrazione iniziale del loop avviene in 15 secondi, nei quali lo slider *pitch* deve essere posizionato ad un valore vicino a 1.000, per evitare di compromettere frequenzialmente l'analisi del suono in ingresso. Superati i primi 15 secondi, verrà avviato il loop registrato, a questo punto l'esecutore può liberamente gestire il controllo del pitch attraverso lo specifico slider, si consiglia tuttavia di non esagerare nel discostarsi dal pitch originale e di essere piuttosto delicati nei movimenti dello slider. Il controllo del volume è a discrezione dell'esecutore, il fade out finale va effettuato in circa un minuto.

Sotto le acque di Toba

per ensemble di fiati e live electronics

Matteo Tundo

A

Flute 1

Oboe 1

Clarinet 1

Bass Clarinet

Horn

c.a 15 sec. *c.a 15 sec.*

ppp *mf* *pp* *mf*

♩ = 60

0'30"

Fl. 1

Ob. 1

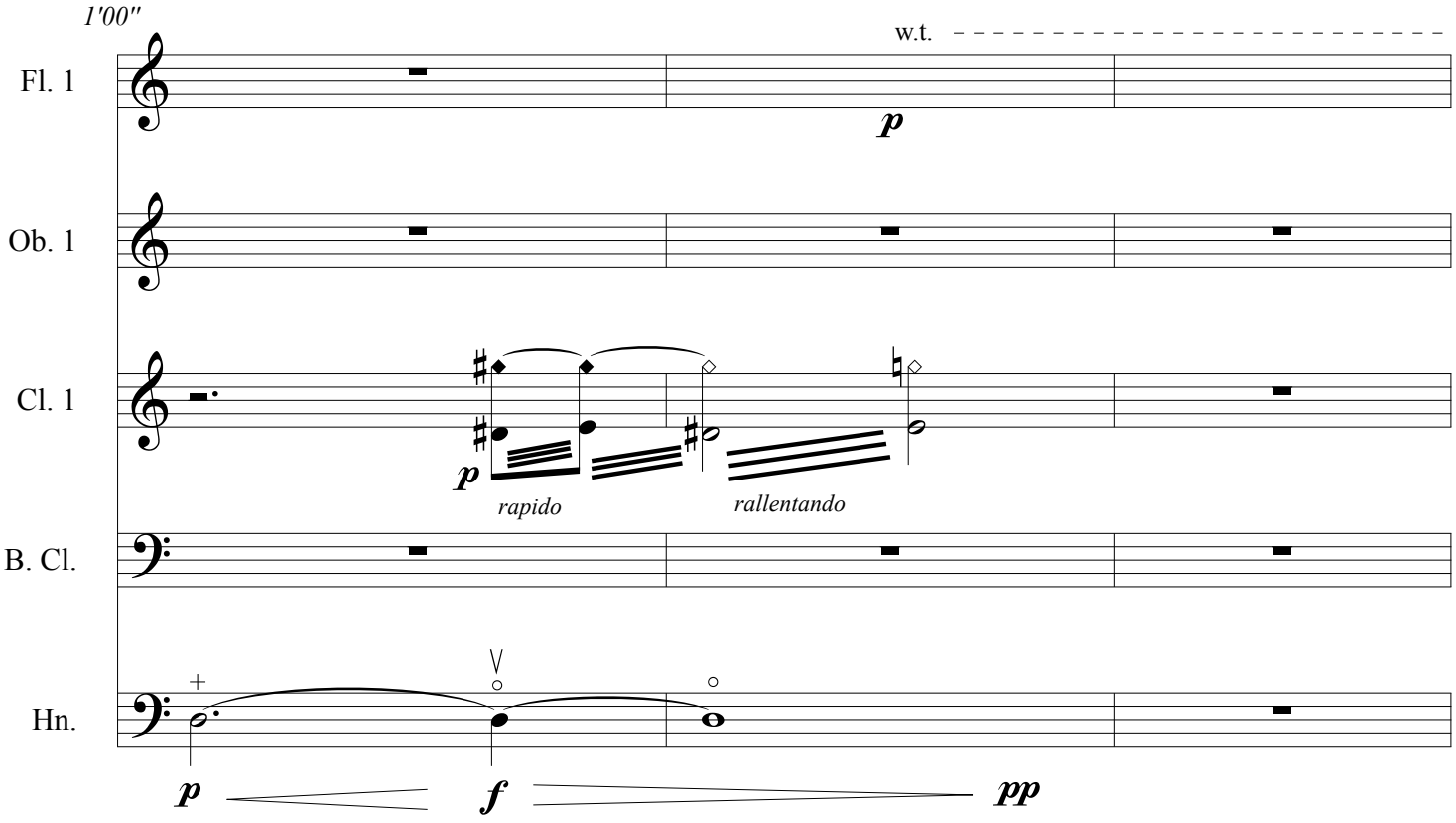
Cl. 1

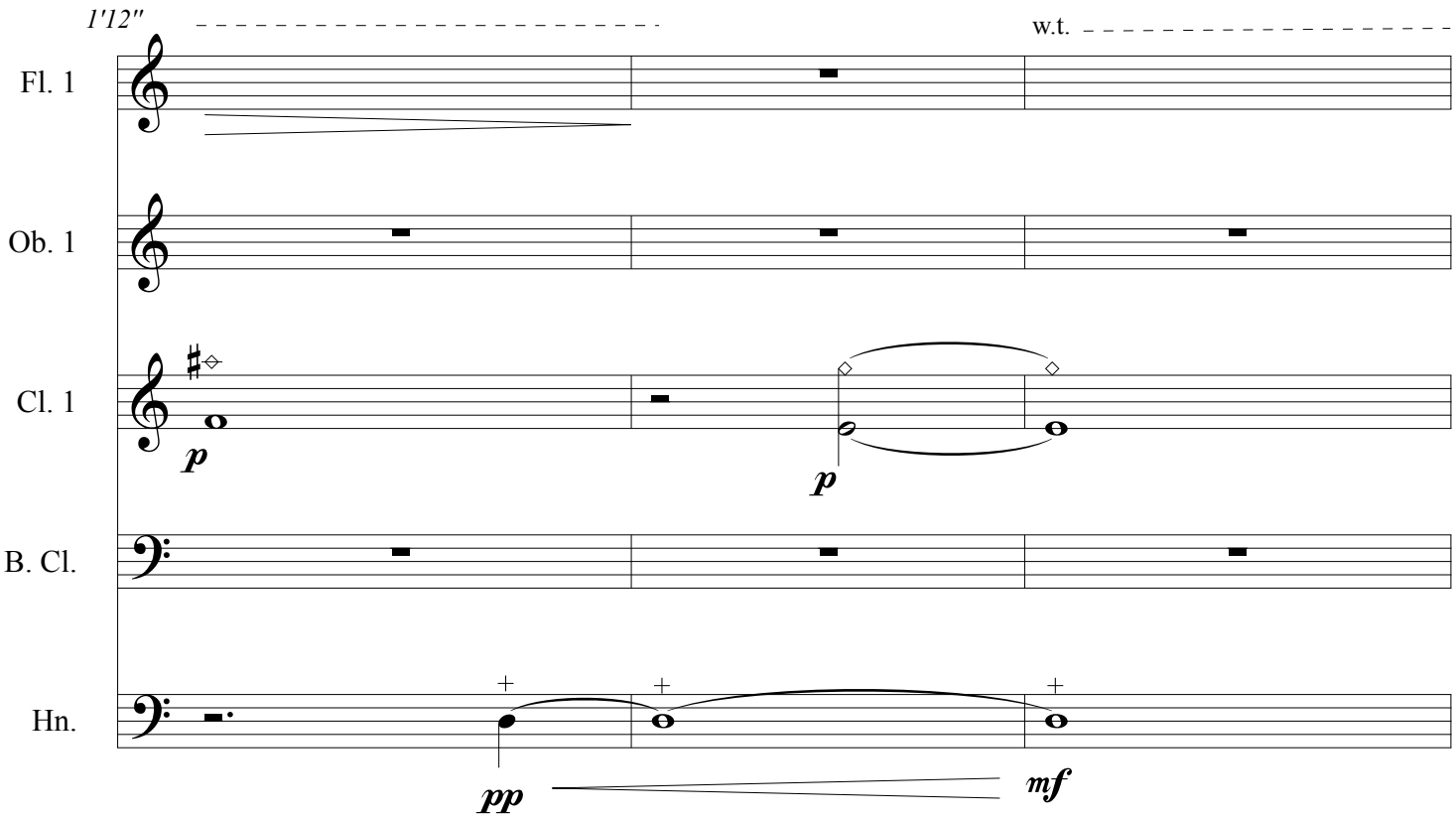
p *p* *lento*

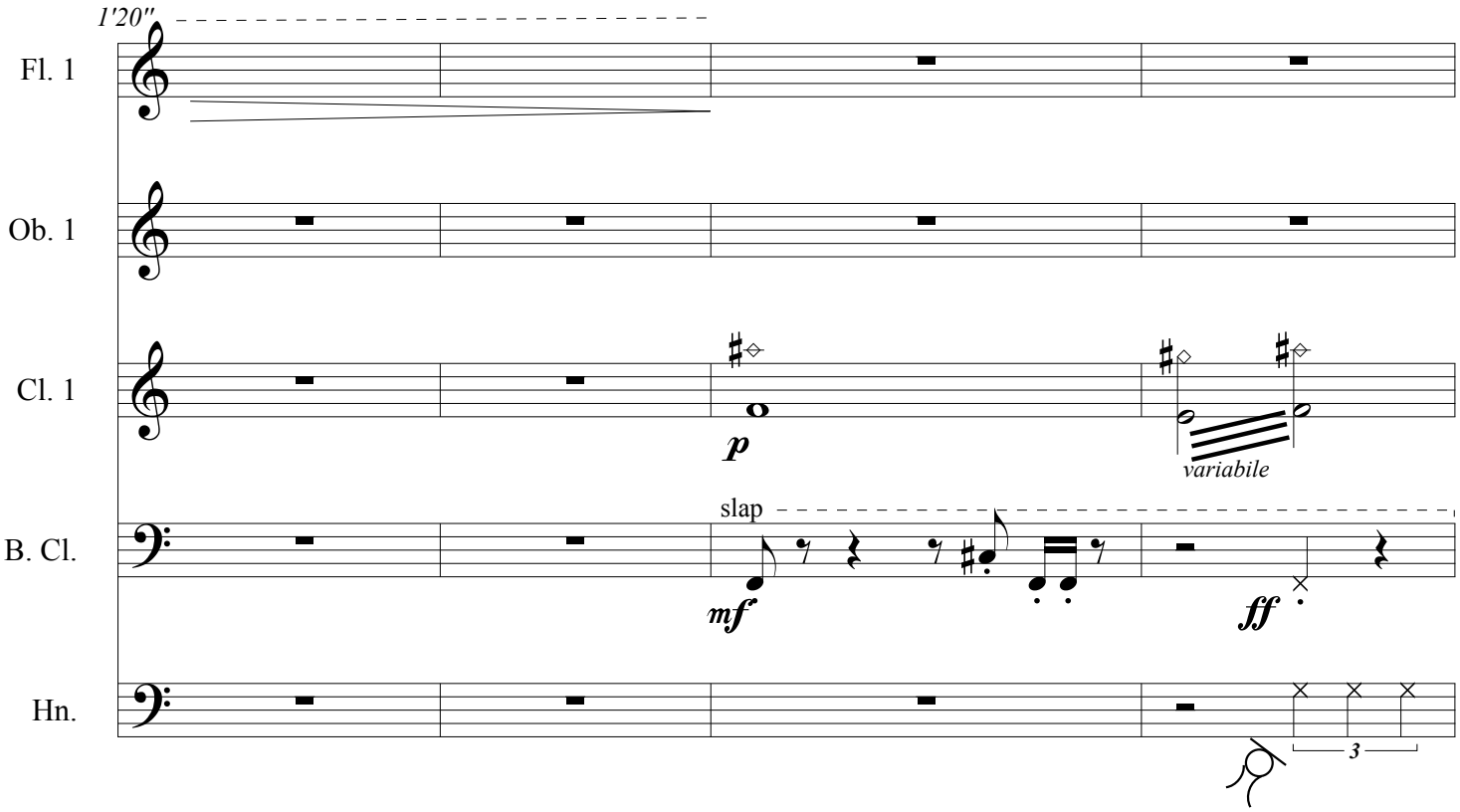
B. Cl.

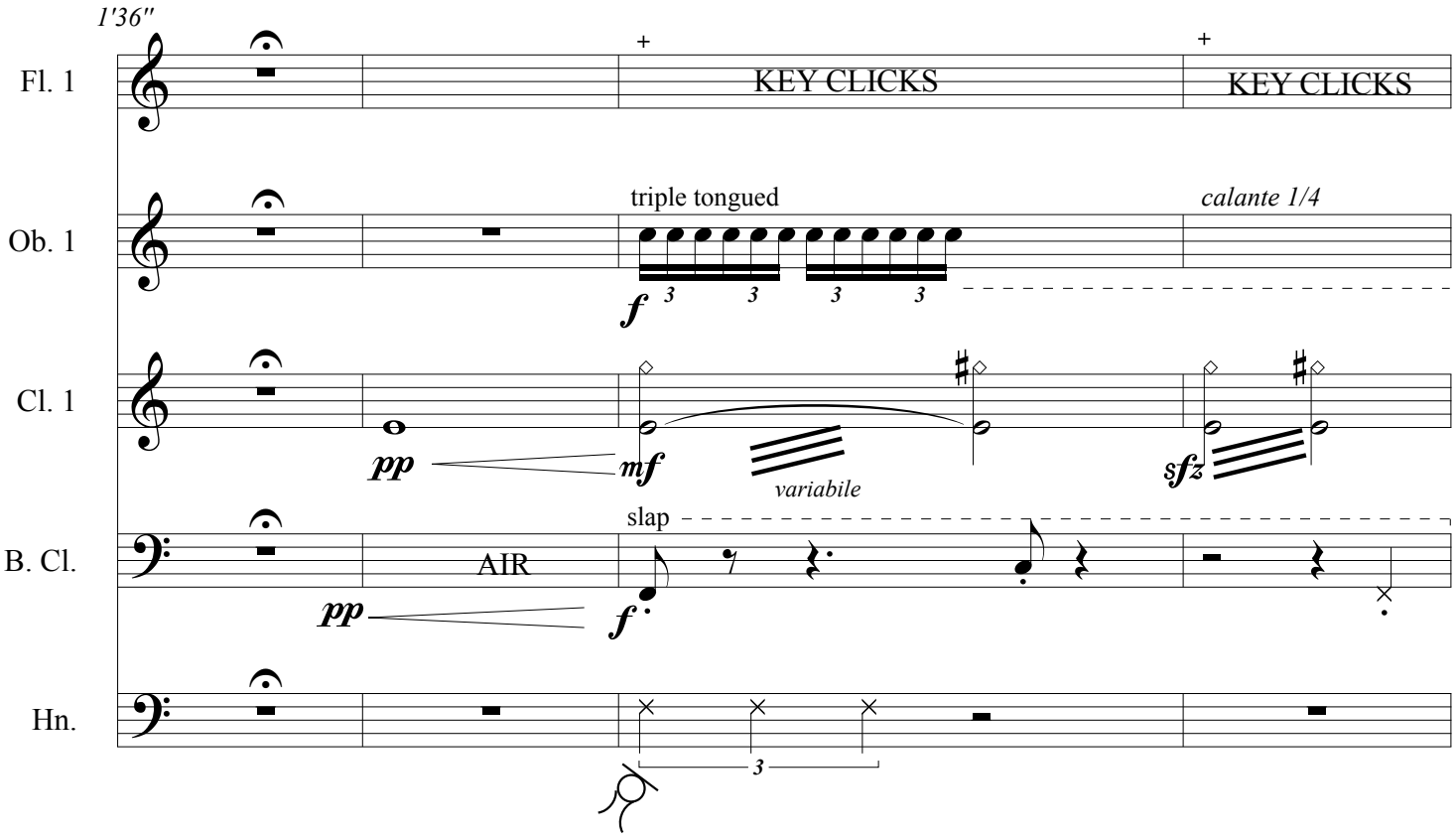
Hn.

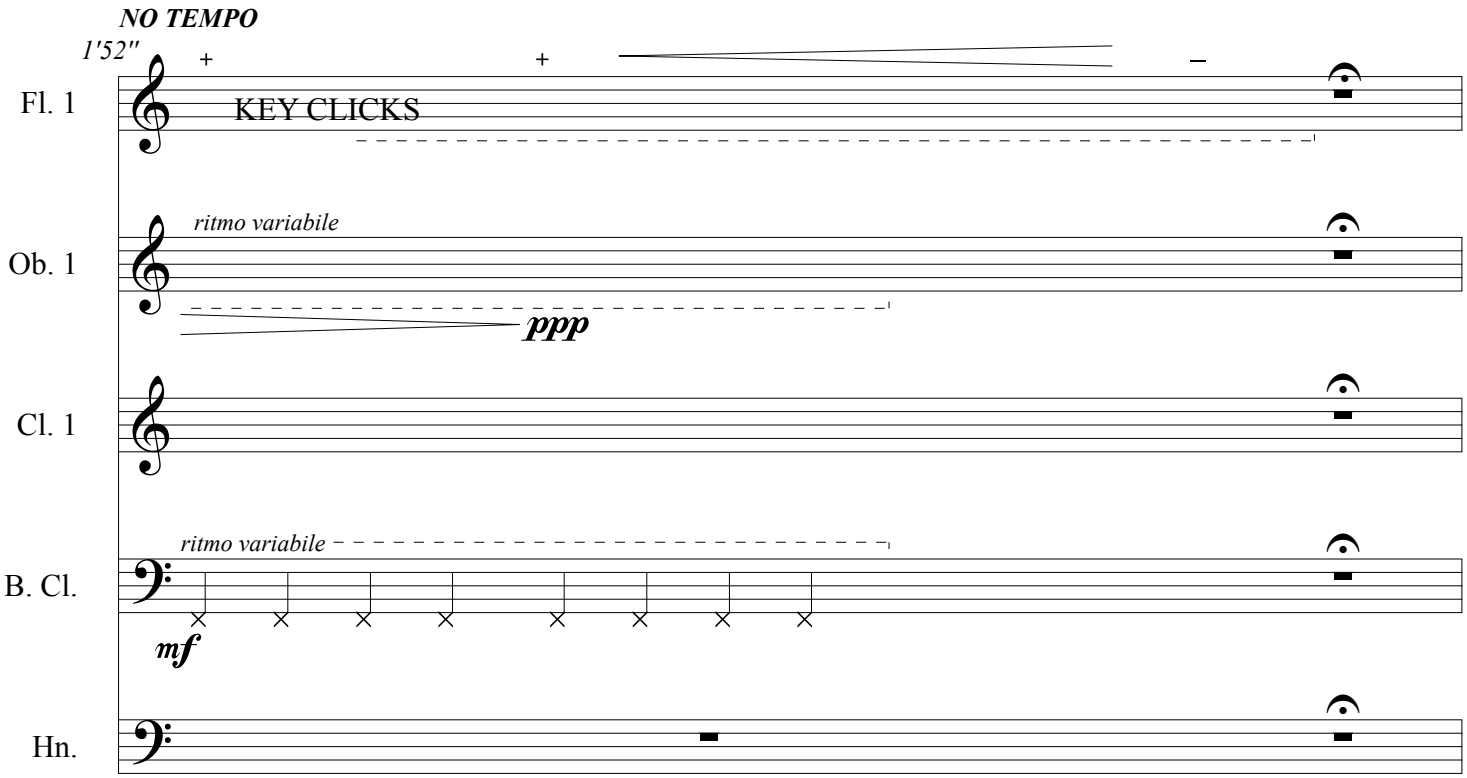
p *mf* *p* *p* *mf* *p*

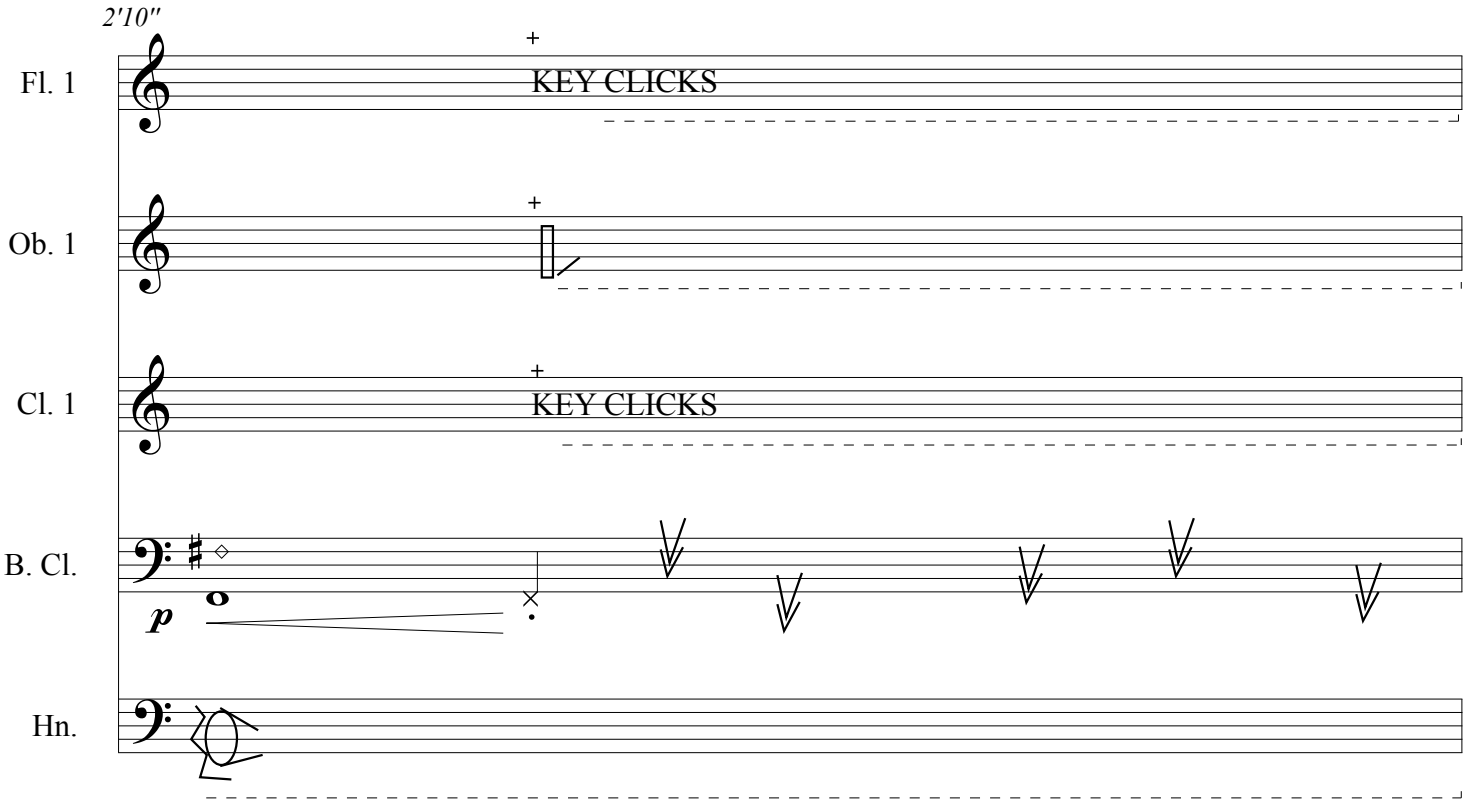

1'00"
w.t.
Fl. 1
p
Ob. 1
Cl. 1
p
rapido
rallentando
B. Cl.
Hn.
p
f
pp

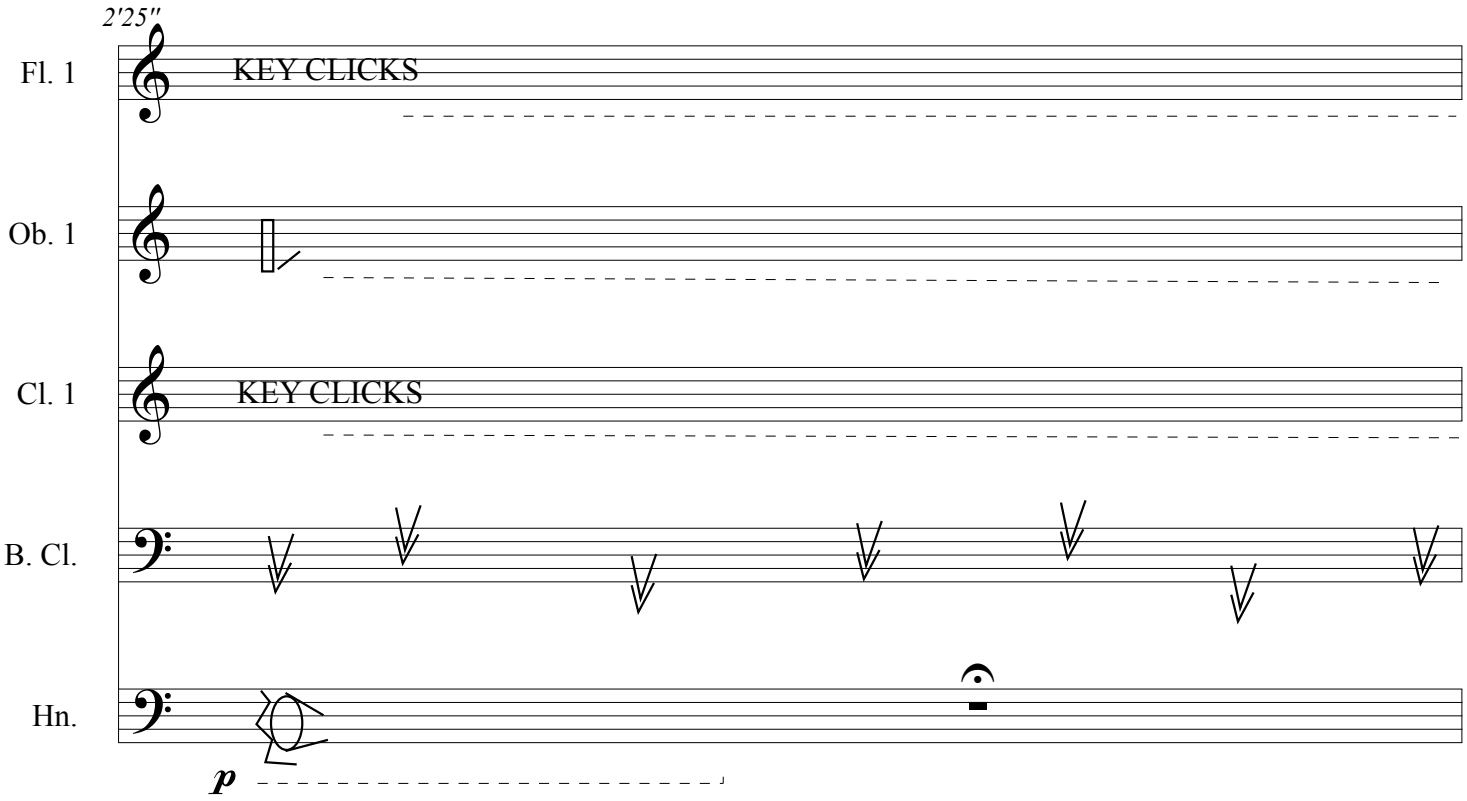

1'12"
w.t.
Fl. 1
Ob. 1
Cl. 1
p
p
B. Cl.
Hn.
pp
mf

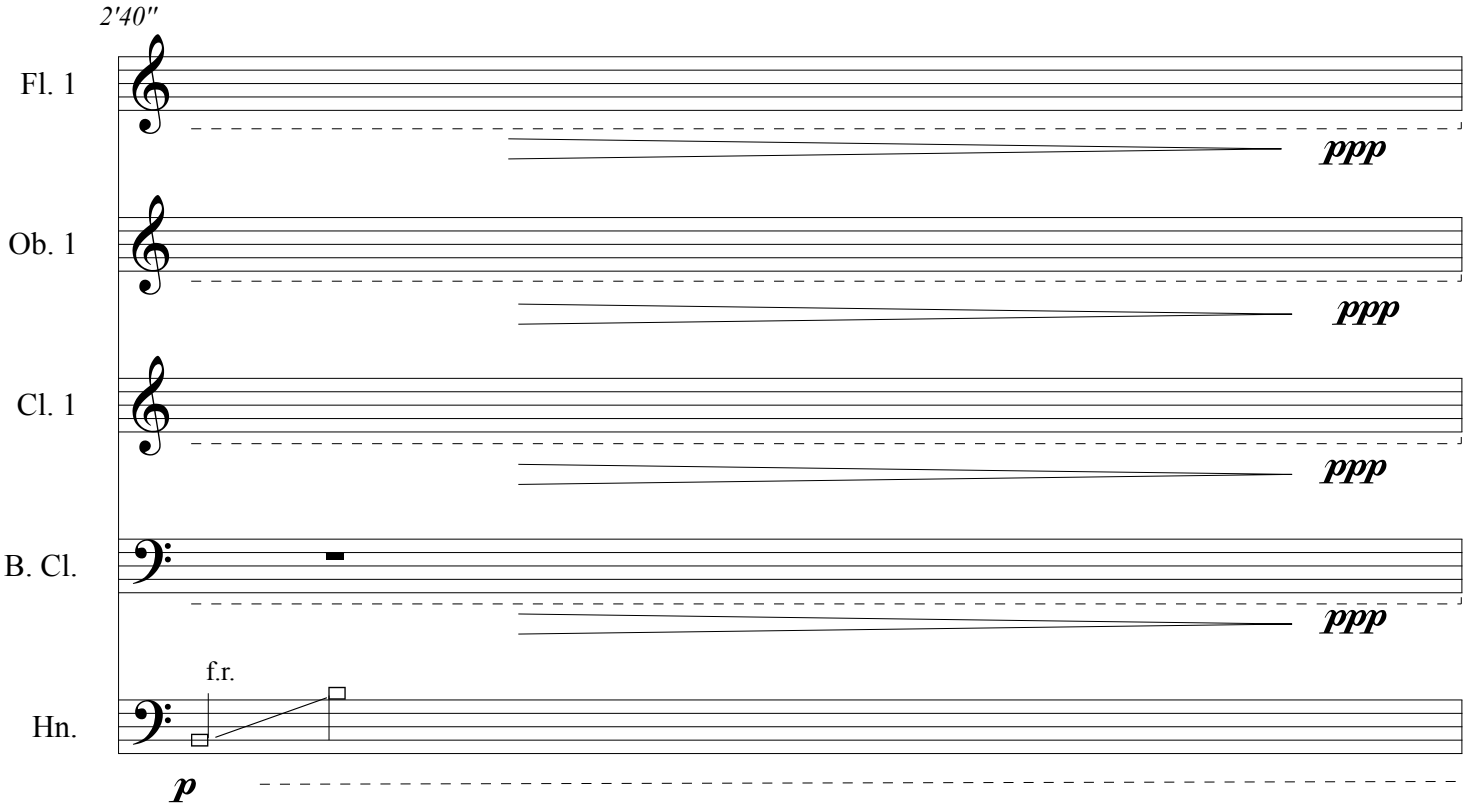

1'20"
Fl. 1
Ob. 1
Cl. 1
p
variabile
B. Cl.
slap
mf
ff
Hn.
3

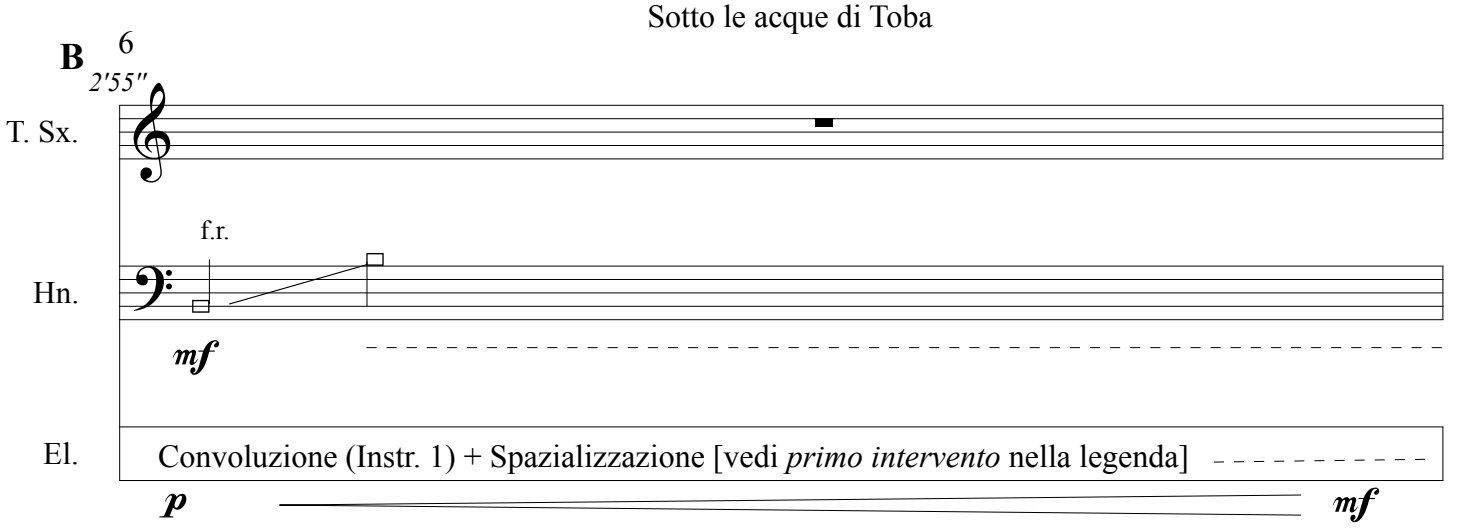

1'36"
Fl. 1
+
KEY CLICKS
+
KEY CLICKS
Ob. 1
triple tongued
f
3
calante 1/4
Cl. 1
pp
mf
variabile
sfz
B. Cl.
slap
AIR
pp
f
Hn.
3

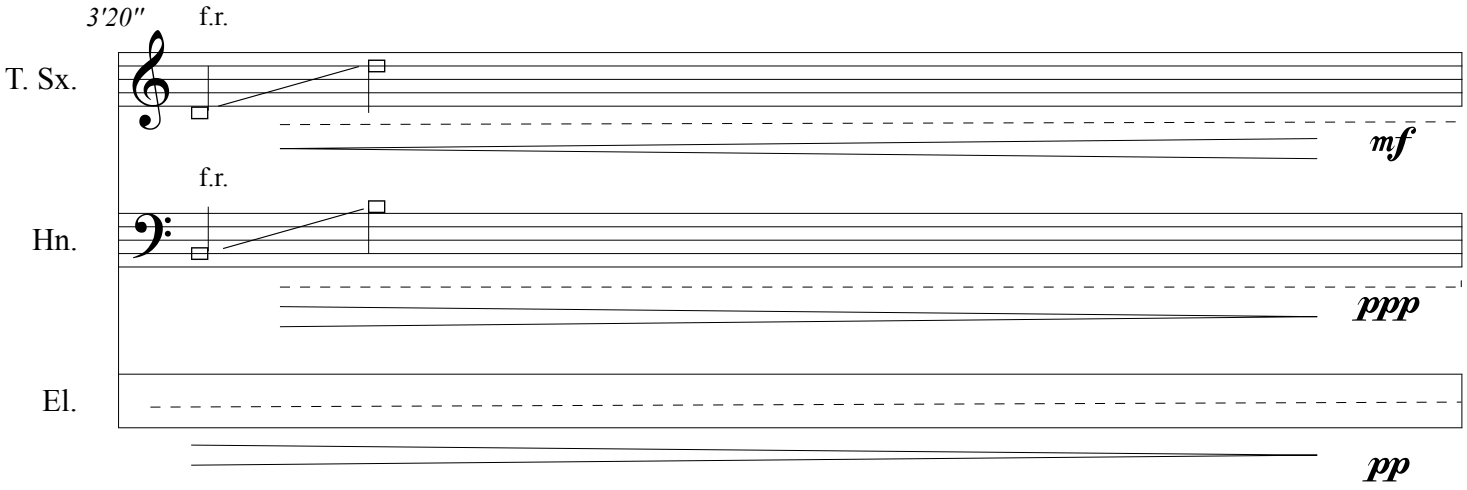

NO TEMPO
1'52"
Fl. 1
KEY CLICKS
Ob. 1
ritmo variabile
ppp
Cl. 1
B. Cl.
ritmo variabile
mf
Hn.

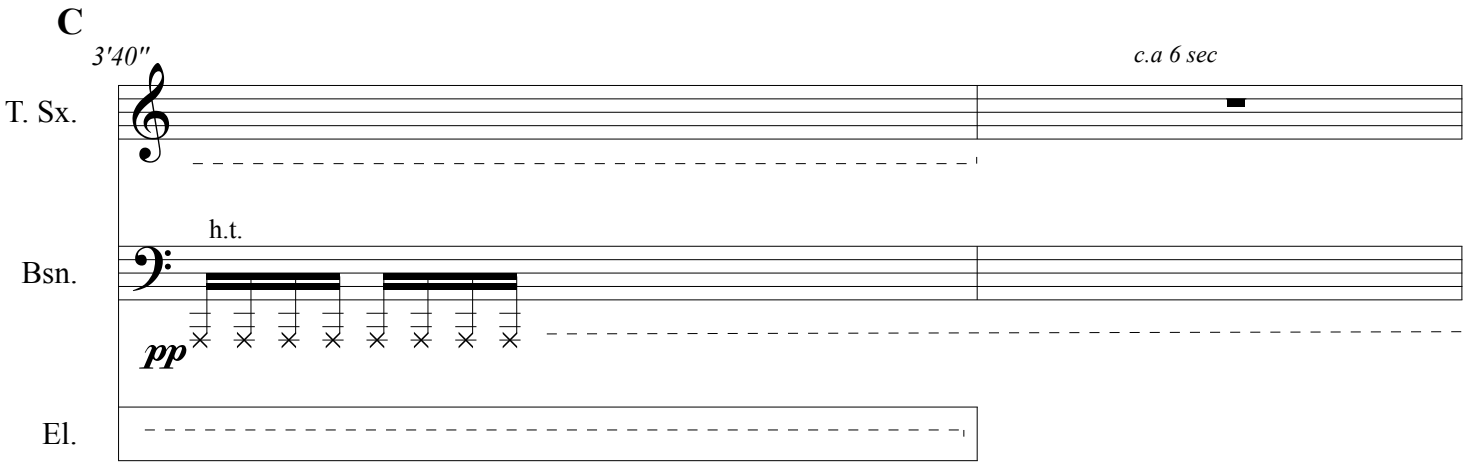

2'10"
Fl. 1
KEY CLICKS
Ob. 1
Cl. 1
KEY CLICKS
B. Cl.
p
Hn.

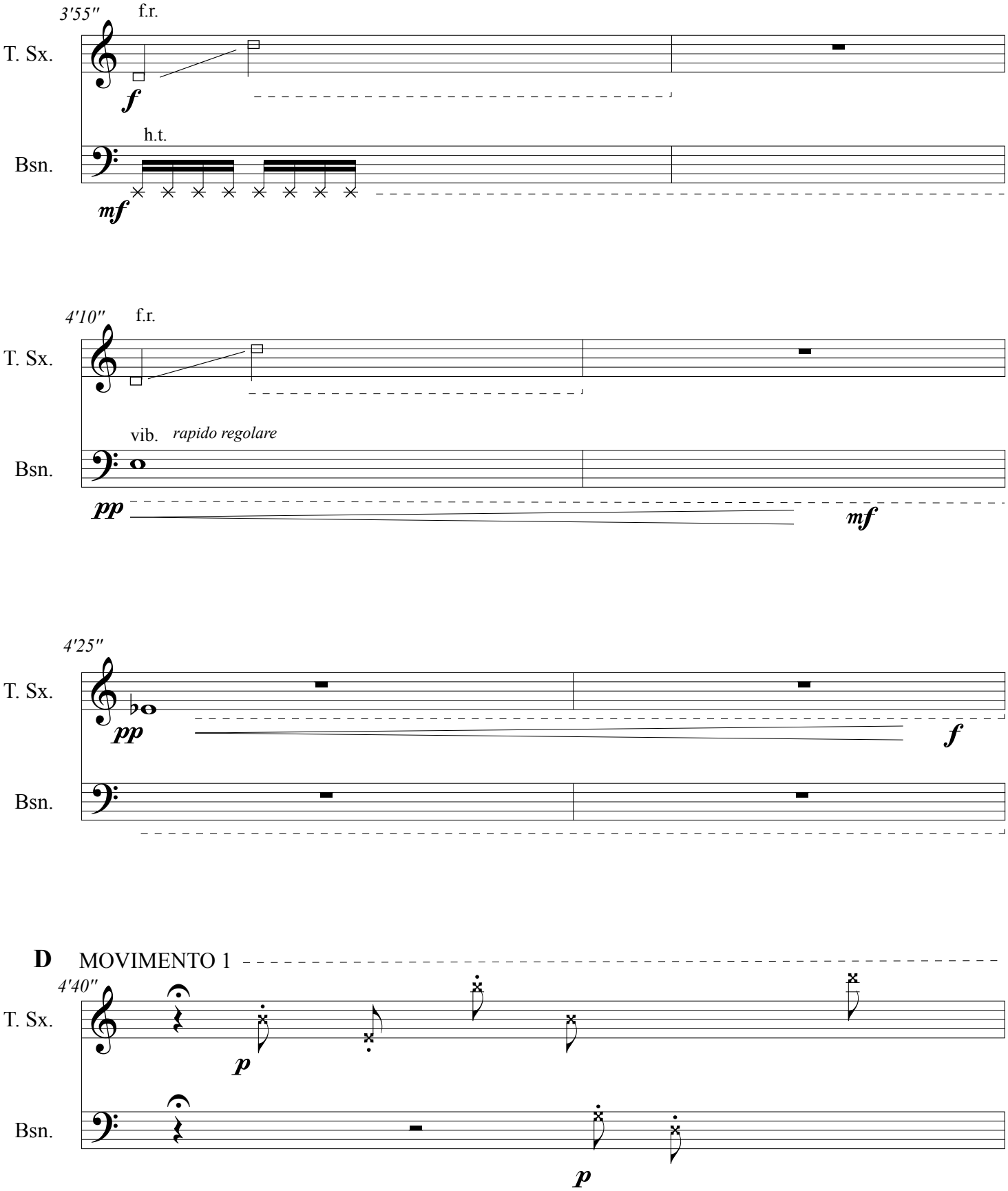

2'25"
Fl. 1
KEY CLICKS
Ob. 1
Cl. 1
KEY CLICKS
B. Cl.
Hn.
p

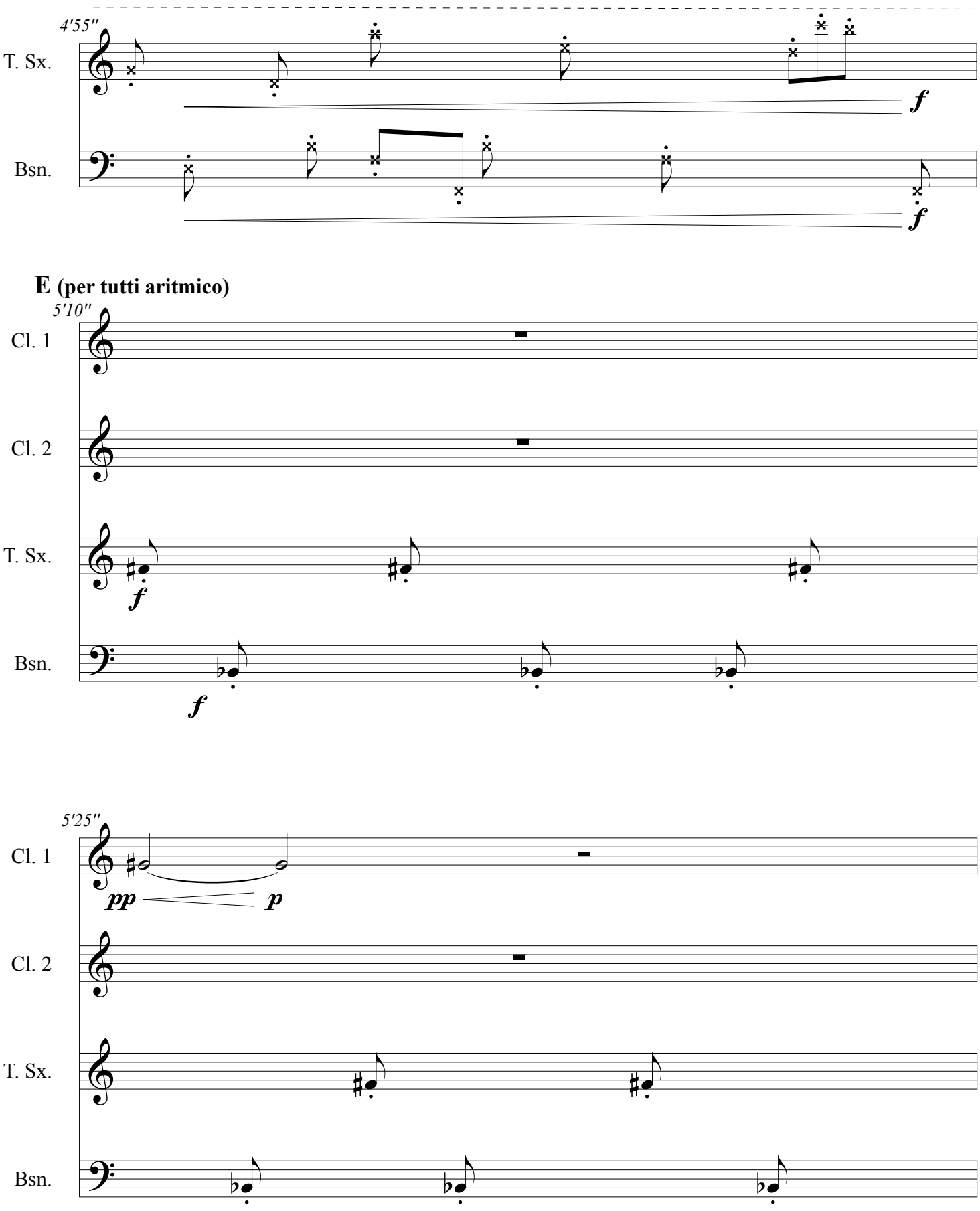

2'40"
Fl. 1
ppp
Ob. 1
ppp
Cl. 1
ppp
B. Cl.
ppp
f.r.
Hn.
p

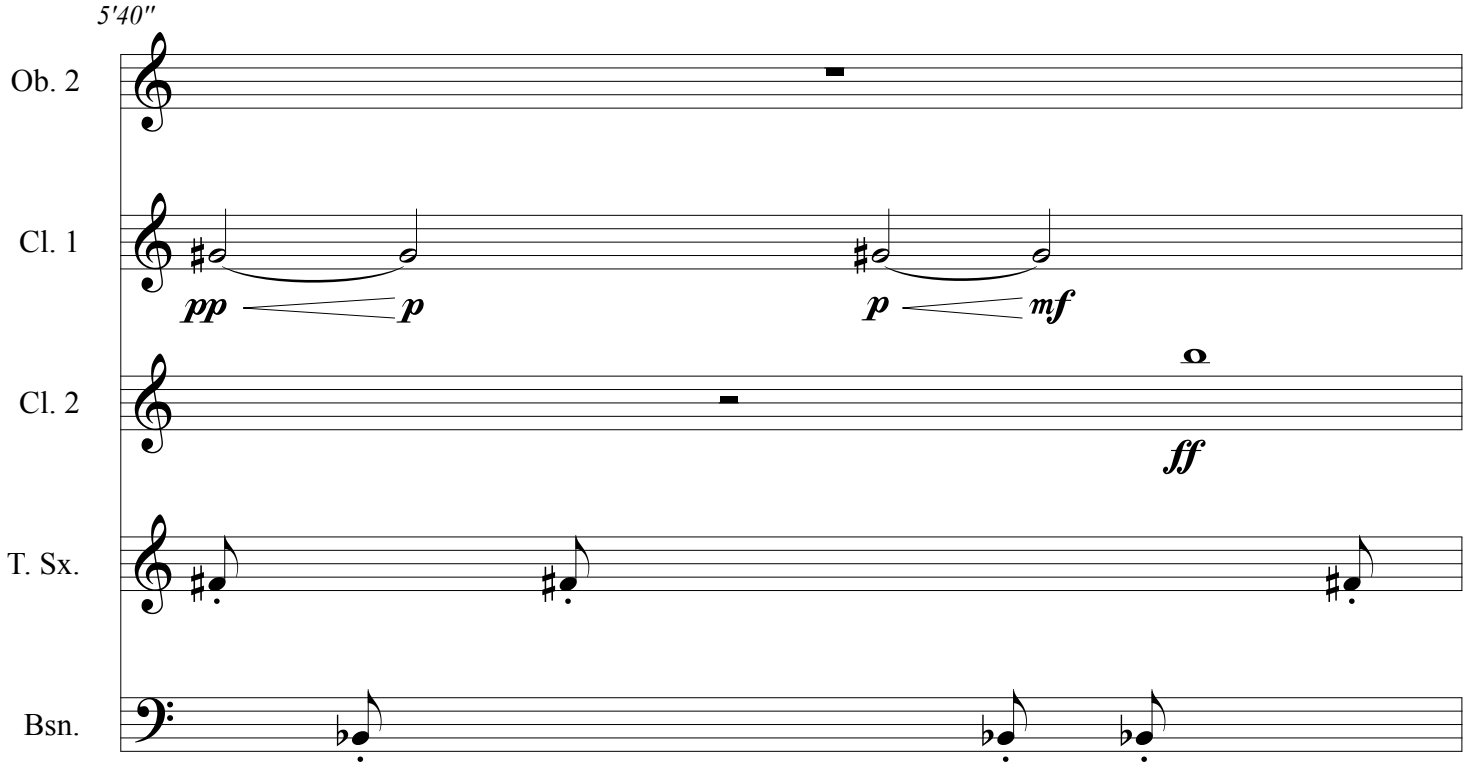

6
B
2'55"
T. Sx.
f.r.
Hn.
mf
El.
Convoluzione (Instr. 1) + Spazializzazione [vedi primo intervento nella legenda]
p
mf

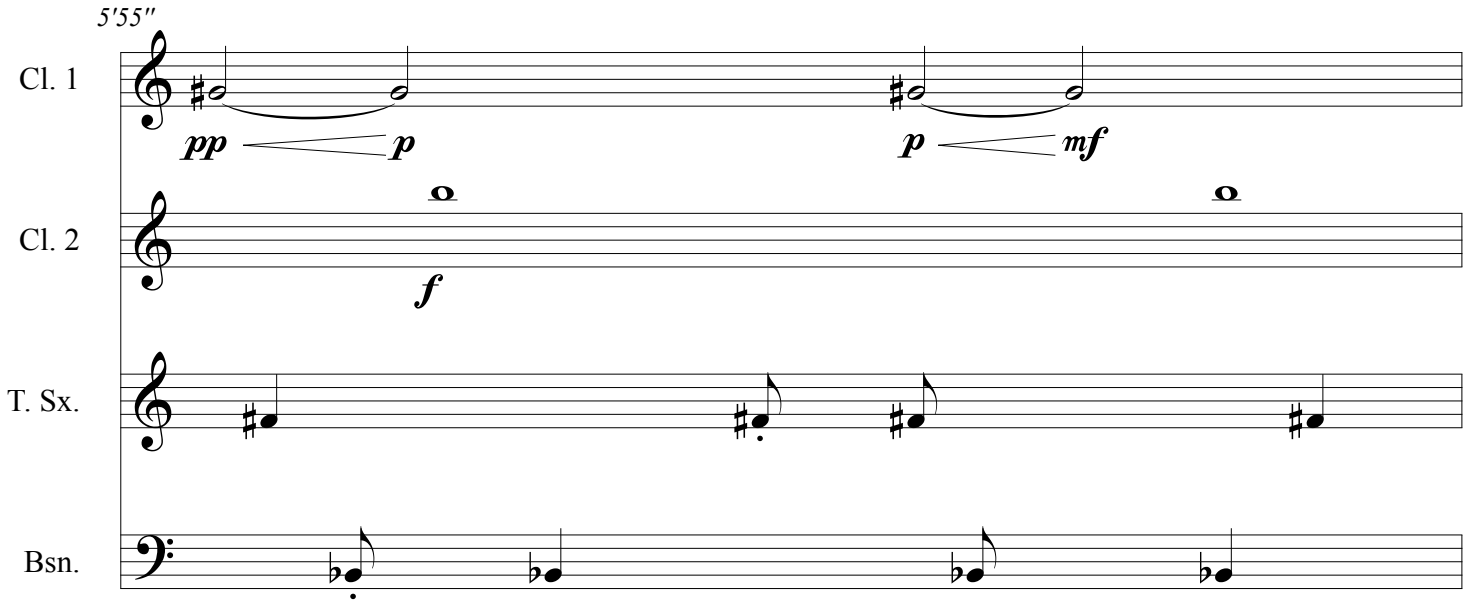

3'20"
f.r.
T. Sx.
mf
f.r.
Hn.
ppp
El.
pp

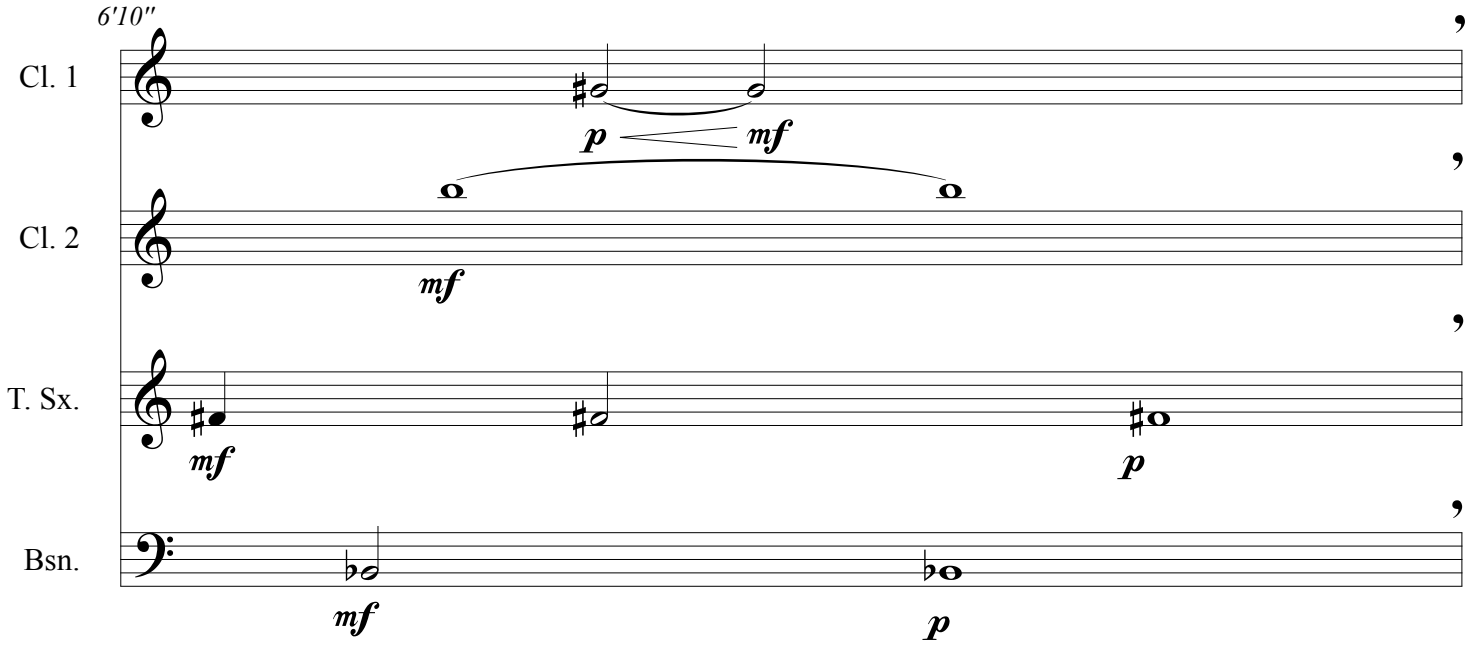

C
3'40"
c.a 6 sec
T. Sx.
h.t.
Bsn.
pp
El.

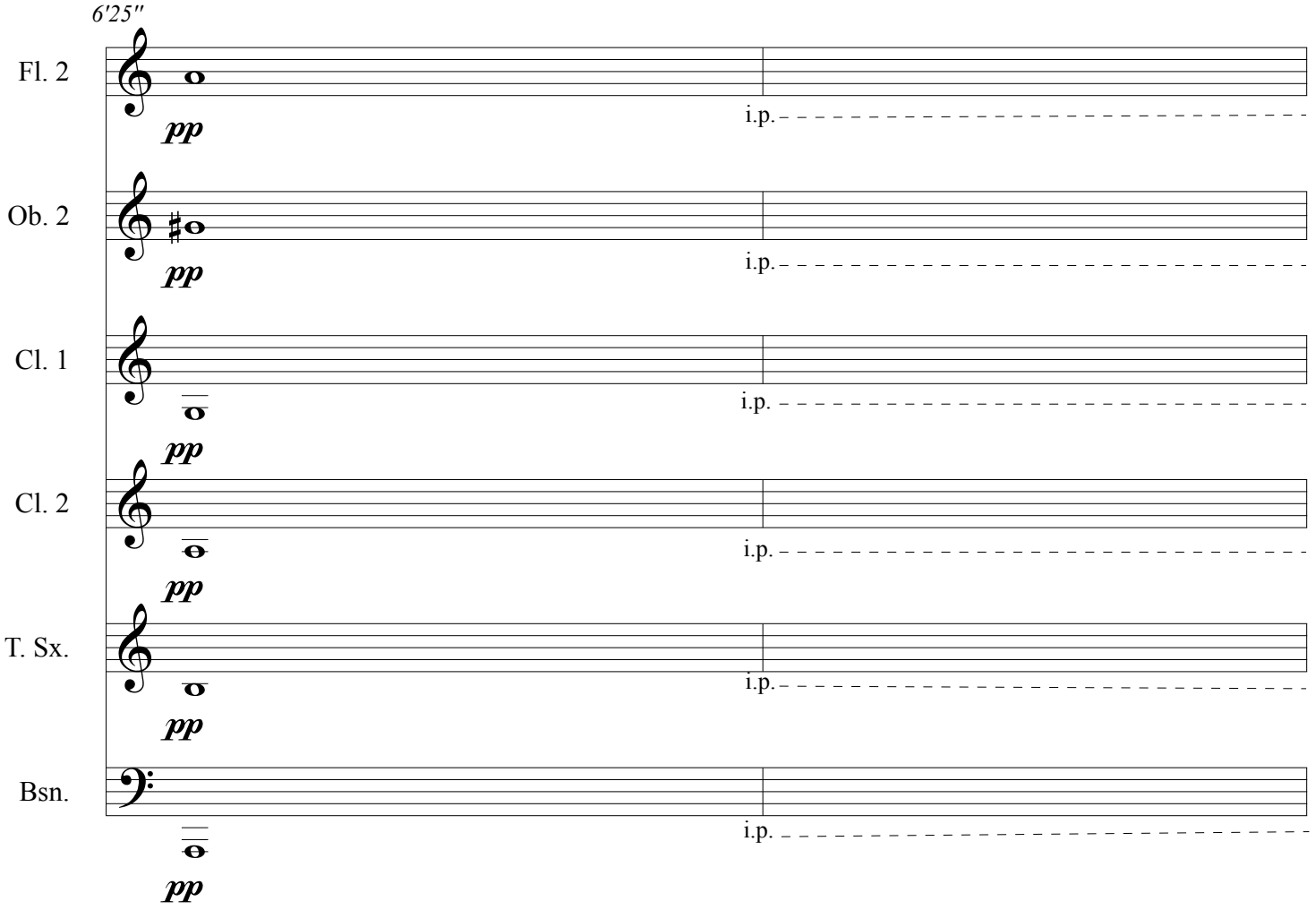

3'55"
f.r.
T. Sx.
f
h.t.
Bsn.
mf
4'10"
f.r.
T. Sx.
vib.
rapido regolare
Bsn.
pp
mf
4'25"
T. Sx.
pp
f
Bsn.
D
MOVIMENTO 1
4'40"
T. Sx.
p
Bsn.
p

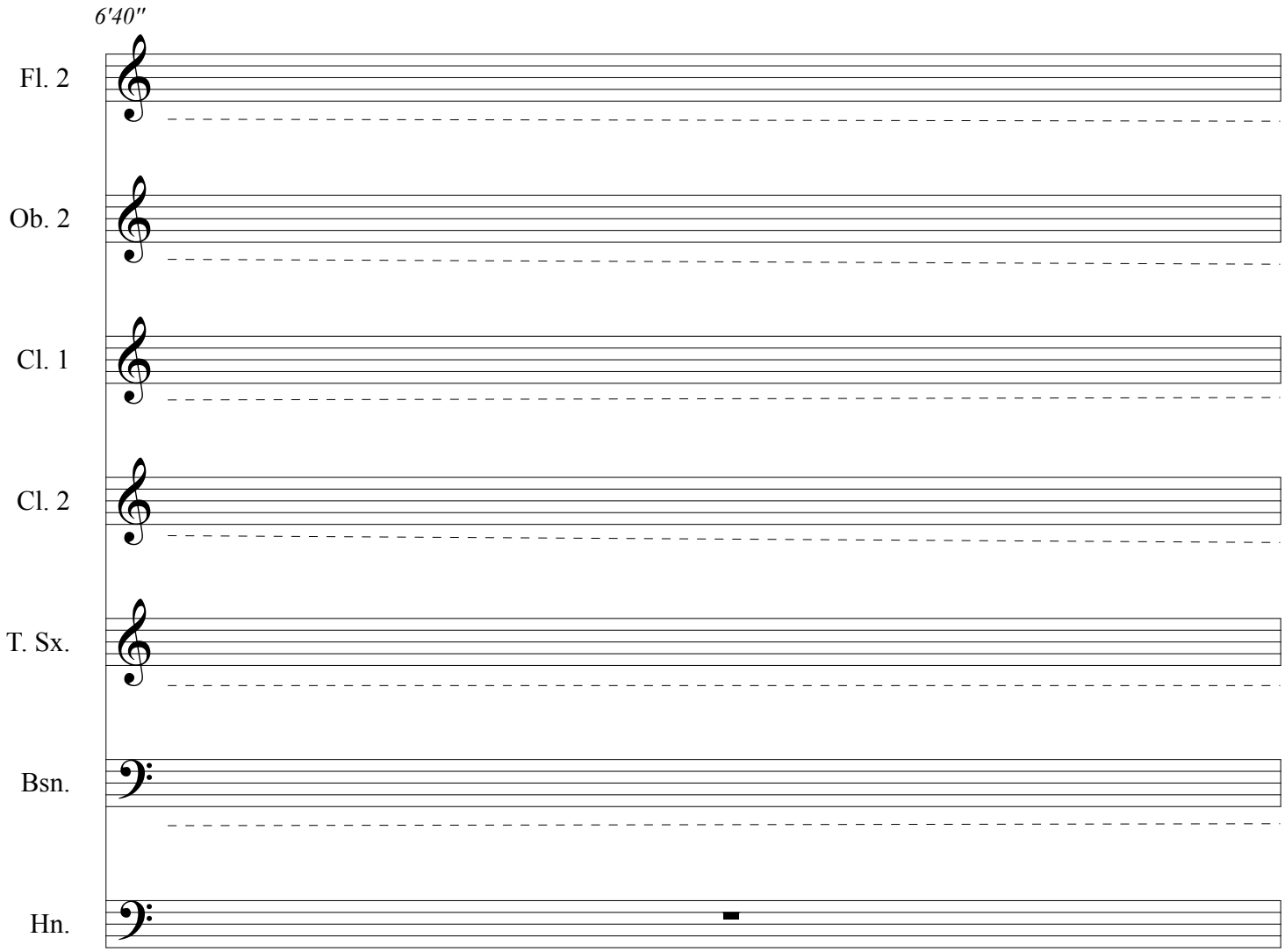

4'55"
T. Sx.
Bsn.
f
f
E (per tutti aritmico)
5'10"
Cl. 1
Cl. 2
T. Sx.
Bsn.
f
f
5'25"
Cl. 1
Cl. 2
T. Sx.
Bsn.
pp
p

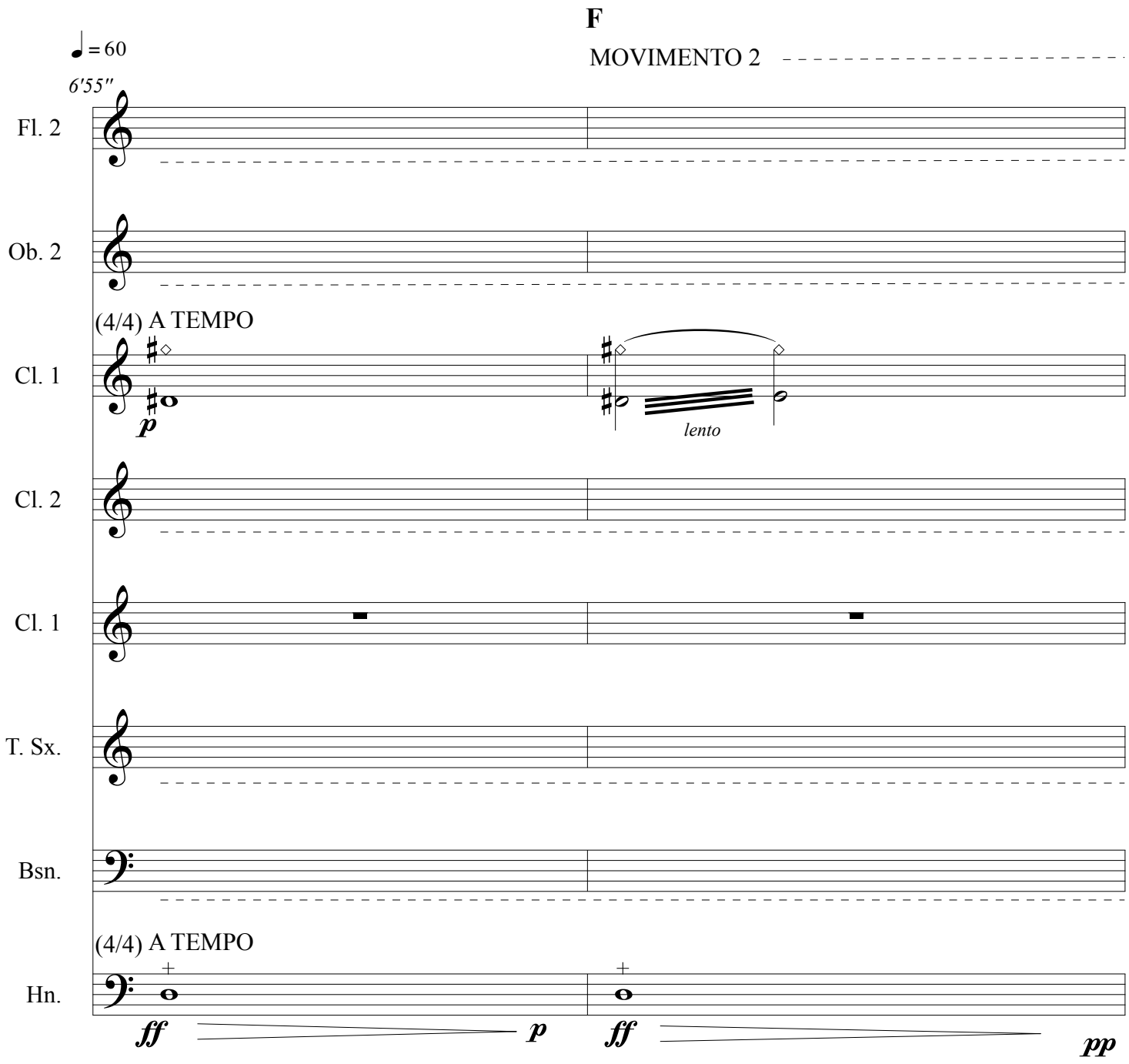

5'40"
Ob. 2
Cl. 1
pp
p
p
mf
Cl. 2
ff
T. Sx.
Bsn.

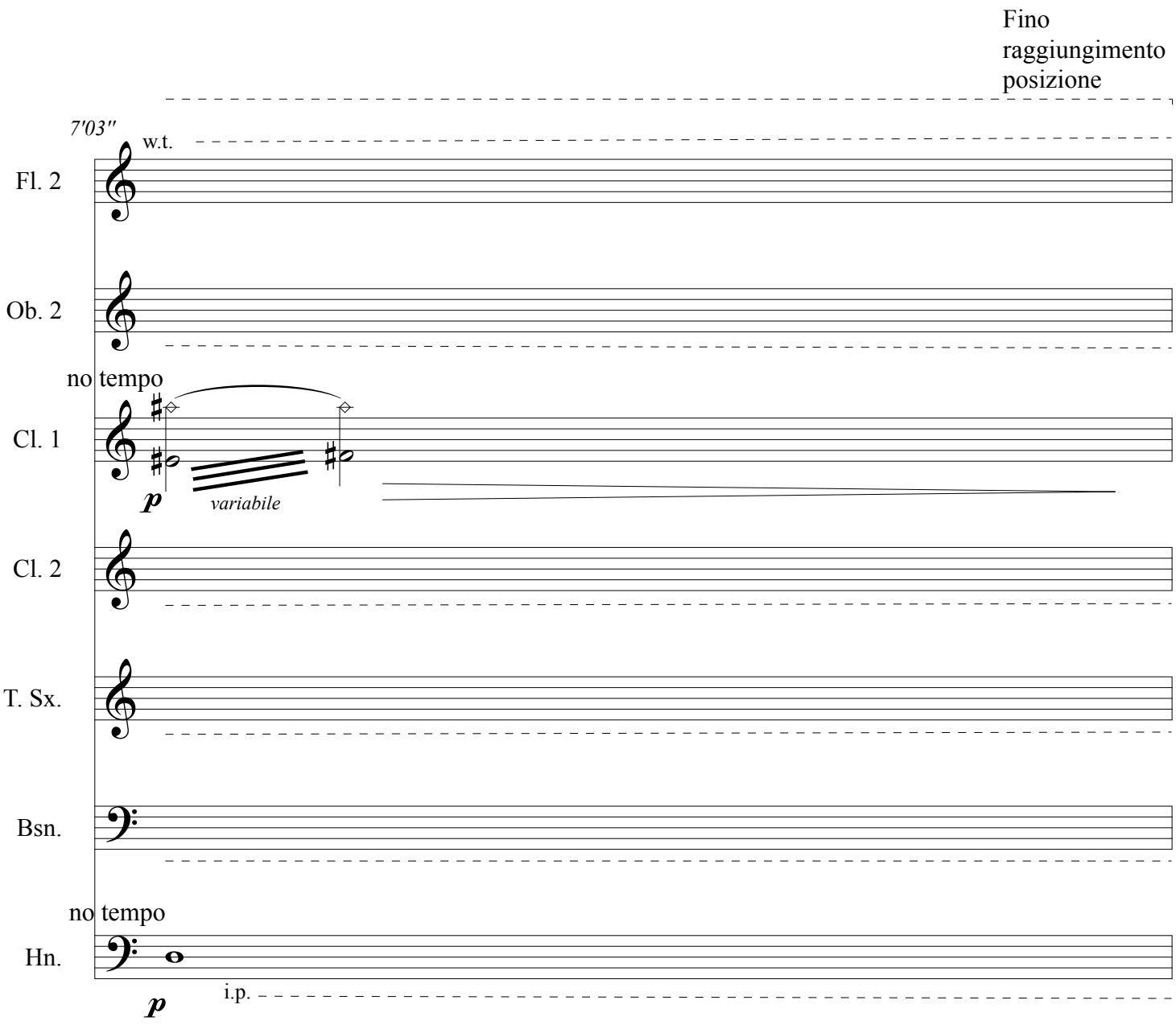

5'55"
Cl. 1
pp
p
p
mf
Cl. 2
f
T. Sx.
Bsn.

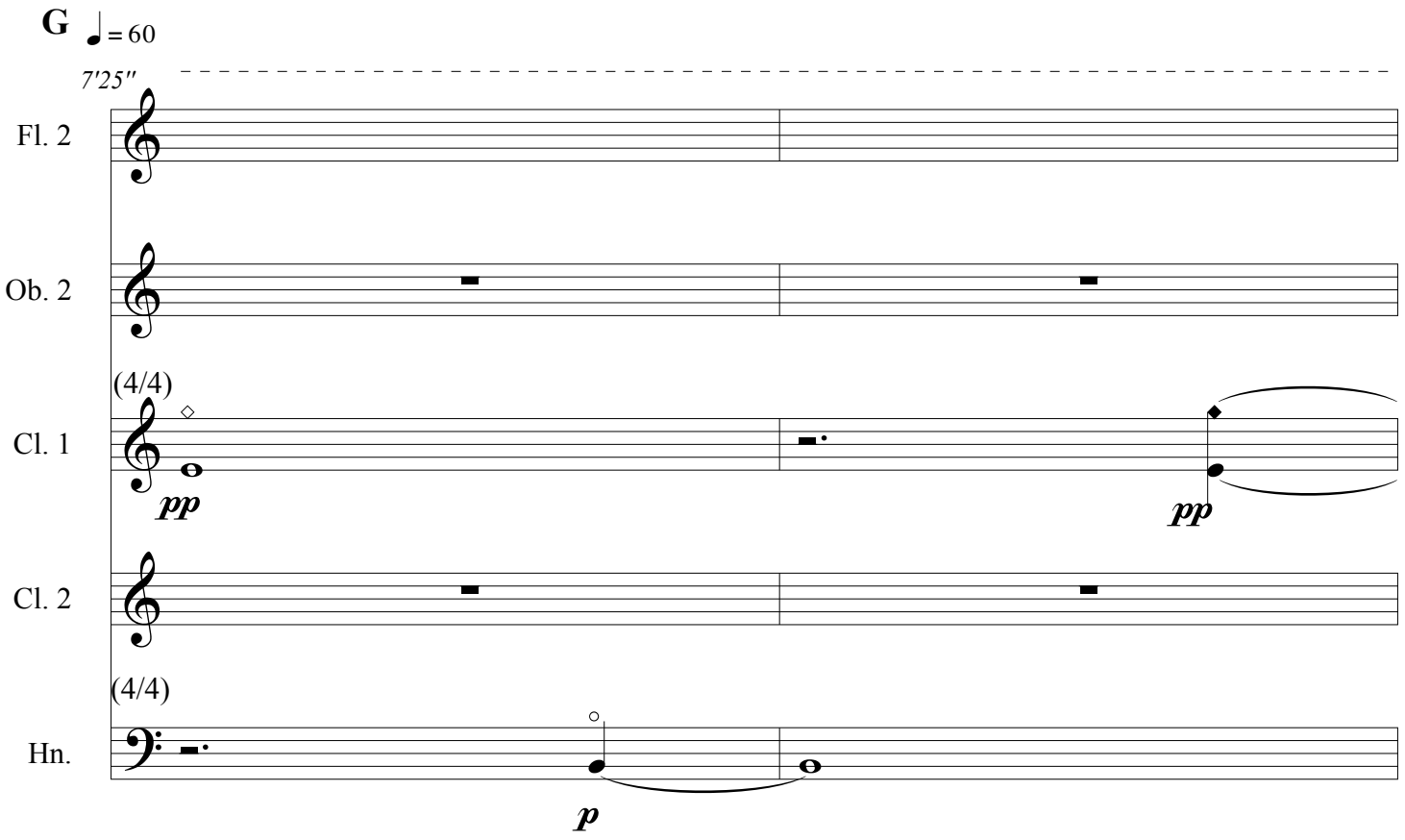

6'10"
Cl. 1
p
mf
Cl. 2
mf
T. Sx.
mf
p
Bsn.
mf
p

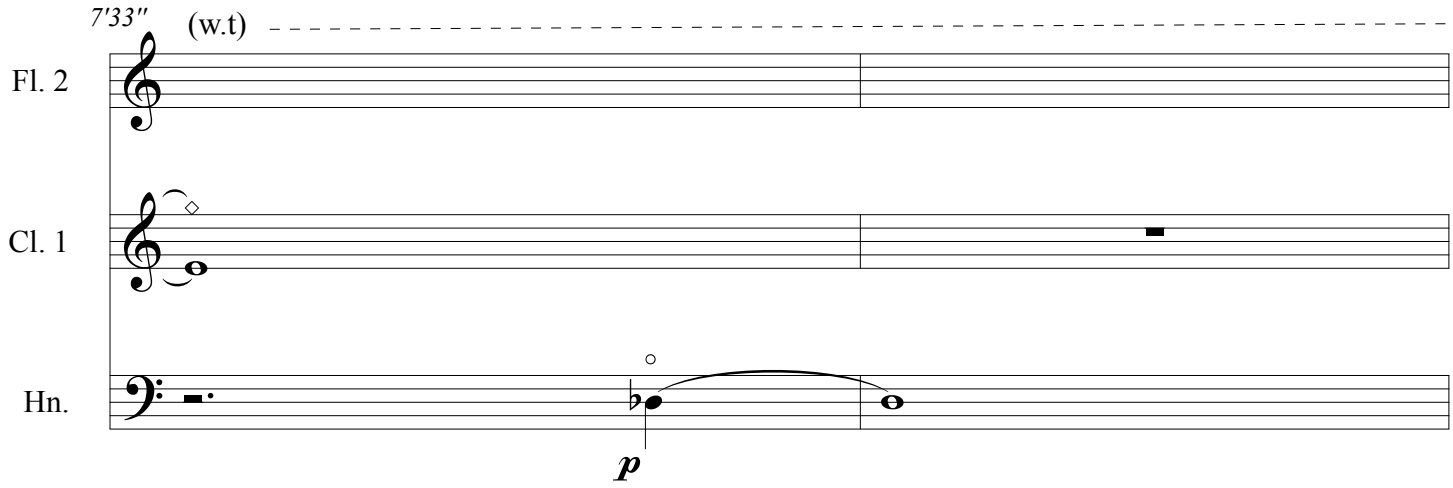

6'25"
Fl. 2
pp
i.p.
Ob. 2
pp
i.p.
Cl. 1
pp
i.p.
Cl. 2
pp
i.p.
T. Sx.
pp
i.p.
Bsn.
pp
i.p.

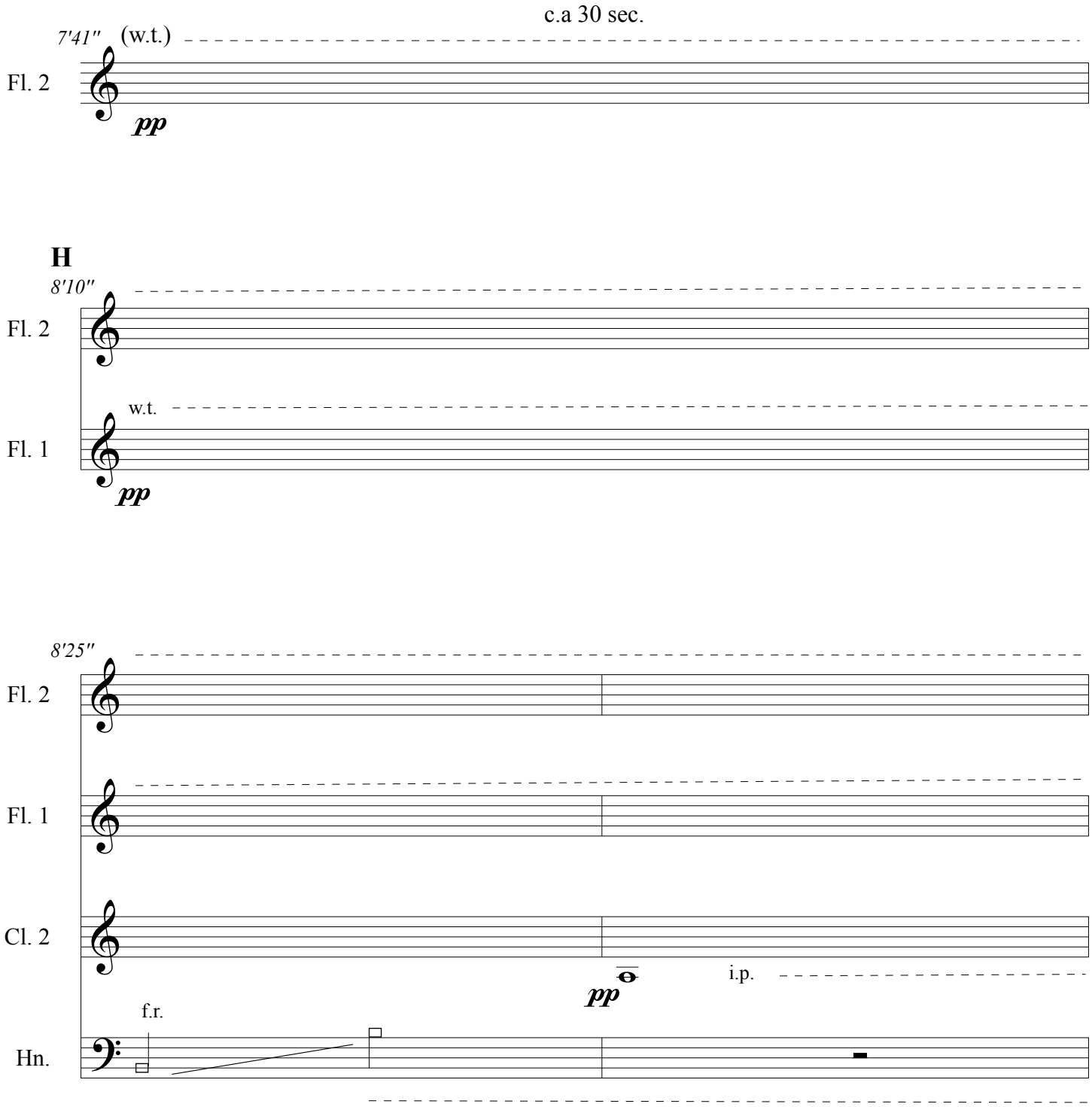

6'40"
Fl. 2
Ob. 2
Cl. 1
Cl. 2
T. Sx.
Bsn.
Hn.

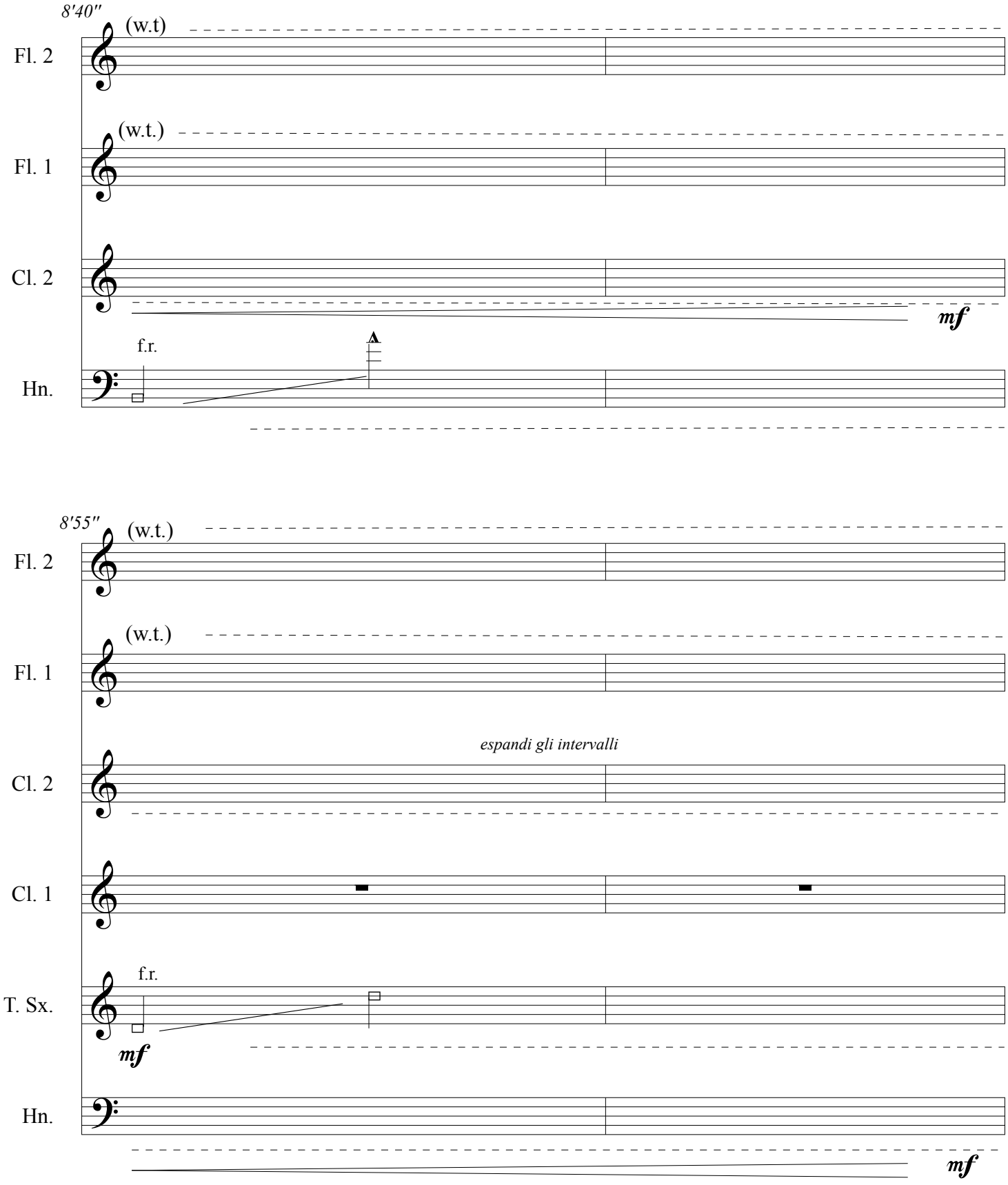

F
MOVIMENTO 2
♩ = 60
6'55"
Fl. 2
Ob. 2
(4/4) A TEMPO
Cl. 1
p
lento
Cl. 2
Cl. 1
T. Sx.
Bsn.
(4/4) A TEMPO
Hn.
ff
p
ff
pp

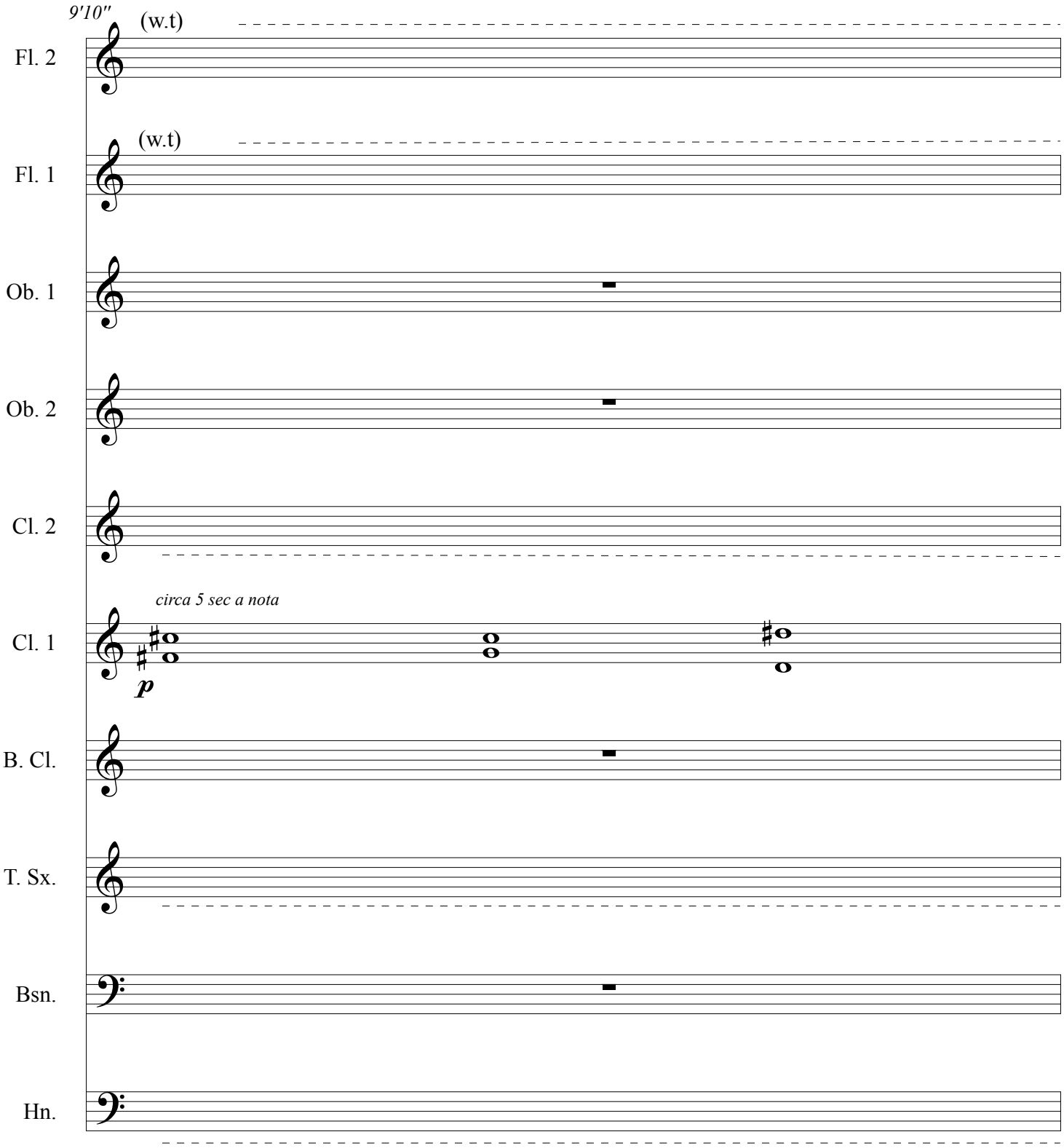

Fino raggiungimento posizione
7'03"
w.t.
Fl. 2
Ob. 2
no tempo
Cl. 1
p
variabile
Cl. 2
T. Sx.
Bsn.
no tempo
Hn.
p
i.p.

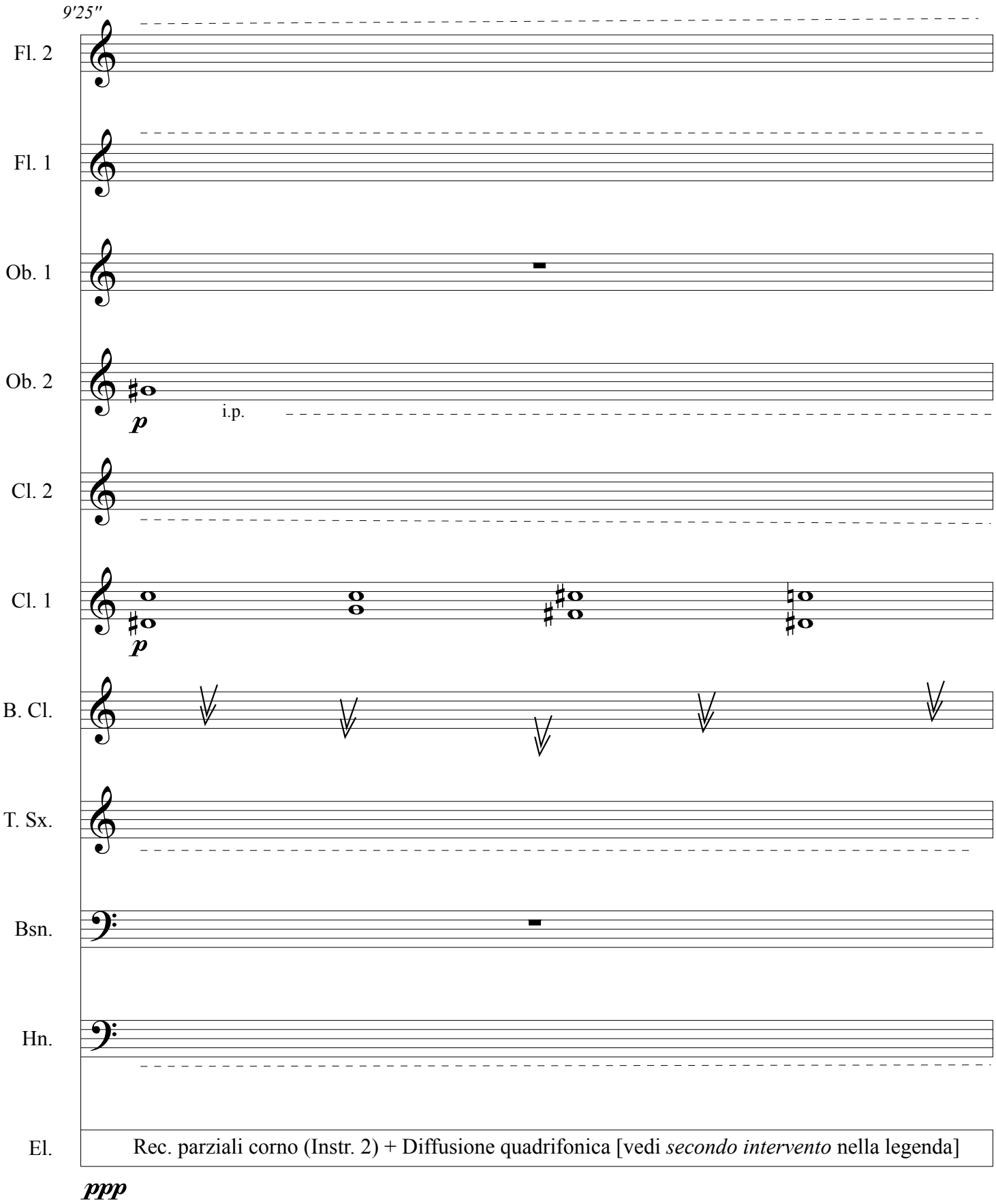

G
= 60
7'25"
Fl. 2
Ob. 2
(4/4)
Cl. 1
pp
pp
Cl. 2
(4/4)
Hn.
p


7'33"
(w.t)
Fl. 2
Cl. 1
Hn.
p

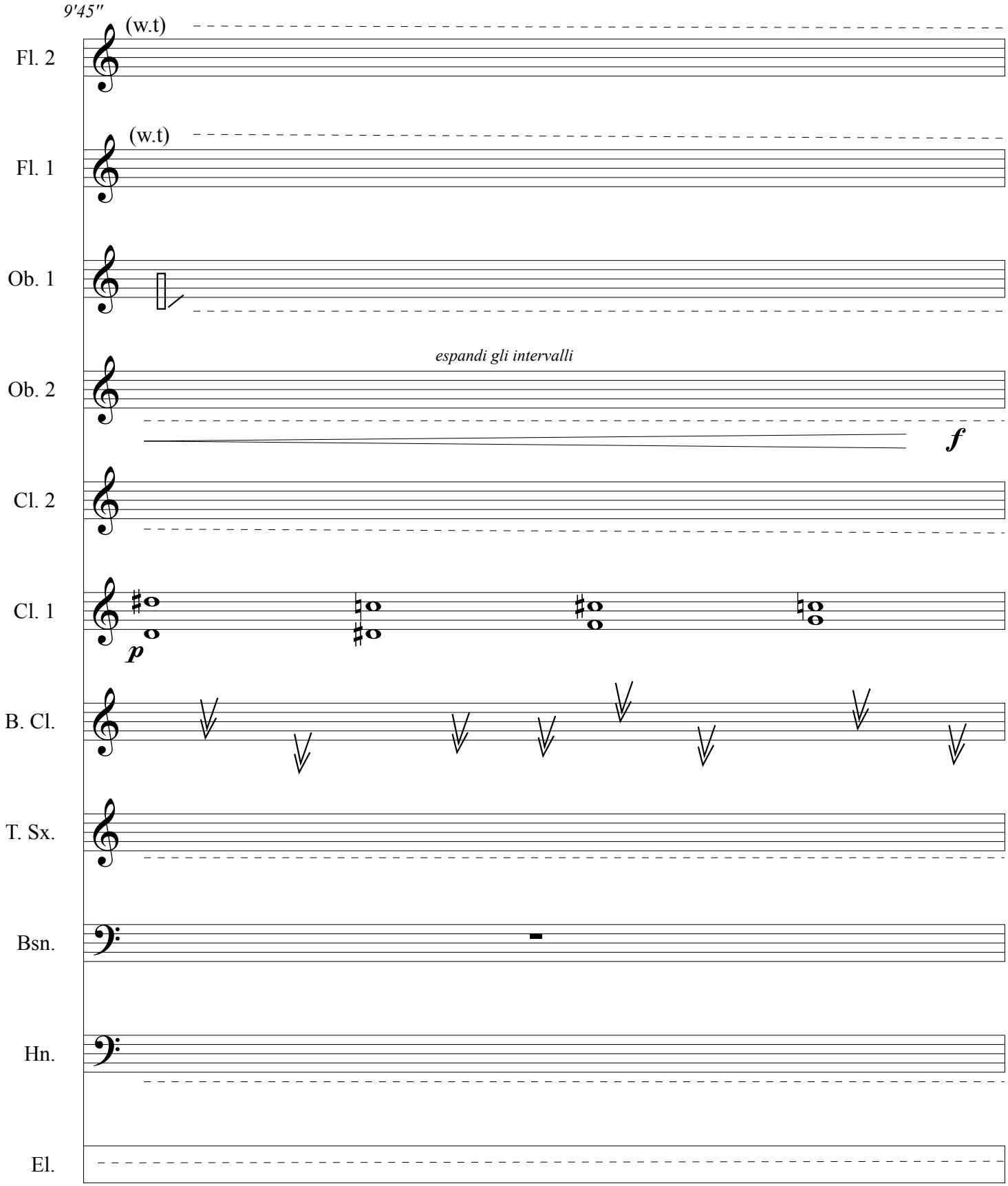

c.a 30 sec.
7'41"
(w.t.)
Fl. 2
pp
H
8'10"
Fl. 2
w.t.
Fl. 1
pp
8'25"
Fl. 2
Fl. 1
Cl. 2
pp
i.p.
f.r.
Hn.

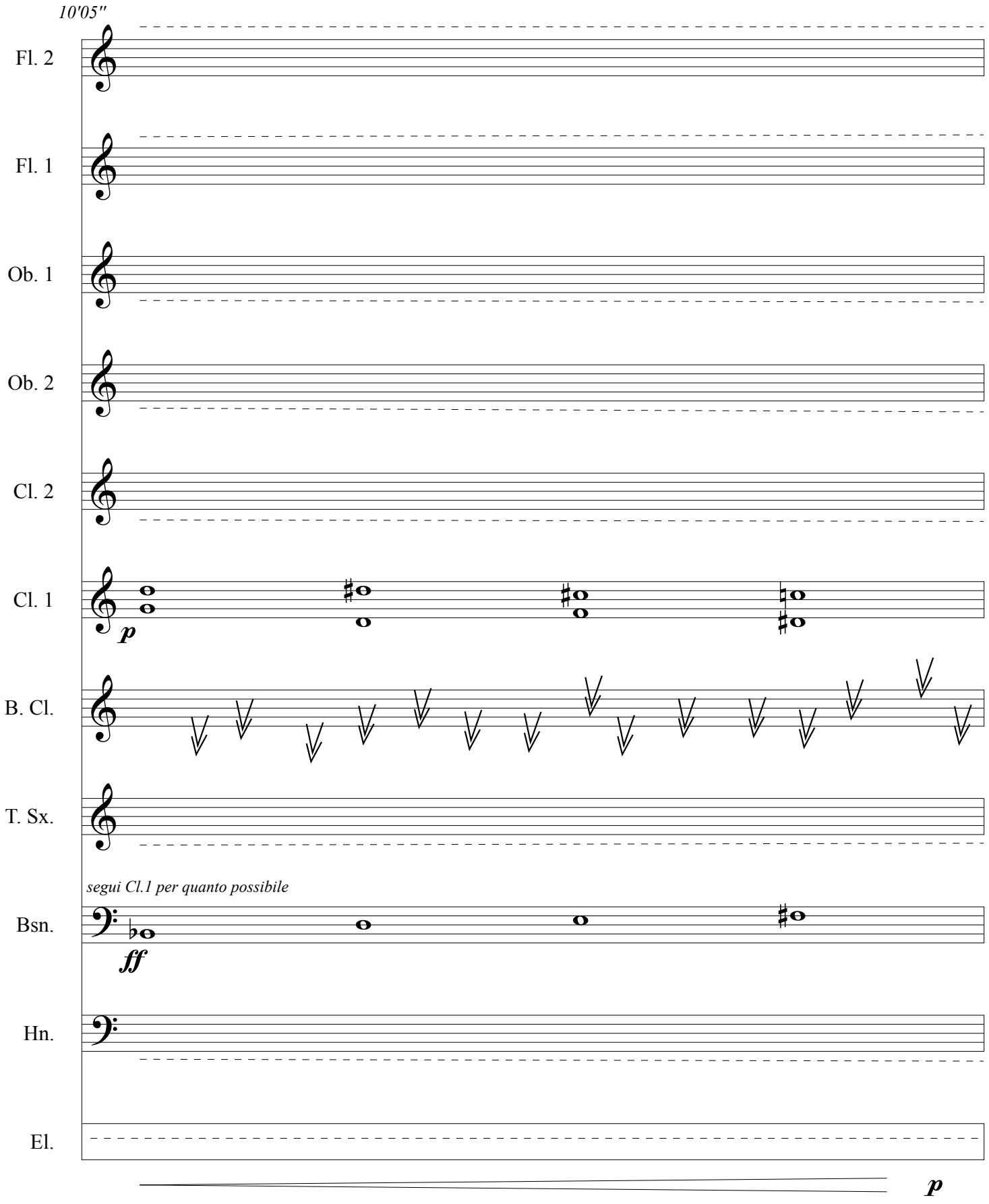

8'40"
(w.t)
Fl. 2
(w.t.)
Fl. 1
Cl. 2
mf
f.r.
Hn.
8'55"
(w.t.)
Fl. 2
(w.t.)
Fl. 1
espandi gli intervalli
Cl. 2
Cl. 1
f.r.
T. Sx.
mf
Hn.
mf

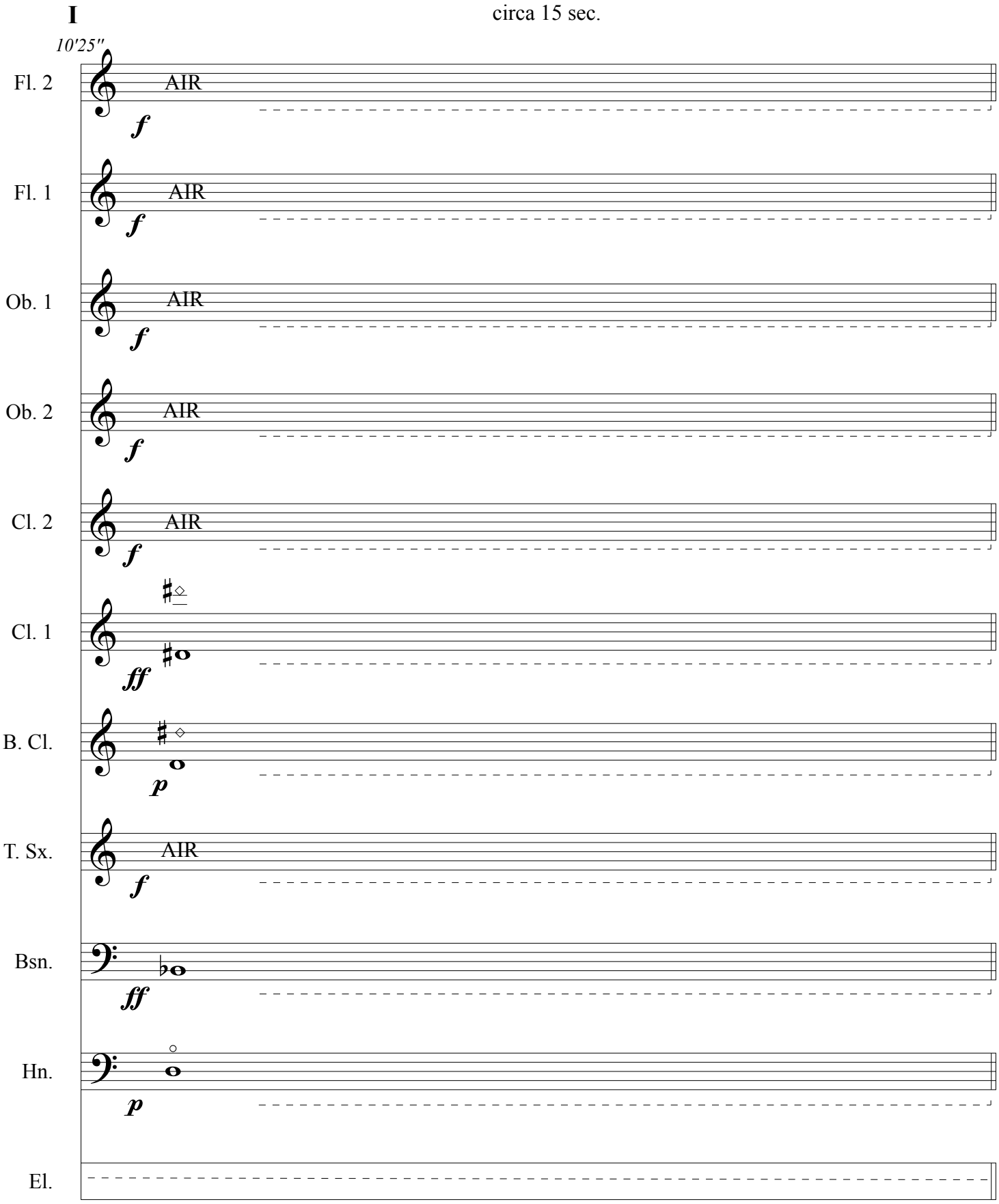

9'10"
(w.t)
Fl. 2
(w.t)
Fl. 1
Ob. 1
Ob. 2
Cl. 2
circa 5 sec a nota
Cl. 1
p
B. Cl.
T. Sx.
Bsn.
Hn.


9'25"
Fl. 2
Fl. 1
Ob. 1
Ob. 2
p
i.p.
Cl. 2
Cl. 1
p
B. Cl.
T. Sx.
Bsn.
Hn.
El.
Rec. parziali corno (Instr. 2) + Diffusione quadrifonica [vedi *secondo intervento* nella legenda]
ppp

crescendo TUTTI




10'05"
Fl. 2
Fl. 1
Ob. 1
Ob. 2
Cl. 2
Cl. 1
p
B. Cl.
T. Sx.
segui Cl.1 per quanto possibile
Bsn.
ff
Hn.
El.
p


I
circa 15 sec.
10'25"
Fl. 2
AIR
f
Fl. 1
AIR
f
Ob. 1
AIR
f
Ob. 2
AIR
f
Cl. 2
AIR
f
Cl. 1
ff
B. Cl.
p
T. Sx.
AIR
f
Bsn.
ff
Hn.
p
El.

10'40" *11'30"*

El. Loop parziali del corno + Lento fadeout

p