

**PAOLO ARALLA**

*paolo.aralla@iperbole.bologna.it*

## **Analisi morfologica**

Un modello matematico per descrivere la relazione  
fra struttura morfologica del messaggio,  
attività mnemonico-percettiva e risposta psichica.

edito in  
**PRISMA 01**  
EuresisEdizioni  
2002

## 1 - Tempo e memoria.

I processi di comprensione e d'interpretazione messi in atto durante l'ascolto, così come durante tutte le diverse attività percettive, avvengono nel tempo attraverso i meccanismi legati alle capacità mnemoniche.

L'immagazzinamento e il recupero delle informazioni dalla memoria, temporanea e permanente, sono variamente sollecitati al momento dell'atto percettivo: fondamentale in questo processo è l'ordine sequenziale, cioè l'organizzazione morfologica, con la quale il succedersi degli eventi si presenta nel tempo.

L'organizzazione morfologica della catena degli eventi ha la funzione di dare struttura al tempo, ed è la memoria a rendere possibili i processi di comprensione ed interpretazione di tale struttura.

Nel linguaggio musicale questa strutturazione è particolarmente complessa, essendo il frutto della combinazione di vari livelli d'organizzazione morfologica (melodica, ritmica, timbrica, armonica ecc...), fra loro strettamente interconnessi.

Questa pluralità di livelli, assieme alla loro articolata interconnessione, è alla base dello svilupparsi di differenti competenze d'ascolto: da quella più naturale e spontanea (nel quale prevale una percezione di tipo sintetico dell'evento) a quella più esperta (in cui la distinzione dei differenti livelli d'organizzazione permette di attribuire loro pesi e funzioni).

L'obiettivo fondamentale che questo lavoro si propone è quello di simulare, attraverso la formalizzazione algoritmica, i comportamenti dell'attività mnemonica durante l'atto di ricezione delle singole unità d'informazione (che, secondo il livello di analisi adottato, potranno essere unità semplici o complesse) e di ricavare da ciò indicazioni riguardanti l'energia psichica impiegata nell'attività di ricezione ed elaborazione del messaggio. In sintesi l'intento è quello di studiare la relazione fra organizzazione morfologica, percezione e risposta psichica.

Tutti gli esempi musicali contenuti in questo articolo sono riferiti, per necessità di chiarezza e linearità espositiva, all'organizzazione morfologica della sequenza delle altezze (anche se, come si vedrà, le implicazioni sono trasversali a tutti i parametri musicali). E' implicito che l'approfondimento delle ipotesi di lavoro qui avanzate, preveda lo sviluppo di una metodologia in grado di contestualizzare l'analisi delle strutture morfologiche dei differenti parametri; in ogni caso saranno le caratteristiche stilistiche e linguistiche dei brani analizzati a suggerire una relazione gerarchica fra i parametri musicali, e quindi la priorità ora dell'uno o dell'altro.

## 2 - Analisi dei contrasti

Analisi del divenire della forma nel tempo.

L'*analisi dei contrasti*, formulata da Hervé Rivière e Frederic Voisin<sup>1</sup> e implementata nella libreria *Morphologie* di *OpenMusic*, è un modello in grado di descrivere il divenire della forma nel tempo. Esso mette in rilievo la relazione gerarchica creata dalla successione temporale degli eventi: infatti ogni evento è, per l'attività mnemonica, allo stesso tempo punto di riferimento per tutti gli eventi successivi, e punto in riferimento di tutti gli eventi precedenti. La trascrizione numerica operata dall'*analisi dei contrasti* descrive l'ordine di ingresso degli eventi nel tempo.

Nell'esempio n. 1 è analizzato un soggetto di fuga bachiano nel quale tutta l'informazione è contenuta nella sola struttura delle altezze: l'assenza di gerarchie a livello di durate, timbri e dinamiche permette di testare la validità delle ipotesi lavorando sul solo livello delle altezze.

(esempio n. 1 - *analisi dei contrasti* - J. S. Bach, soggetto della fuga dalla toccata e fuga in re minore per organo).



1	2	1	3	1	4	1	5	1	6	1	5	1	4	1	3	1	7	1	8	1	6	1	5	1	6	1	5	1	4	1	3		
	1	2	3	2	4	2	5	2	6	2	5	2	4	2	3	2	7	2	8	2	6	2	5	2	6	2	5	2	4	2	3		
		1	2	1	3	1	4	1	5	1	4	1	3	1	2	1	6	1	7	1	5	1	4	1	5	1	4	1	3	1	2		
			1	2	3	2	4	2	5	2	4	2	3	2	1	2	6	2	7	2	5	2	4	2	5	2	4	2	3	2	1		
				1	2	1	3	1	4	1	3	1	2	1	5	1	6	1	7	1	4	1	3	1	4	1	3	1	2	1	5		
					1	2	3	2	4	2	3	2	1	2	5	2	6	2	7	2	4	2	3	2	4	2	3	2	1	2	5		
						1	2	1	3	1	2	1	4	1	5	1	6	1	7	1	3	1	2	1	3	1	2	1	2	1	4	1	5
							1	2	3	2	1	2	4	2	5	2	6	2	7	2	3	2	1	2	3	2	1	2	2	4	2	5	
								1	2	1	3	1	4	1	5	1	6	1	7	1	2	1	3	1	2	1	3	1	4	1	5		
									1	2	3	2	4	2	5	2	6	2	7	2	1	2	3	2	1	2	3	2	4	2	5		
										1	2	1	3	1	4	1	5	1	6	1	7	1	2	1	2	1	7	1	2	1	3	1	4
											1	2	1	3	1	4	1	5	1	6	1	7	1	6	1	7	1	2	1	2	1	3	
												1	2	3	2	4	2	5	2	6	2	7	2	6	2	7	2	1	2	3	2	4	
													1	2	1	3	1	4	1	5	1	6	1	7	1	7	1	2	1	2	1	3	
														1	2	3	2	4	2	5	2	6	2	7	2	6	2	7	2	1	2	3	
															1	2	1	3	1	4	1	5	1	6	1	7	1	2	1	2	1	3	
																1	2	3	2	4	2	5	2	6	2	7	2	6	2	7	2	1	
																	1	2	1	3	1	4	1	5	1	6	1	7	1	2	1	3	
																		1	2	3	2	4	2	5	2	6	2	7	2	6	2	7	
																			1	2	1	3	1	4	1	5	1	6	1	7	1	2	
																				1	2	3	2	4	2	5	2	6	2	7	2	1	
																					1	2	3	2	4	2	5	2	6	2	7	2	
																						1	2	3	2	4	2	5	2	6	2	7	
																							1	2	3	2	4	2	5	2	6	2	
																								1	2	3	2	4	2	5	2	6	
																									1	2	3	2	4	2	5	2	
																										1	2	3	2	4	2	5	
																											1	2	3	2	4	2	
																												1	2	3	2	4	
																													1	2	3	2	
																														1	2	3	
																															1	2	
																																1	

Ex. N. 1

<sup>1</sup> Si veda l'articolo *L'analyse musicale contrastive* di F. Voisin in questo stesso volume.

La trascrizione numerica<sup>2</sup> prodotta attraverso l'applicazione dell'*analisi dei contrasti*, è quella che potremmo definire *struttura morfologica dell'ordine d'ingresso degli eventi*; partendo da essa, ed utilizzando le funzioni di analisi della libreria *Morphologie* di *OpenMusic*, è possibile individuare la presenza di patterns interni e analizzare la loro capacità potenziale di descrizione e ricostituzione della forma nel suo stato originale<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> Il risultato ottenuto attraverso l'analisi dei contrasti è una matrice piramidale (es. n° 1); in questo tipo di matrice, ogni linea, a partire dalla prima fino all'ultima, inizia dalla colonna immediatamente successiva rispetto alla riga precedente; ciò avviene in quanto ogni elemento della lista è preso come punto di partenza per determinare l'ordine d'ingresso degli elementi successivi. L'applicazione delle cifre è semplice: esse indicano l'ordine di ingresso degli eventi (nell'esempio n° 1 si tratta di note) riga per riga; la corrispondenza è rigorosamente rispettata ad ogni ripetizione del medesimo evento, per cui ad ogni nota viene associata la cifra applicata alla prima comparsa della nota stessa.

Per una descrizione dettagliata dell'analisi dei contrasti si veda "Composition par modèles interactifs systèmes génératifs et applications informatiques", DEA - Diplôme d'Études Approfondies, pagg. 53-58, J. Baboni Schilingi, IRCAM, 1998.

<sup>3</sup> In generale si veda la libreria *Morphologie 3.0*, nei menu *analysis* e *reconstitute*, P. Aralla, J. Baboni Schilingi e F. Voisin, PRISMA, 2002.

### 3 - New/Old-Analysis

Analisi del rapporto fra singolo evento e contesto.

L'*analisi dei contrasti*, che è la funzione alla base della libreria *Morphologie* sviluppata da Jacopo Baboni Schilingi e Frederic Voisin, individua le occorrenze all'interno di una qualsiasi sequenza di eventi<sup>4</sup>. Tale analisi è di tipo *quantitativo*, essa possiede notevoli potenzialità di sviluppo nella direzione di una descrizione *qualitativa* dei processi che mettono in relazione struttura morfologica del messaggio, attività mnemonico-percettiva e risposta psichica.

Le gerarchie che l'*analisi dei contrasti* descrive, diventano qualitativamente pertinenti in relazione all'attività mnemonica.

Abbiamo chiamato *New/Old-Analysis* la funzione che descrive il livello di novità che un evento ha in relazione al contesto nel quale appare. L'importanza di tale funzione è centrale, poiché descrive, dal punto di vista della risposta psichica, il grado di novità o di vecchiezza dei singoli eventi nel tempo.

I passaggi per definire *New/Old-Analysis* sono tre:

1 - Misurazione delle distanze: permette di quantificare la distanza locale fra i diversi eventi in relazione alla loro prima comparsa nel tempo.

(esempio n. 2 - applicazione della funzione di "derivata" implementata in OpenMusic col nome di  $x \rightarrow dx$  - J. S. Bach, soggetto della fuga dalla toccata e fuga in re minore per organo).

---

<sup>4</sup> La funzione Structure-I permette di segmentare una lista di elementi secondo ognuno degli elementi stessi seguendo il principio dell'analisi dei contrasti. A questo proposito si veda la documentazione della funzione Structure-I, in *Morphologie, Fonctions d'analyse, de reconnaissance, de classification et de reconstitution de séquences symboliques et numériques*, pagg. 22-26, Troisième édition, novembre 1999, IRCAM, Paris.



1 2 1 3 1 4 1 5 1 6 1 5 1 4 1 3 1 7 1 8 1 6 1 5 1 6 1 5 1 4 1 3 += 92  
 1 2 3 2 4 2 5 2 6 2 5 2 4 2 3 2 7 2 8 2 6 2 5 2 6 2 5 2 4 2 3 += 105  
 1 2 1 3 1 4 1 5 1 4 1 3 1 2 1 6 1 7 1 5 1 4 1 5 1 4 1 3 1 2 += 74  
 1 2 3 2 4 2 5 2 4 2 3 2 1 2 6 2 7 2 5 2 4 2 5 2 4 2 3 2 1 += 84  
 1 2 1 3 1 4 1 3 1 2 1 5 1 6 1 7 1 4 1 3 1 4 1 3 1 2 1 5 += 67  
 1 2 3 2 4 2 3 2 1 2 5 2 6 2 7 2 4 2 3 2 4 2 3 2 1 2 5 += 76  
 1 2 1 3 1 2 1 4 1 5 1 6 1 7 1 3 1 2 1 3 1 2 1 4 1 5 += 61  
 1 2 3 2 1 2 4 2 5 2 6 2 7 2 3 2 1 2 3 2 1 2 4 2 5 += 68  
 1 2 1 3 1 4 1 5 1 6 1 7 1 2 1 3 1 2 1 3 1 4 1 5 += 58  
 1 2 3 2 4 2 5 2 6 2 7 2 1 2 3 2 1 2 3 2 4 2 5 += 65  
 1 2 1 3 1 4 1 5 1 6 1 7 1 2 1 7 1 2 1 3 1 4 += 56  
 1 2 3 2 4 2 5 2 6 2 7 2 1 2 7 2 1 2 3 2 4 += 62  
 1 2 1 3 1 4 1 5 1 6 1 7 1 6 1 7 1 2 1 3 += 55  
 1 2 3 2 4 2 5 2 6 2 7 2 6 2 7 2 2 1 2 3 += 61  
 1 2 1 3 1 4 1 5 1 6 1 5 1 6 1 7 1 2 += 49  
 1 2 3 2 4 2 5 2 6 2 5 2 6 2 7 2 1 += 54  
 1 2 1 3 1 4 1 5 1 4 1 5 1 6 1 7 1 7 += 44  
 1 2 3 2 4 2 5 2 4 2 5 2 6 2 7 2 1 += 49  
 1 2 1 3 1 4 1 3 1 4 1 5 1 6 += 34  
 1 2 3 2 4 2 3 2 4 2 5 2 6 += 38  
 1 2 1 3 1 2 1 3 1 4 1 5 += 25  
 1 2 3 2 1 2 3 2 4 2 5 += 27  
 1 2 1 3 1 2 1 4 1 5 += 21  
 1 2 3 2 1 2 4 2 5 += 22  
 1 2 1 3 1 4 1 5 += 18  
 1 2 3 2 4 2 5 += 19  
 1 2 1 3 1 4 += 12  
 1 2 3 2 4 += 12  
 1 2 1 3 += 7  
 1 2 3 += 6  
 1 2 += 3  
 1 += 1

Ex. N. 3

3 - Applicazione dei pesi alle distanze: l'ulteriore passaggio è appunto l'applicazione dei differenti pesi ottenuti considerando ogni volta uno degli eventi come punto di riferimento (parametro globale - es. 3), alle distanze fra i vari eventi contigui (parametro locale - es. 2).

(esempio n. 4 - applicazione della funzione di moltiplicazione, implementata in OpenMusic con il simbolo di \* - J. S. Bach, soggetto della fuga dalla toccata e fuga in re minore per organo).

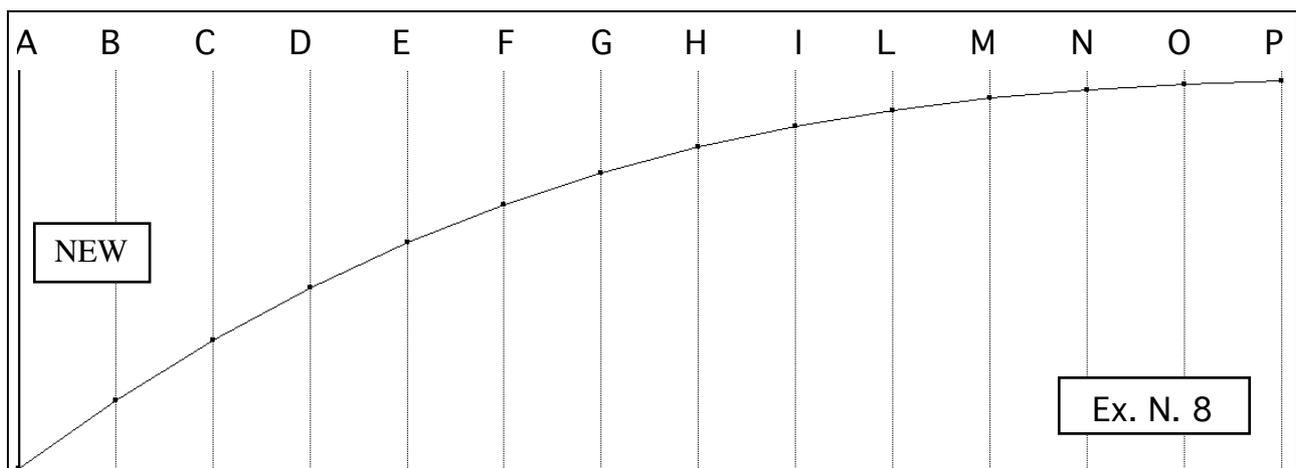




#### 4 - Casi limite per testare la funzione New/Old-Analysis

L'esempio n. 8 riporta un caso limite, utilizzato per testare la simulazione algoritmica. I 14 elementi che costituiscono la sequenza (a b c d e f g h i l m n o p), non presentano ripetizioni (questo ovviamente nel caso di una qualsiasi realtà linguistica è altamente improbabile, anche se lascia riflettere l'ipotesi che le espressioni di tipo più astrattamente strutturalistico, dove la combinatorialità sempre variabile dei diversi parametri produce oggetti complessi costantemente differenti, siano proprio di questo genere). La funzione *New/Old-Analysis* applicata a questa tipologia limite rivela un dato importante, vale a dire la progressiva riduzione (all'infinito allo zero) del grado di novità locale degli eventi a mano a mano che si presentano; pur essendo sempre eventi nuovi, il loro grado di novità tende ad un appiattimento, il contesto rende quindi prevedibile l'assenza di ripetizioni. A questo punto diventa possibile il passaggio da una descrizione del livello di novità degli eventi alla simulazione della risposta psichica.

(esempio n. 8 - la funzione *New/Old-Analysis* applicata ad una sequenza priva di ripetizioni).



## 5 - Energy-profile

### Analisi dell'energia della struttura morfologica

Il passaggio che permette di trasformare la funzione *New/Old-Analysis* in un modello capace di simulare la risposta psichica dell'atto percettivo alla struttura morfologica, avviene mediante l'applicazione di tre funzioni. Nell'esempio n. 9 possiamo vedere la *New/Old-Analysis* di un breve frammento melodico (con l'esplicitazione della cornice morfologica - [X] a b c b a [Y]). A questa sono poi applicate le tre funzioni che portano a definire *Energy-profile*<sup>5</sup>:

1 - nel primo passaggio la trasformazione in valore assoluto abs riporta tutte le relazioni in rapporto al primo elemento della catena. A questo punto i dati non rappresentano più il grado d'invecchiamento degli eventi, ma sono una pura distanza (vecchio o nuovo non importa, sono da intendersi quasi una distanza fisica fra i diversi dati immagazzinati nello *spazio/memoria*) in rapporto ad un virtuale punto zero (una sorta di presente possibile);

2 - con il secondo passo l'utilizzo della derivata locale, implementata in OpenMusic con il nome di x->dx, si evidenziano nuovamente i rapporti contigui, e la distanza

---

<sup>5</sup> Abbiamo deciso di utilizzare il termine *energia*, anziché quello di *informazione*, per differenziare la funzione *Energy-profile* da quella che abbiamo nominato *Bit-information-analysis*; quest'ultima si occupa di descrivere la quantità di informazione binaria contenuta in un messaggio (si veda la libreria Morphologie 3.0, nei menu Morphological-Analysis, P. Aralla, J. Baboni Schilingi e F. Voisin, PRISMA, 2002.).

Nel caso della funzione *Energy-profile* ad essere descritte non sono le quantità di informazione, ma i percorsi, le distanze virtuali che l'attività di interpretazione deve fare per comparare i nuovi eventi in ingresso con quelli precedentemente memorizzati.

La funzione *Bit-information-analysis* descrive la quantità di scelte binarie che un dato messaggio impone al momento della decodifica, essa riprende un metodo elaborato da *Schannon e Weaver* [*The Mathematical Theory of Communication, University of Illinois Press, 1949 - trad. it. Teoria matematica delle comunicazioni, Etas Kompass, Milano, 1971*].

La formula utilizzata dalla funzione *Bit-information-analysis* è:  $H = \log_2 N/P$ .

H è il numero di bit di informazione, N il numero degli esiti possibili, P è la probabilità che un esito si verifichi; nella sequenza '(a a a a b)' 'a' ha più probabilità di 'b' di verificarsi, proprio per questo ha meno informazioni da trasmettere quando si presenta, al contrario un esito molto improbabile è fortemente informativo.

Esempio di sequenza con esiti equiprobabili '(a b c d e f g h):

- la sequenza '(a)' impone un numero di 0.0 scelte binarie;
- la sequenza '(a b)' impone un numero di 1.0 scelta binaria;
- la sequenza '(a b c)' impone un numero di 1.585 scelte binarie, ecc...

sequenza:	a	b	c	d	e	f	g	h
scelte binarie:	0.0	1.0	1.58	2.0	2.32	2.58	2.80	3.0

Esempio di sequenza con esiti non equiprobabili '(a b b c d a f b):

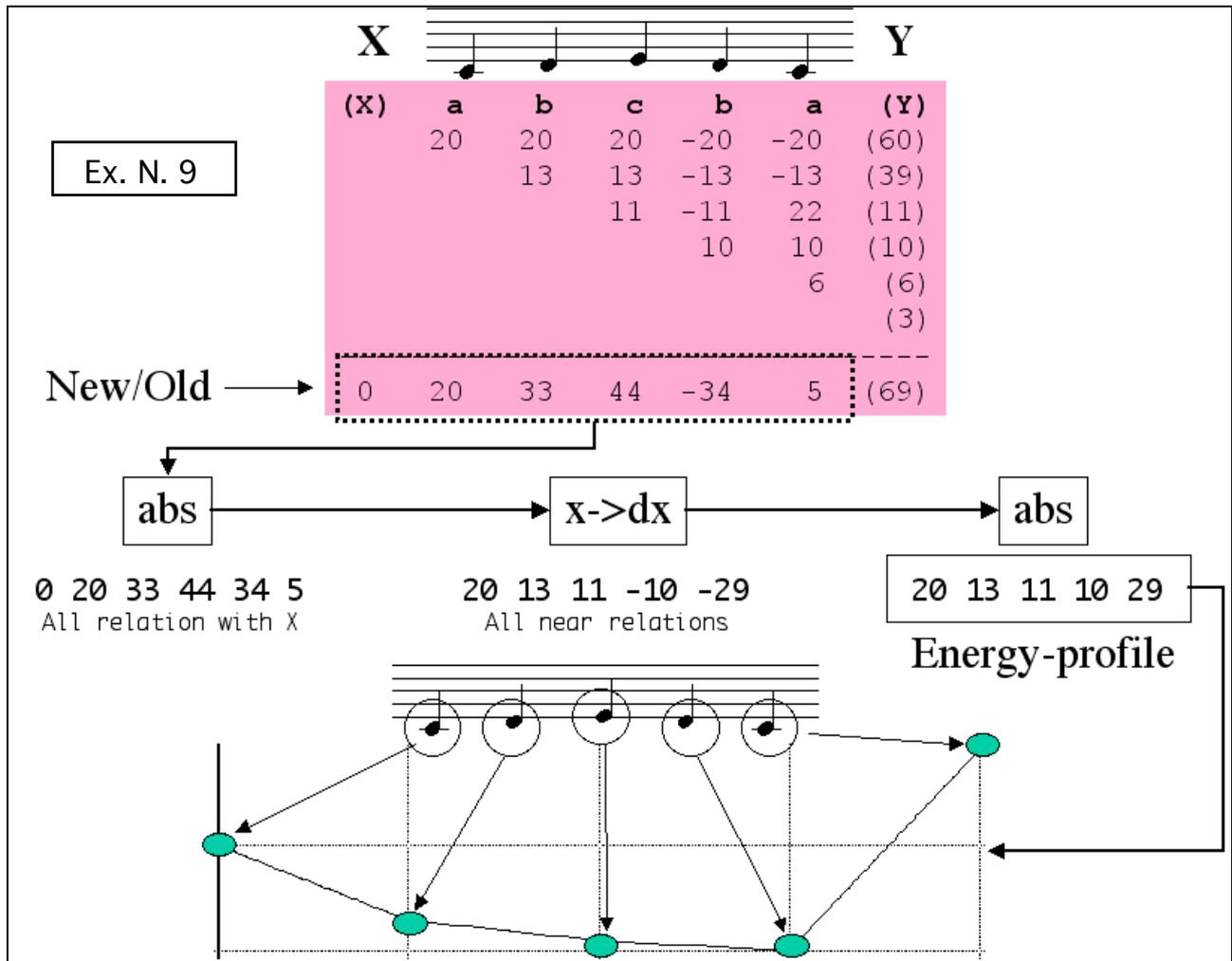
- la sequenza '(a)' impone un numero di 0.0 scelte binarie;
- la sequenza '(a b)' impone un numero di 1.0 scelta binaria;
- la sequenza '(a b b)' impone un numero di 0.58 scelta binaria, ecc...

sequenza:	a	b	b	c	d	a	f	b
scelte binarie:	0.0	1.0	0.58	1.32	1.80	1.58	2.0	1.93

individuata nel primo passaggio è assimilata all'energia necessaria per coprire le distanze contigue nello *spazio/memoria*;

3 - infine la trasformazione in valore assoluto **abs**, data la trasformazione delle distanze in energia, riporta tutti i dati in positivo.

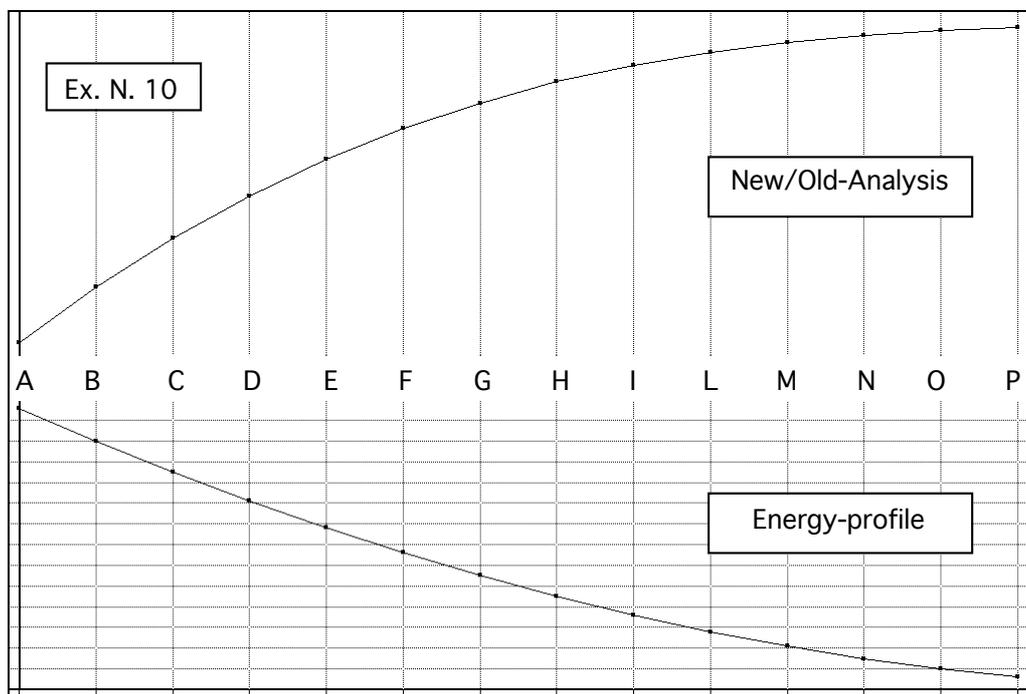
(esempio n. 9 - dalla funzione *New/Old-Analysis* alla funzione *Energy-profile*).



Riprendendo l'esempio del caso limite della sequenza priva di ripetizioni, possiamo notare una relazione speculare fra la progressiva diminuzione del grado di novità degli eventi e la caduta di energia psichica, corrispondente al progressivo alto grado di prevedibilità della struttura che si sta fruendo<sup>6</sup>.

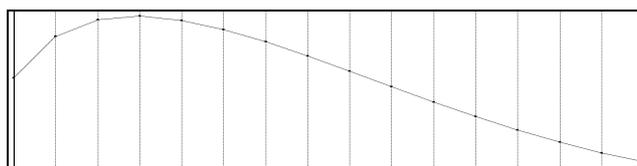
<sup>6</sup> In alcuni test fatti sulla sequenza senza ripetizioni abbiamo fatto interagire la funzione *Energy-profile* con la funzione *Bit-information-analysis*, ottenendo una curva molto interessante dal punto di vista della simulazione della risposta psichica:  
Sequenza `(a b c d e f g h i l m n o p q t)`

(esempio n. 10 – Le funzioni *New/Old-Analysis* e *Energy-profile* applicate ad una sequenza priva di ripetizioni).

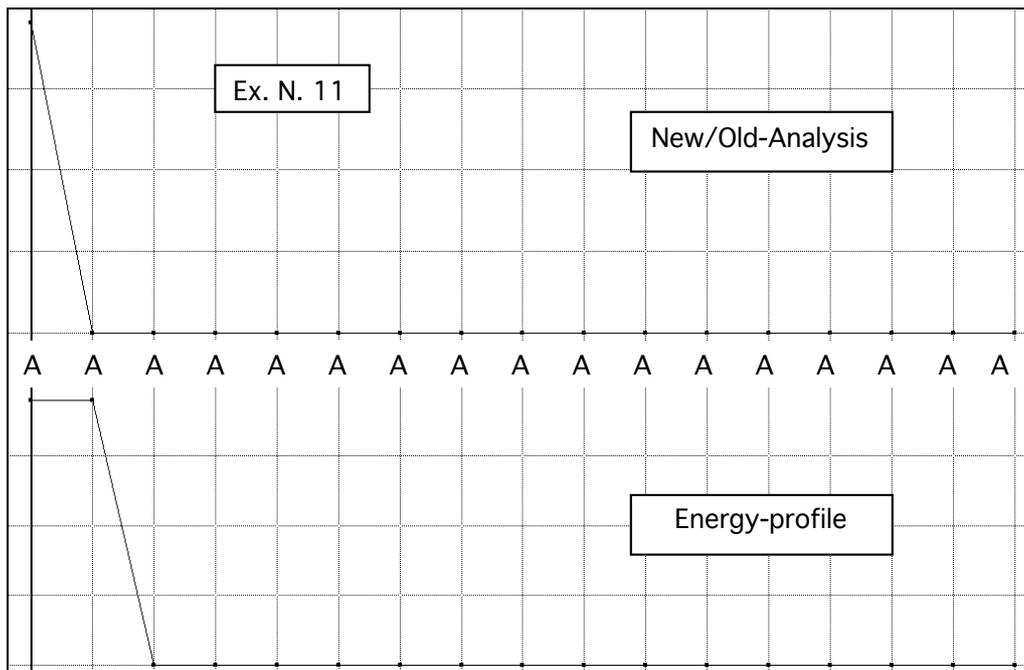


Un secondo caso limite è quello della costante ripetizione del medesimo evento: il grado di novità (*New/Old-Analysis*), dal secondo evento in poi si azzerava, e il profilo di energia della struttura morfologica (*Energy-profile*), che è un dato di relazione, si azzerava anch'esso dalla prima ripetizione di relazione in poi.

(esempio n. 11 – le funzioni *New/Old-Analysis* e *Energy-profile* applicate ad una sequenza di sole ripetizioni).



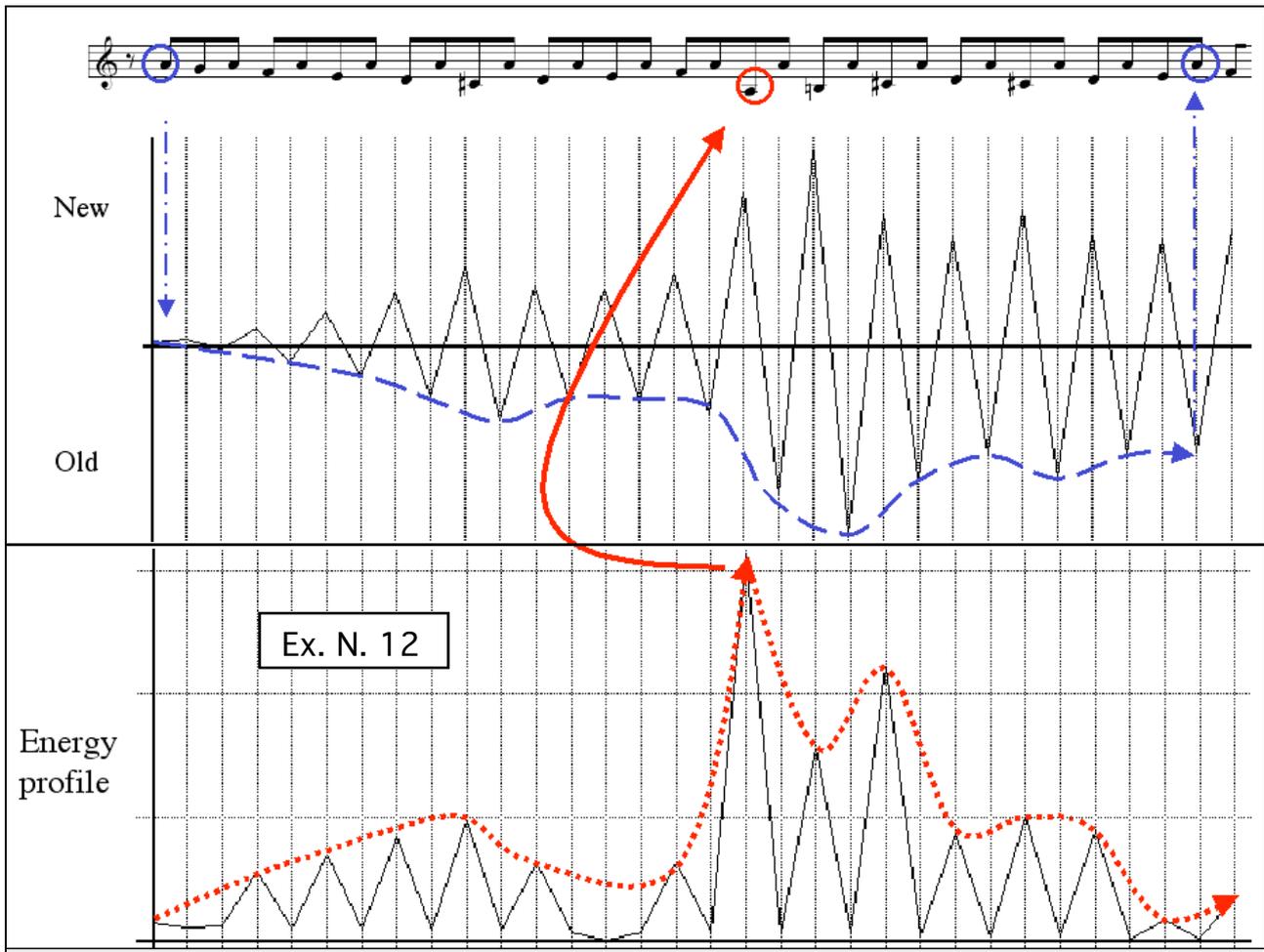
Come possiamo notare dopo una prima fase d'incremento della curva, non appena la sequenza diventa prevedibile, i valori decadono progressivamente. Questo tipo di implementazione, che si può trovare come sub-menu della funzione *Bit-information-analysis*, pone delle interessanti prospettive di sviluppo degli algoritmi di analisi morfologica, poiché permette di valutare parallelamente gli aspetti quantitativi, legati alla natura statistica del messaggio analizzato, e gli aspetti qualitativi, legati alla fruizione del messaggio nel tempo e quindi al suo essere oggetto delle attività mnemoniche.



Completando infine l'analisi del soggetto bachiano con le funzioni *New/Old-Analysis* ed *Energy-profile* possiamo ampliare le osservazioni d'ordine musicale: specularmente al dinamismo del livello di novità del "la" pedale (*New/Old-Analysis*), è interessante notare come il picco d'energia della struttura morfologica espresso (*Energy-profile*), si trovi sulla nota culmine del registro grave e come la curva d'energia generale, tenda progressivamente a trovare una sorta di stato di riposo con la chiusa del soggetto.

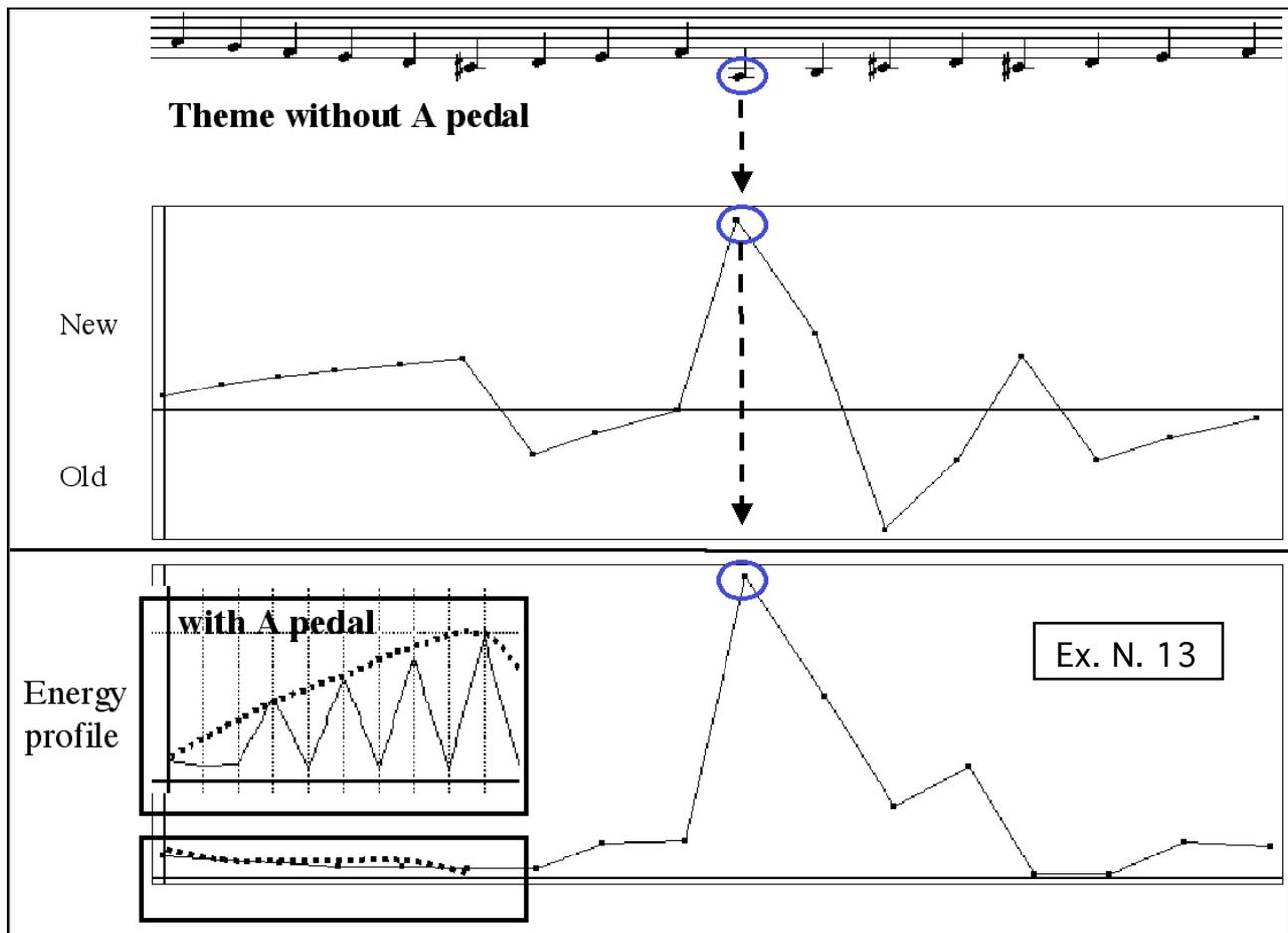
E' importante ricordare come i dati processati dall'algoritmo nulla hanno a che vedere con relazioni d'ordine melodico e intervallare o con osservazioni di carattere armonico, ma sono esclusivamente relativi al posizionamento sequenziale degli eventi "altezza".

(esempio n. 12 – applicazione delle funzioni *New/Old-Analysis* e *Energy-profile* al soggetto della fuga dalla toccata e fuga in re minore per organo di J. S. Bach).



L'analisi successiva, fatta sul soggetto bachiano depurato della nota pedale, mette in luce la funzione locale dell'utilizzo del pedale "la". E' interessante notare come vi sia coerenza fra le due analisi (quella *con* e quella *senza* nota pedale), esse sono due differenti *messe a fuoco* dell'oggetto musicale analizzato. Anche in questo caso il culmine d'energia della struttura morfologica è sul "la grave" (*Energy-profile*), ma si può notare come diventi anche il punto di massima novità della sequenza (*New/Old-Analysis*); dalla comparazione delle due analisi è evidente come la funzione del "la pedale" sia quella di articolare internamente il soggetto tematico caratterizzandone, come si vede ad esempio nell'incipit, il profilo d'energia.

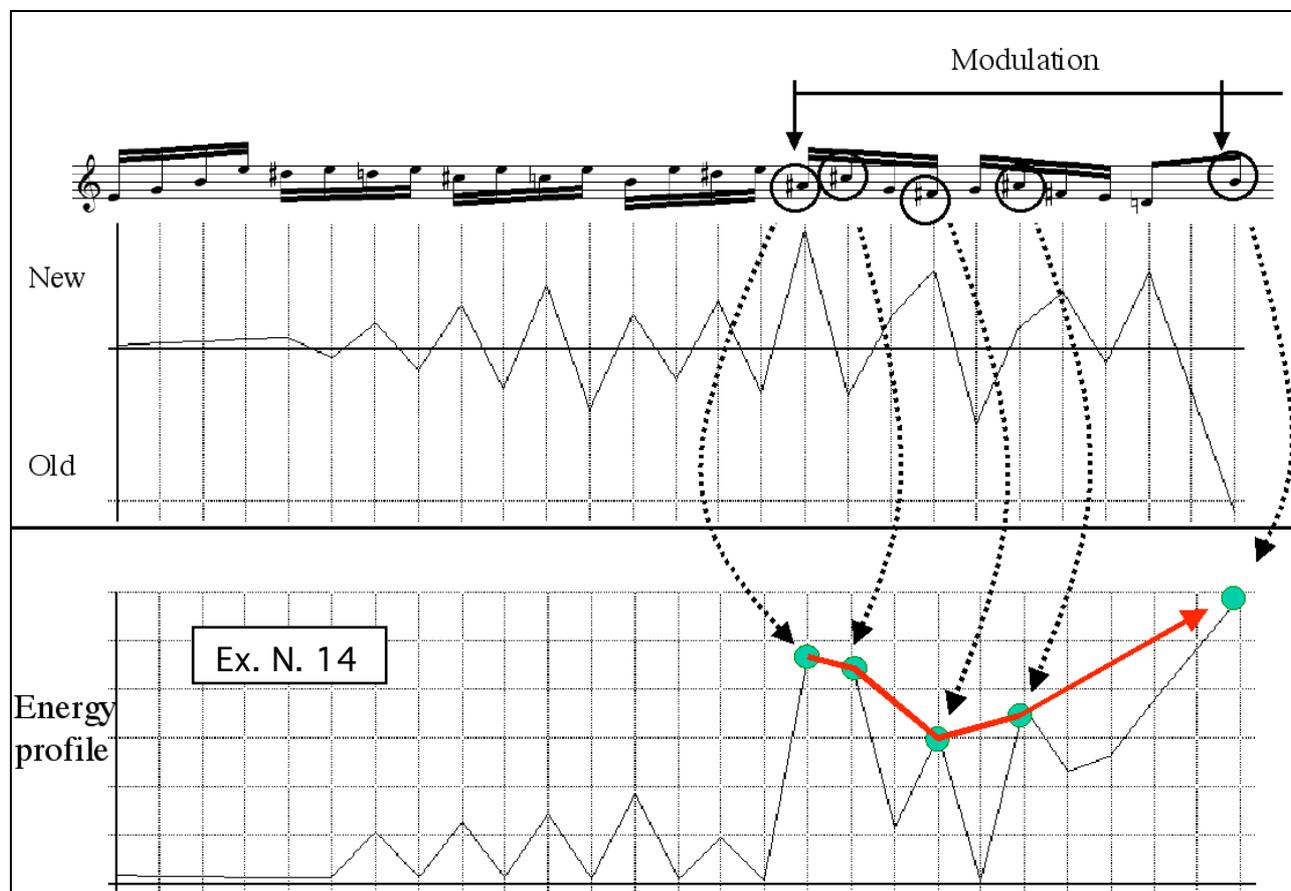
(esempio n. 13 – applicazione delle funzioni *New/Old-Analysis* e *Energy-profile* al soggetto della fuga dalla toccata e fuga in re minore per organo di J. S. Bach, senza il "la" pedale).



Ancora un esempio da J. S. Bach: il soggetto della fuga in mi minore dal primo libro del Clavicembalo Ben Temperato. Qui, a differenza della fuga in re minore, l'analisi del profilo d'energia della struttura morfologica indica una netta direzionalità in incremento verso la chiusa della sequenza (il "si" finale), corrispondente all'affermazione della dominante attraverso il processo modulativo. Di particolare interesse è osservare il rapporto fra il grado di *vecchiezza* della nota "si" e il suo *profilo d'energia*: la nota "si" compare per tre volte, l'ultima volta con un notevole grado di invecchiamento rispetto al contesto; è proprio questo invecchiamento (da notare come dal momento in cui è avvenuta la modulazione il "si", diventato la nuova tonica, non viene *consumato* fino alla chiusa del soggetto), a determinare l'impennata del grafico relativo alla funzione *Energy-profile*.

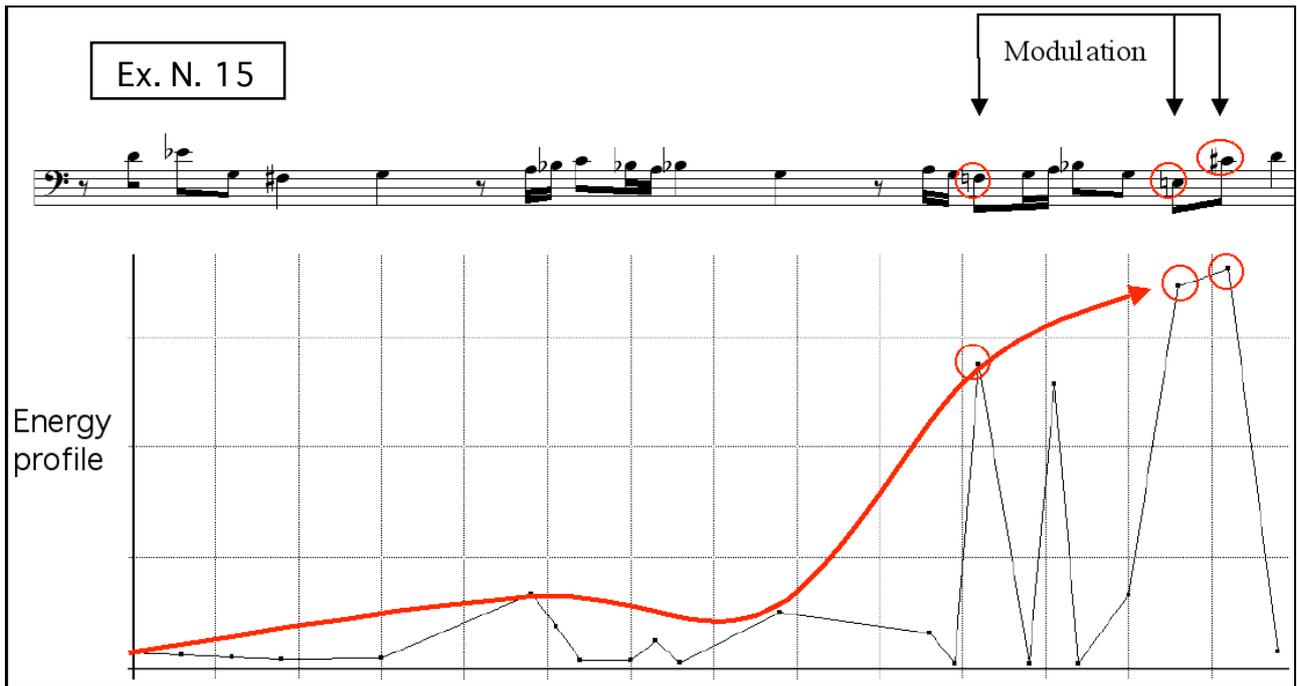
Nuovamente l'analisi puramente morfologica ci porta a dare indicazioni relative ad un altro livello, quello dell'armonia. Modulare, da un punto di vista morfologico, vuol dire introdurre elementi di novità (una scala altro non è infatti che una selezione del campo del possibile, nel caso del temperamento quest'ultimo corrisponde ai 12 semitoni, e la modulazione provoca una sostituzione degli elementi selezionati); è evidente quindi come la struttura morfologica della sequenza melodica sia alla base della organizzazione del parametro armonico.

(esempio n. 14 – applicazione delle funzioni *New/Old-Analysis* e *Energy-profile* al soggetto della fuga in mi minore dal primo libro del Clavicembalo Ben Temperato di J. S. Bach).



Ancora un esempio dal primo libro del Clavicembalo Ben Temperato: nonostante il soggetto sia articolato ritmicamente anche qui, come nei casi precedenti, l'analisi si applica al solo parametro delle altezze; notiamo subito che nel grafico, in corrispondenza della nota che segnala la modulazione (il "fa naturale"), vi è un'impennata dell'energia della struttura morfologica e al culmine raggiunto nel passaggio "mi do#", corrisponde, a livello di curva melodica, l'enfaticizzazione creata dal salto ascendente di 6a maggiore.

(esempio n. 15 – applicazione della funzione *Energy-profile* al soggetto e prolungamento del controsoggetto, della fuga in sol minore dal primo libro del Clavicembalo Ben Temperato di J. S. Bach).



Nell'esempio n. 16 abbiamo eseguito l'analisi dell'energia della struttura morfologica in due passaggi: nella prima analisi (relativa al solo soggetto) l'energia punta tutto sul culmine melodico "la"; nella seconda il soggetto è contestualizzato in una struttura più ampia, includendo anche il prolungamento della coda e il controsoggetto. E' ancora una volta evidente la relazione fra energia della struttura morfologica e modulazione, ma non solo: risulta anche evidente il peso acquistato dalla dominante "sol" dopo che è avvenuta la modulazione, essa esprime una energia di livello molto superiore rispetto alle sue tre precedenti comparse nel corpo del soggetto. A questo corrisponde l'enfaticizzazione della stessa durata del "sol" dopo la modulazione, quasi che la struttura morfologica delle altezze possa avere avuto una diretta incidenza sulle scelte relative al profilo ritmico della linea. Ultima osservazione da fare è lo scarsissimo peso che il grafico della funzione *Energy-profile* attribuisce alla sensibile "fa diesis".

(esempio n. 16 - applicazione della funzione *Energy-profile* al soggetto e prolungamento del controsoggetto, della fuga in do maggiore dal primo libro del Clavicembalo Ben Temperato di J. S. Bach).

Ex. N. 16

Modulation

The image displays a musical score for 'Ex. N. 16' on a grand staff. The score is divided into two systems. The first system shows a melodic line with a circled note. A dotted line connects this note to a circled note in the second system. The second system features a 'Modulation' section. Blue boxes highlight specific notes in the upper staff, and red circles highlight other notes. A red line connects these red circles, and black arrows show relationships between notes in the two systems.

## 6 - Struttura morfologica e trasformazione melodica

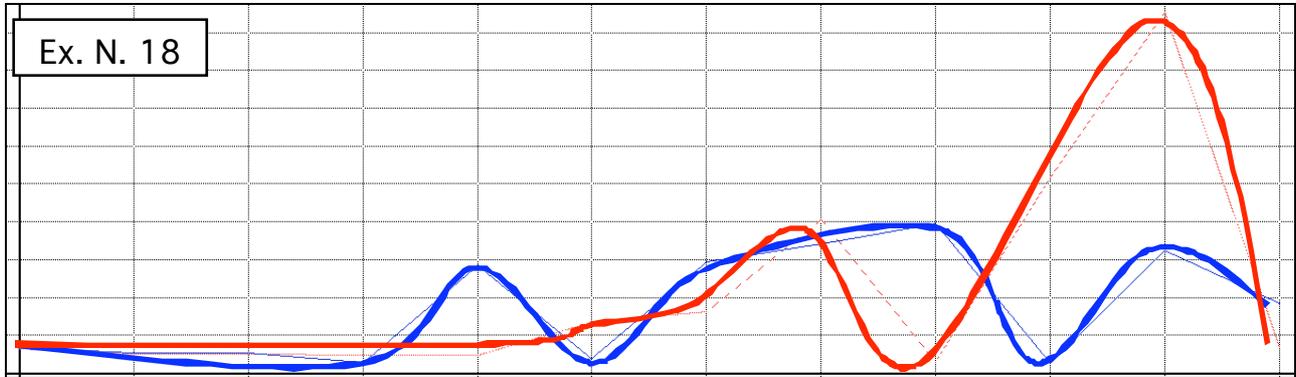
Un aspetto interessante, legato agli artifici del contrappunto, è quello dell'assoluta corrispondenza fra la struttura morfologica di una sequenza melodica e quella della sua inversione. Nell'esempio riportato, il soggetto dell'Arte della Fuga, vediamo inoltre come la funzione *Energy-profile* sembri far corrispondere la segmentazione ritmica a quella morfologica.

(esempio n. 17 – applicazione della funzione *Energy-profile* al soggetto dell'Arte della Fuga di J. S. Bach).

The diagram illustrates the morphological structure of the original and inverted melodic lines. At the top, a box states "structure of the Original = structure of the Inversion". Below this, two staves of music are shown: the original melody (top) and its inversion (bottom). The original melody is divided into segments labeled 1, 2, 3, 1, 4, 1, 5, 3, and 6 3 5 1. A red dashed box highlights the first eight segments. Below the staves, three green dashed boxes highlight specific melodic motifs. At the bottom, a graph labeled "Ex. N. 17" shows the energy profile of the original melody. The x-axis represents time, and the y-axis represents energy. The profile is a dashed line with green dots at each note, showing a series of peaks and valleys that correspond to the morphological segments.

L'assoluta naturalezza con la quale è riconoscibile l'inversione melodica ha molto a che vedere con i meccanismi della memoria e con il loro agire nel tempo. Tutto questo è ancora più evidente se lo paragoniamo alla difficoltà che s'incontra nel riconoscere un elemento tematico presentato in retrogrado. Nel retrogrado, a differenza dell'inversione, cambia la struttura morfologica, e con questa cambia totalmente anche il profilo dell'energia della struttura morfologica.

Nell'esempio n. 18 vediamo in blu il profilo dell'energia della struttura morfologica del soggetto dell'Arte della Fuga e della sua inversione [1 2 3 1 4 1 5 3 6 3 5 1], ed in rosso il profilo dell'energia morfologica del suo retrogrado [1 5 3 6 3 5 1 4 1 3 2 1].



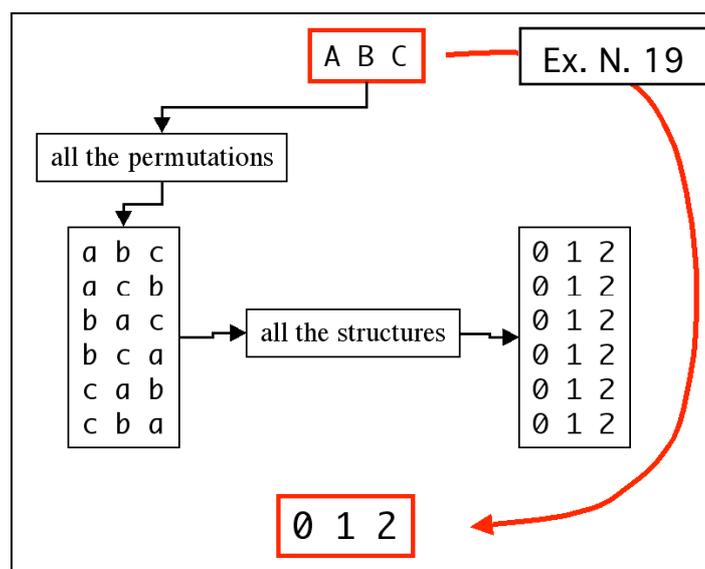
## 7 - Permutazioni della struttura morfologica dell'ordine d'ingresso.

Sviluppo del tematismo ed elaborazione motivica.

L'elaborazione tematica beethoveniana fa ampio uso della ripetizione motivica; questo nella nostra prospettiva d'analisi è estremamente stimolante poiché indica una possibile strada per passare da un livello d'analisi microformale ad un livello macroformale.

Per procedere in questa direzione dobbiamo approfondire un aspetto fondamentale che è quello della costruzione motivica: un motivo (dal punto di vista morfologico) è una delle possibili permutazioni sequenziali di un insieme di altezze. A questo proposito è importante notare come molte delle permutazioni di un insieme di altezze siano, dal punto di vista della struttura dell'ordine d'ingresso, identiche. Nell'esempio n. 19 notiamo come le permutazioni di un insieme di tre elementi privo di ripetizioni, diano luogo tutte alla stessa analisi dei contrasti. (n.b. - questo vale per tutti gli insiemi privi di ripetizioni interne).

(esempio n. 19 - permutazioni di 3 elementi senza ripetizioni e analisi dei contrasti corrispondenti).



Possiamo notare come la presenza di anche una sola ripetizione in un dato insieme produca, applicando le permutazioni, la ripetizione di alcune delle strutture morfologiche dell'ordine d'ingresso.

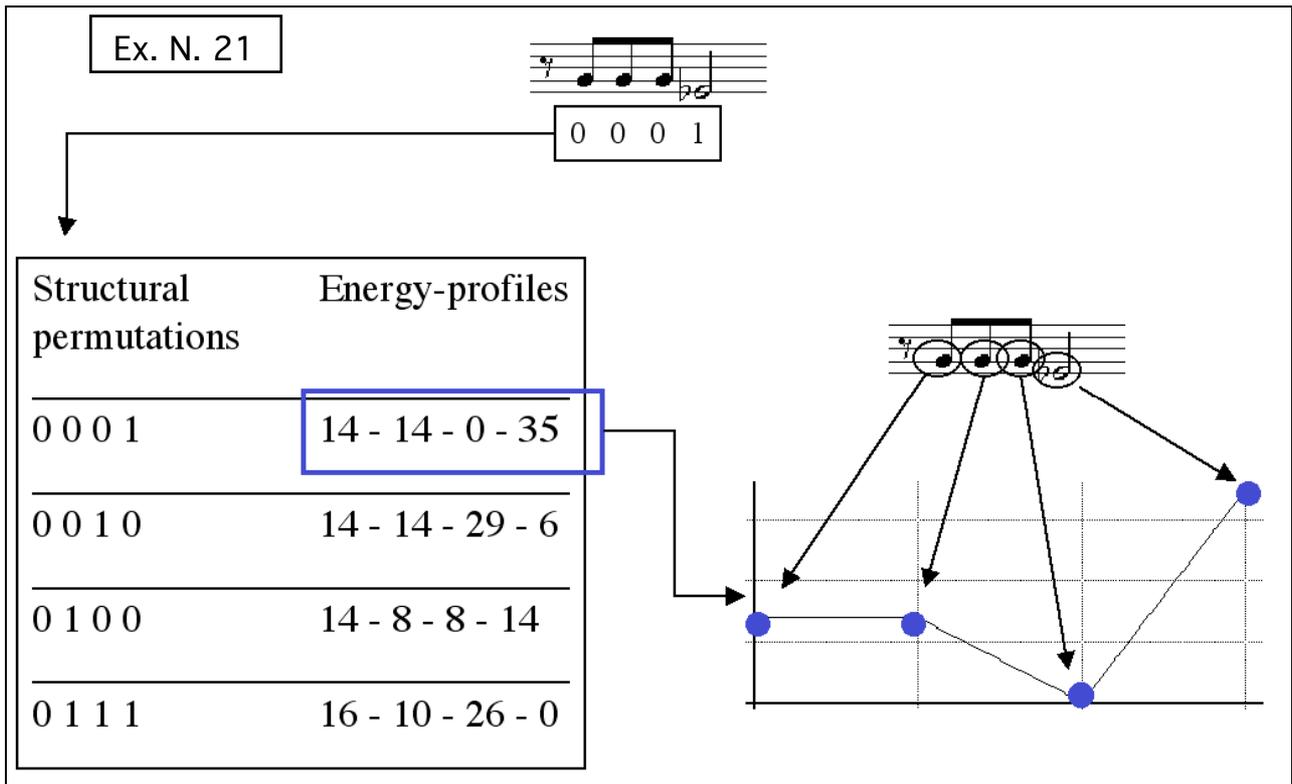
a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	b	→	0	0	1
a <sub>1</sub>	b	a <sub>2</sub>	→	0	1	0
a <sub>2</sub>	a <sub>1</sub>	b	→	0	0	1
a <sub>2</sub>	b	a <sub>1</sub>	→	0	1	0
b	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	→	0	1	1
b	a <sub>2</sub>	a <sub>1</sub>	→	0	1	1

Nell'esempio n. 20 sono esemplificate permutazioni, in insiemi a 2, 3 e 4 elementi con e senza ripetizioni, che danno luogo a differenti strutture morfologiche dell'ordine d'ingresso.

Ex. N. 20

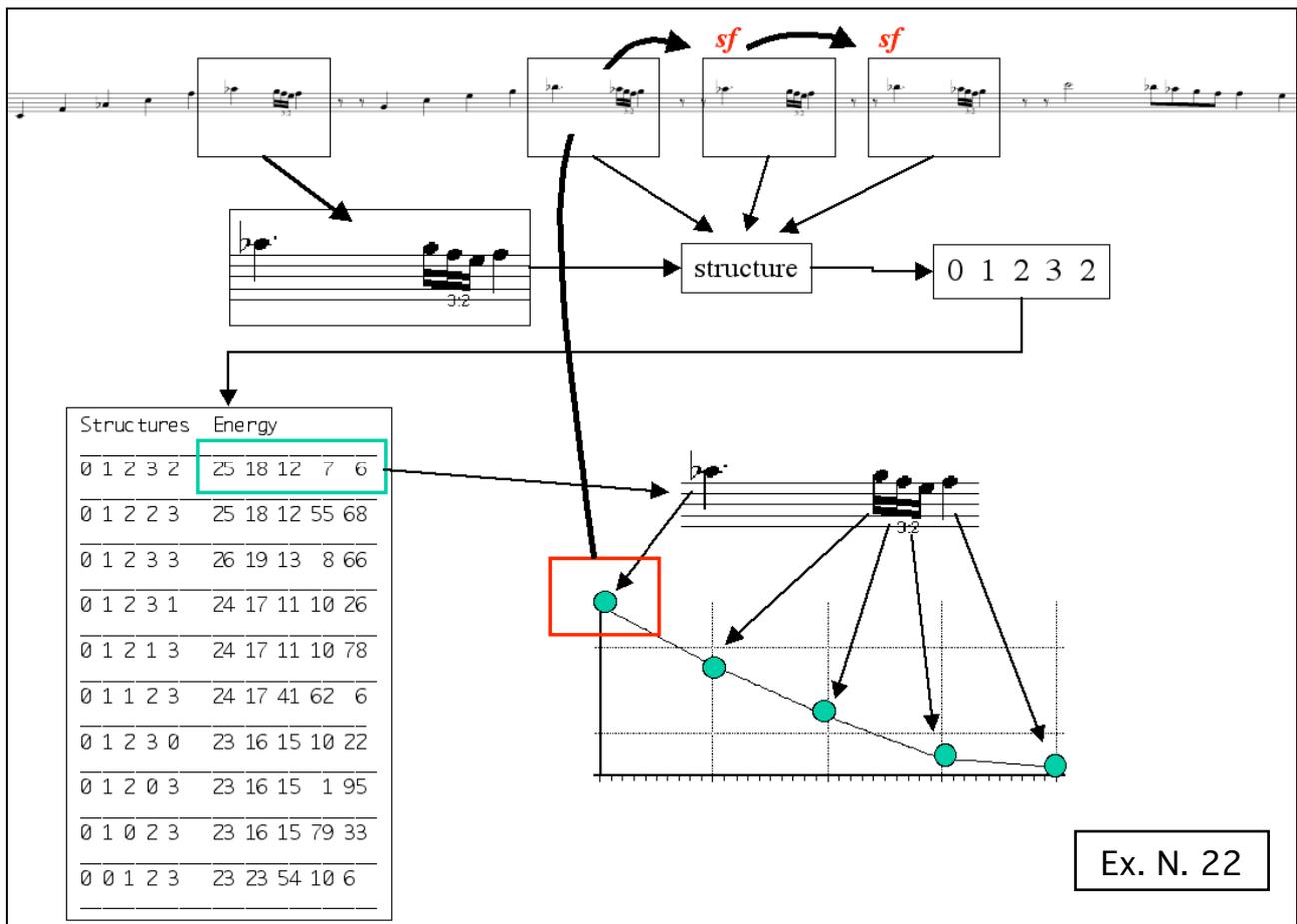
<u>a b</u> ---> 0 1		<u>a a b</u> ---> 0 0 1 ---> 0 1 0 ---> 0 1 1	<u>a b c</u> ---> 0 1 2	<u>a a b b c</u> ---> 0 0 1 1 2 ---> 0 0 1 2 1 ---> 0 0 1 2 2 ---> 0 1 0 1 2 ---> 0 1 0 2 1 ---> 0 1 1 0 2 ---> 0 1 1 2 0 ---> 0 1 2 0 1 ---> 0 1 2 1 0 ---> 0 1 0 2 2 ---> 0 1 2 0 2 ---> 0 1 2 2 0 ---> 0 1 1 2 2 ---> 0 1 2 1 2 ---> 0 1 2 2 1	<u>a a b b c c</u> ---> 0 0 1 1 2 2 ---> 0 0 1 2 1 2 ---> 0 0 1 2 2 1 ---> 0 1 0 1 2 2 ---> 0 1 0 2 1 2 ---> 0 1 0 2 2 1 ---> 0 1 1 0 2 2 ---> 0 1 1 2 0 2 ---> 0 1 1 2 2 0 ---> 0 1 2 0 1 2 ---> 0 1 2 0 2 1 ---> 0 1 2 2 0 1 ---> 0 1 2 1 0 2 ---> 0 1 2 1 2 0 ---> 0 1 2 2 0 1 ---> 0 1 2 2 1 0	<u>a b c d</u> ---> 0 1 2 3	<u>a a b c d</u> ---> 0 0 1 2 3 ---> 0 1 0 2 3 ---> 0 1 2 0 3 ---> 0 1 2 3 0 ---> 0 1 1 2 3 ---> 0 1 2 1 3 ---> 0 1 2 3 1 ---> 0 1 2 2 3 ---> 0 1 2 3 2 ---> 0 1 2 3 3
<u>a a b b b</u> ---> 0 0 0 1 1 ---> 0 0 1 0 1 ---> 0 0 1 1 0 ---> 0 1 0 0 1 ---> 0 1 0 1 0 ---> 0 1 1 0 0 ---> 0 1 1 1 0 ---> 0 1 1 0 1 ---> 0 1 0 1 1 ---> 0 0 1 1 1	<u>a a b c</u> ---> 0 0 1 2 ---> 0 1 0 2 ---> 0 1 2 0 ---> 0 1 1 2 ---> 0 1 2 1 ---> 0 1 2 2	<u>a a b b c</u> ---> 0 0 1 1 2 ---> 0 0 1 2 1 ---> 0 0 1 2 2 ---> 0 1 0 1 2 ---> 0 1 0 2 1 ---> 0 1 1 0 2 ---> 0 1 1 2 0 ---> 0 1 2 0 1 ---> 0 1 2 1 0 ---> 0 1 0 2 2 ---> 0 1 2 0 2 ---> 0 1 2 2 0 ---> 0 1 1 2 2 ---> 0 1 2 1 2 ---> 0 1 2 2 1	<u>a a b b c c</u> ---> 0 0 1 1 2 2 ---> 0 0 1 2 1 2 ---> 0 0 1 2 2 1 ---> 0 1 0 1 2 2 ---> 0 1 0 2 1 2 ---> 0 1 0 2 2 1 ---> 0 1 1 0 2 2 ---> 0 1 1 2 0 2 ---> 0 1 1 2 2 0 ---> 0 1 2 0 1 2 ---> 0 1 2 0 2 1 ---> 0 1 2 2 0 1 ---> 0 1 2 1 0 2 ---> 0 1 2 1 2 0 ---> 0 1 2 2 0 1 ---> 0 1 2 2 1 0	<u>a b c d</u> ---> 0 1 2 3	<u>a a b c d</u> ---> 0 0 1 2 3 ---> 0 1 0 2 3 ---> 0 1 2 0 3 ---> 0 1 2 3 0 ---> 0 1 1 2 3 ---> 0 1 2 1 3 ---> 0 1 2 3 1 ---> 0 1 2 2 3 ---> 0 1 2 3 2 ---> 0 1 2 3 3		
Etc.				Etc.		Etc.	

Con l'esempio n. 21 vediamo quali sono le possibili implicazioni relative al rapporto fra elaborazione motivica e risposta mnemonico/percettiva. Nel celebre incipit beethoveniano l'irruenza e l'incisività motivica, sottolineata con estrema chiarezza a livello ritmico, sono assolutamente coerenti con il profilo dell'energia della struttura morfologica dell'ordine d'ingresso. Fra le permutazioni possibili, quella scelta dal compositore ha il picco d'energia della struttura morfologica proprio sulla quarta nota.



Nella sonata op. 2 n. 1 di L. v. Beethoven, il primo tema è caratterizzato dalla ripetizione di una breve cellula motivica posta a culmine di un arpeggio ascendente. L'analisi delle possibili permutazioni di questa cellula ci fa chiaramente vedere come, fra le varie possibilità, la permutazione scelta dal compositore ha proprio sulla prima nota il culmine dell'energia della struttura morfologica. Infine, a sottolineare questi culmini, nella seconda frase, alla ripetizione delle due cellule, il compositore pone in partitura l'indicazione *sforzato*. Ancora una volta un indizio che sta ad indicare la stretta relazione fra struttura morfologia delle altezze e gli altri parametri, in questo caso quello della dinamica.

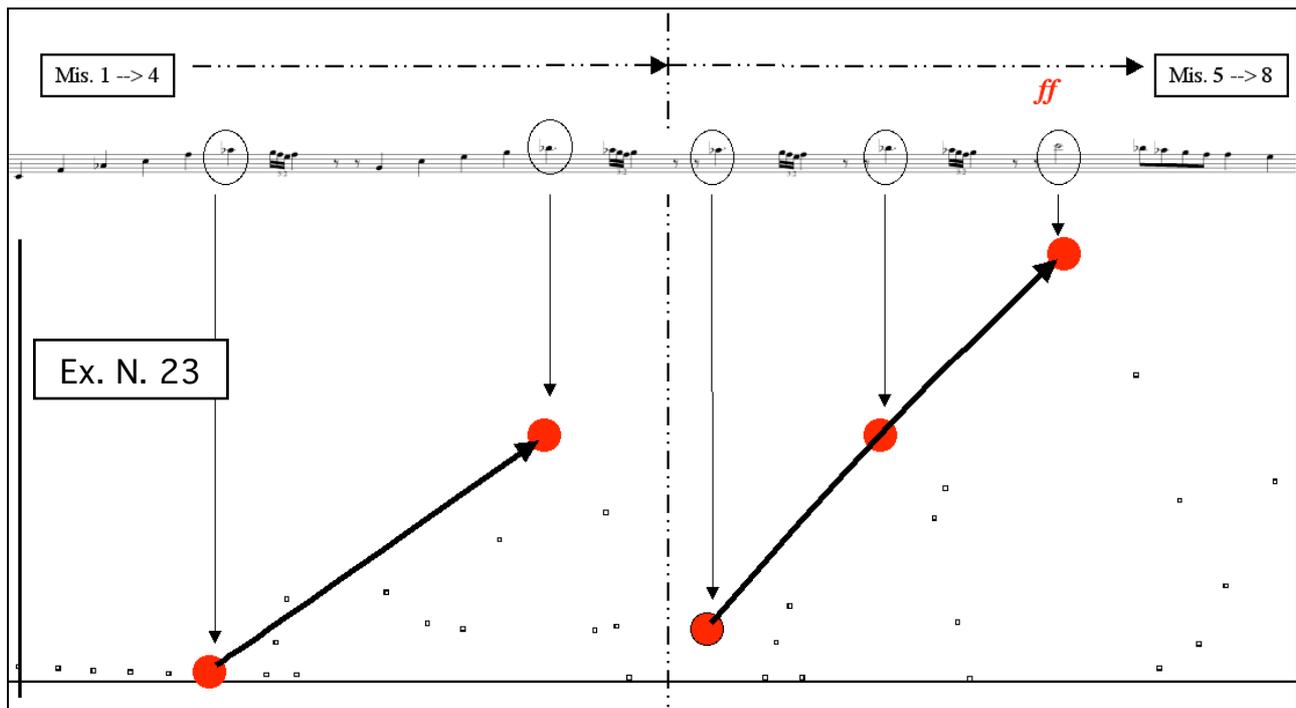
(esempio n. 22 – applicazione a livello motivico della funzione *Energy-profile* nel primo tema della sonata op. 2 n. 1 di L. v. Beethoven).



Ex. N. 22

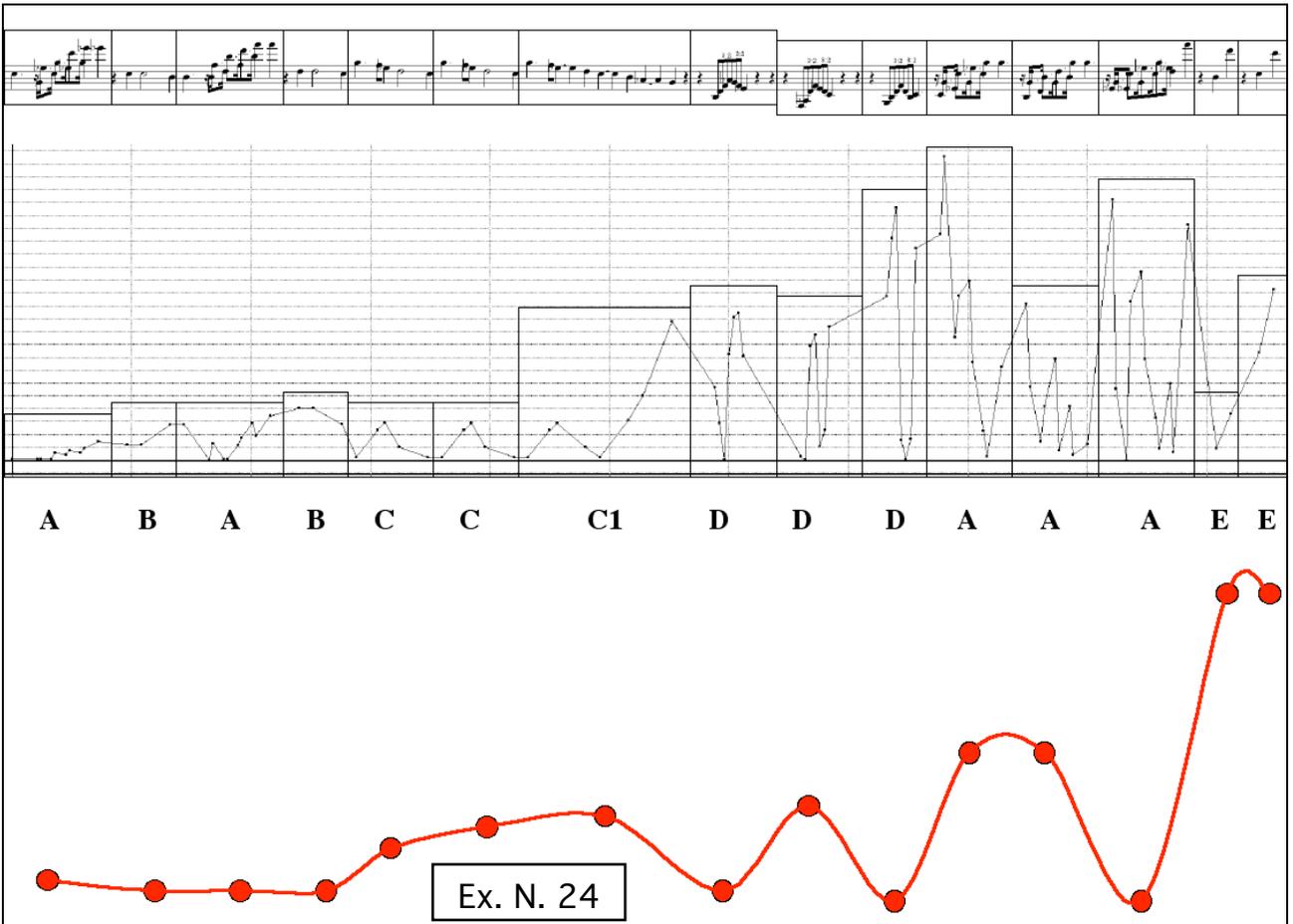
La relazione fra struttura morfologica delle altezze e dinamica è ancora più chiara dalla lettura dell'analisi fatta da *Energy-profile* di tutto il primo tema: al culmine di energia della struttura morfologica corrisponde il *fortissimo* (che è anche poi il culmine melodico del tema); inoltre è possibile individuare una funzione segmentante dell'energia della struttura morfologica, dall'analisi della quale leggere due ondate di crescente energia.

(esempio n. 23 – applicazione della funzione *Energy-profile* al primo tema della sonata op. 2 n. 1 in fa minore di L. v. Beethoven).



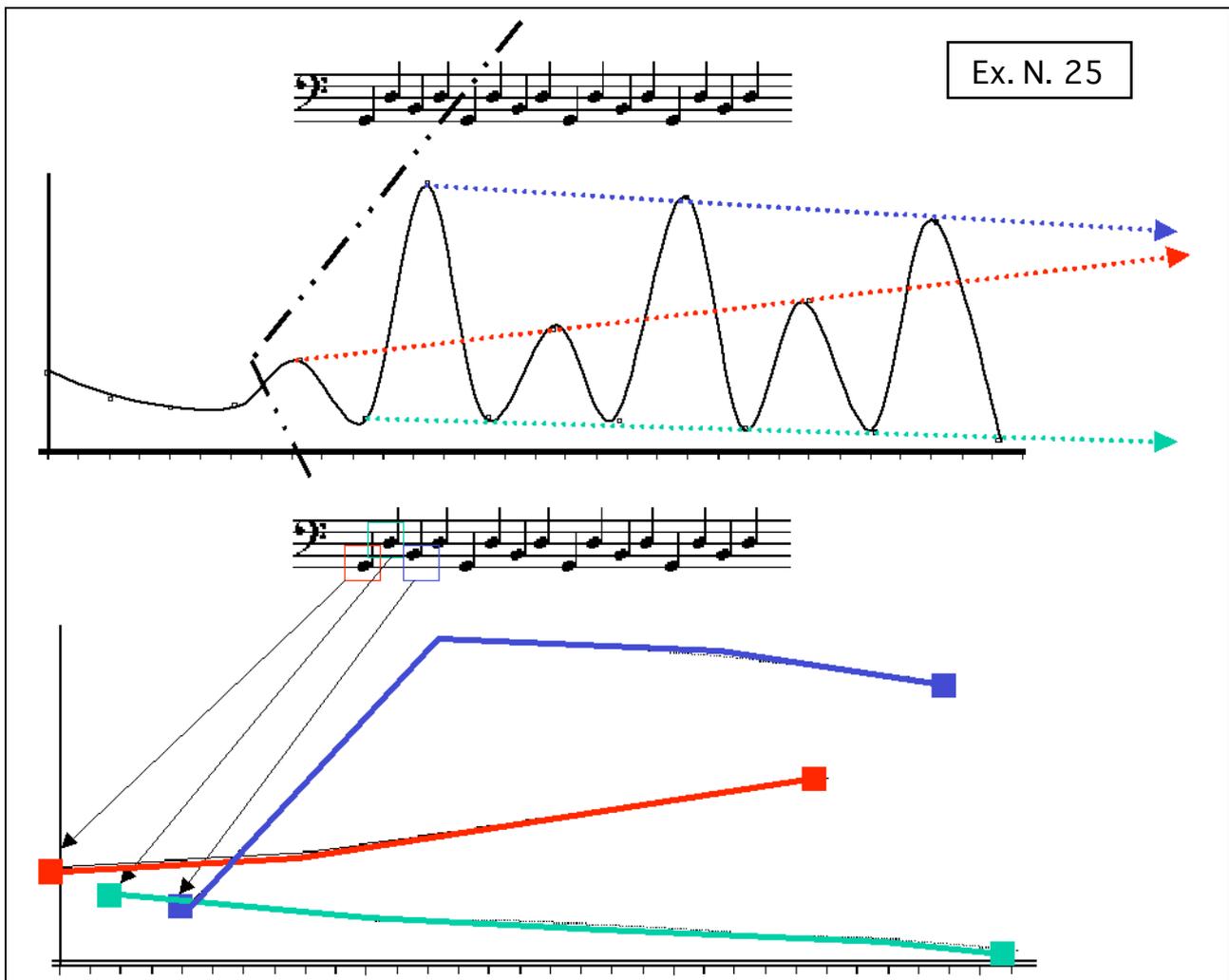
L'esempio n. 24 presenta due livelli di analisi dell'energia della struttura morfologica: il primo è un'analisi del tutto simile a quelle viste finora, in cui ogni altezza è considerata come unità a sé stante (a questo livello si nota in particolare come il picco d'energia coincida esattamente con l'inizio della codetta del tema); il secondo livello di analisi è applicato alla segmentazione motivica del tema, in questo caso il picco d'energia della struttura morfologica coincide perfettamente con la chiusa, risoluta ed assertiva, del tema. Dal punto di vista dei meccanismi mnestici la segmentazione in unità di livello superiore è fondamentale, l'assimilazione ad un medesimo oggetto di motivi accomunati fortemente dal punto di vista del profilo melodico e della struttura ritmica non solo è accettabile, ma è uno strumento necessario per l'accesso ad un livello d'analisi macroformale.

(esempio n. 24 - applicazione della funzione *Energy-profile* al primo tema della sonata op. 10 n. 1 in do minore di L. v. Beethoven).



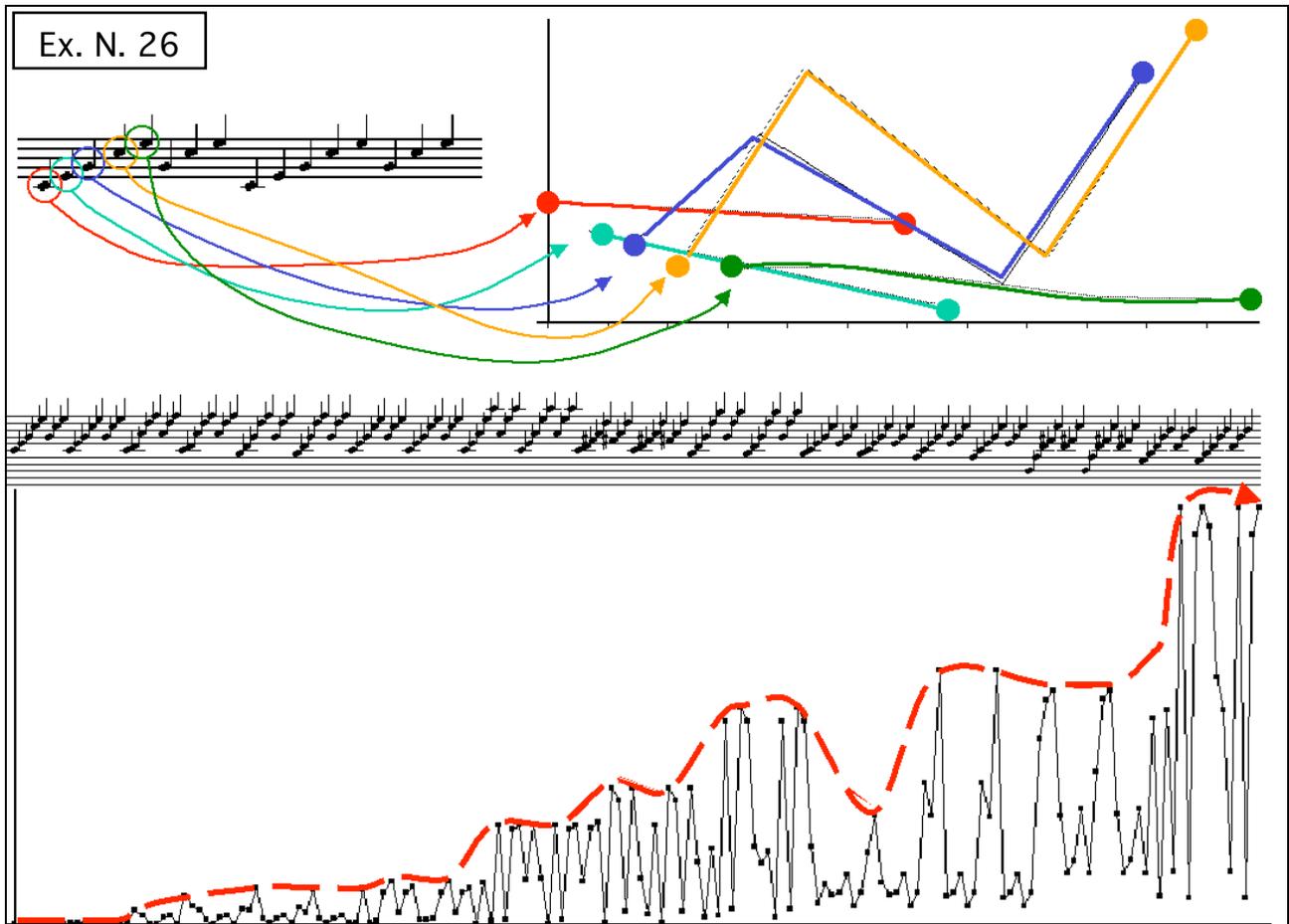
## 8 - Analisi morfologica delle sequenze iterative.

Un aspetto particolare della scrittura musicale è quello del prolungamento armonico attraverso l'iterazione di formule articolative. Nell'esempio n. 25 è analizzato il procedimento detto "*basso albertino*"; è interessante notare come, la separazione nell'analisi delle diverse componenti armoniche della triade, dia luogo a percorsi d'energia della struttura morfologica assolutamente autonomi, quasi in contrappunto fra loro. L'analisi dell'energia della struttura morfologica evidenzia un evolversi costante ed equilibrato dei differenti strati armonici.



Il preludio in do maggiore dal Clavicembalo ben Temperato di J. S. Bach è un classico esempio di articolazione nel tempo, mediante la ripetizione di una formula sempre uguale, di una polifonia a cinque parti. L'analisi dell'energia della struttura morfologica della formula di scioglimento armonico, ripetuta rigorosamente quasi in ogni misura fino alla fine del brano, ci fa vedere come la parte acuta esprima un basso grado di energia, mentre due delle parti medie siano messe in risalto proprio dalla ripetizione. L'analisi complessiva delle prime 11 misure, cioè fino all'affermazione del tono della dominante, conferma la coerente corrispondenza fra il piano armonico e la struttura morfologica.

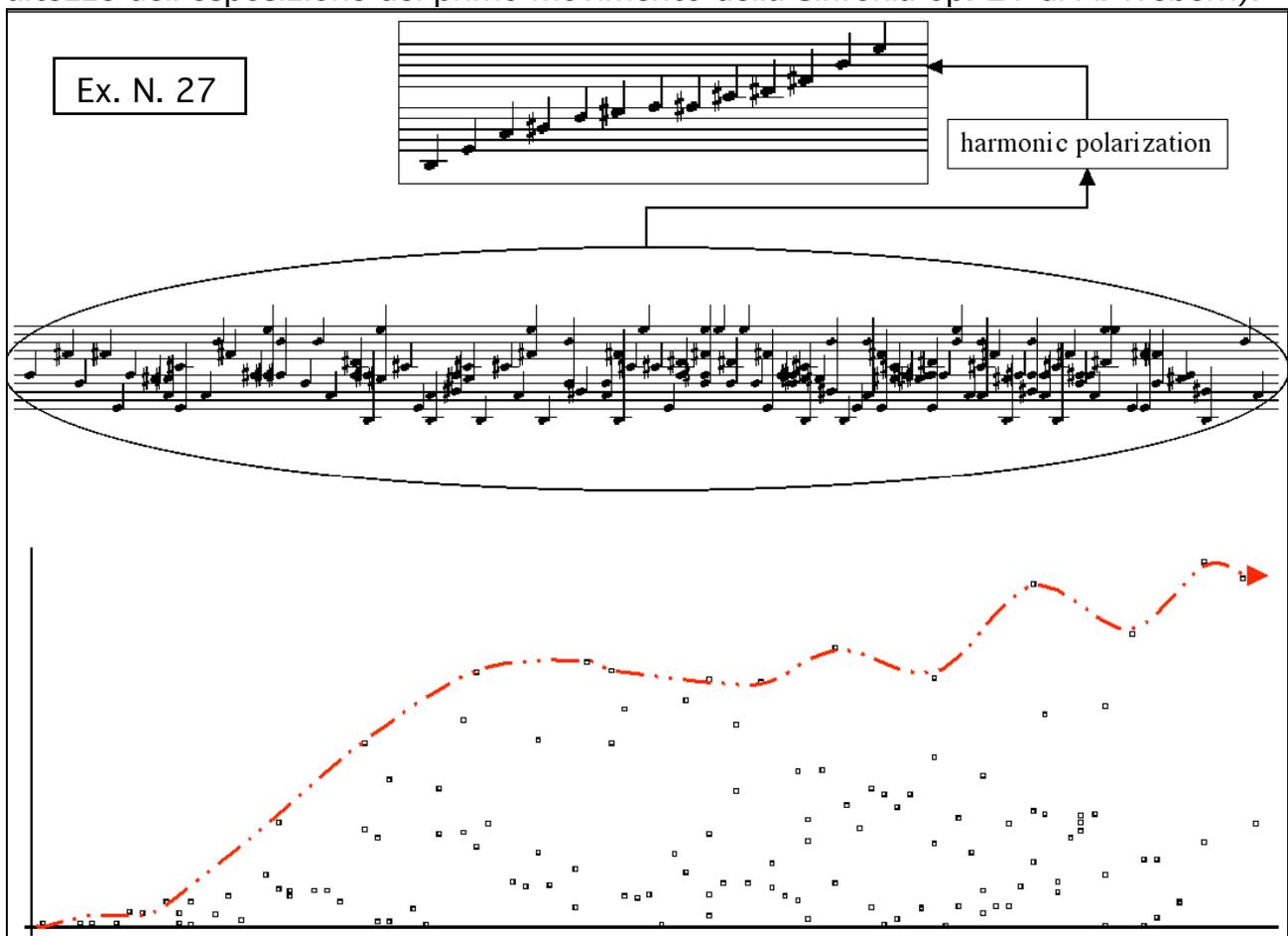
(esempio n. 26 – applicazione della funzione *Energy-profile* alle prime 11 misure del Preludio in do maggiore dal primo libro del Clavicembalo Ben Temperato J. S. Bach).



## 9 - Polarizzazione armonica e struttura morfologica in Anton Webern

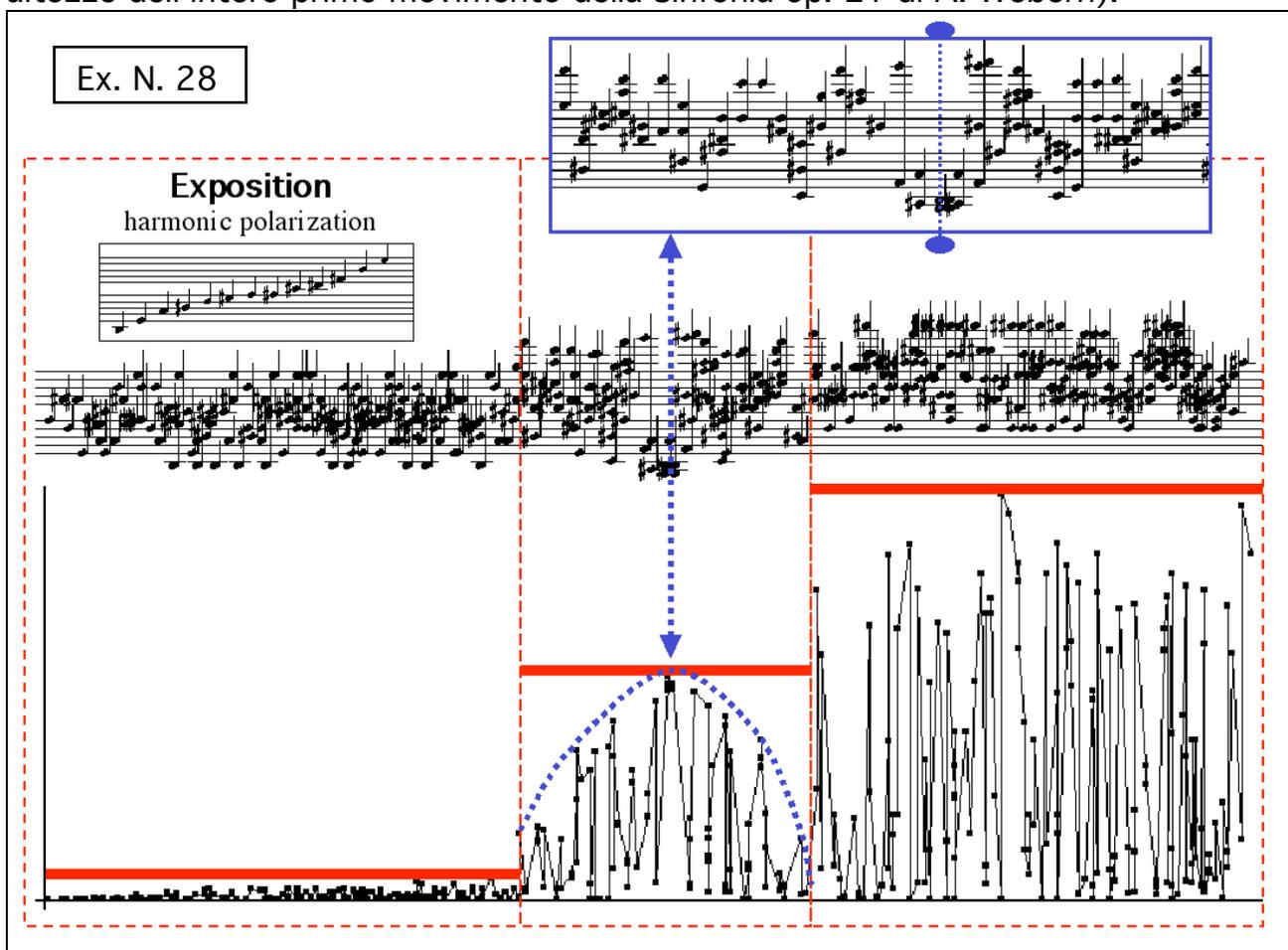
Una delle caratteristiche stilistiche peculiari della scrittura weberniana è quella della polarizzazione, cioè quella tecnica che, attraverso la fissazione nei registri delle altezze, mira ad ottenere una sorta di pulizia del campo armonico, una cristallizzazione del tempo e dello spazio. Questo particolare tratto stilistico diventa di fondamentale importanza per la gestione della macroforma: nel primo movimento della Sinfonia op. 21 la struttura, classicamente tripartita, è definita in primo luogo proprio attraverso l'uso della polarizzazione armonica. Nell'esposizione (esempio n. 27) il campo armonico è unico e simmetricamente organizzato attorno alla nota "la". Non ci soffermeremo sulle strutture canoniche e sulla finissima organizzazione timbrica di quest'opera, ma proprio su un aspetto che, intrinsecamente legato alla tecnica della polarizzazione, è al centro di questo articolo: la ripetizione. L'analisi dell'energia della struttura morfologica nell'esposizione della Sinfonia op. 21, ci mostra come il gioco delle ripetizioni creato dal tessuto armonico polarizzato porti ad un costante e graduale incremento dei picchi d'energia.

(esempio n. 27 - applicazione della funzione *Energy-profile* alla sequenza delle altezze dell'esposizione del primo movimento della Sinfonia op. 21 di A. Webern).



Rivelatore della funzione strutturante (dal punto di vista percettivo) della polarizzazione, è l'analisi nel suo complesso di tutto il movimento (esempio n. 28). Le polarizzazioni della seconda e terza parte del brano, scaturite dalla sovrapposizione di differenti campi armonici, hanno il vero e proprio effetto di segmentare la forma. L'analisi dell'energia della struttura morfologica si rivela addirittura simmetrica, nella parte centrale del brano, alla struttura cancrizzante dei canoni, mentre la sezione finale ha la funzione di liberare le energie fin lì accumulate. Webern, nella terza sezione di questo movimento, dissolve la forma disarticolando il tessuto musicale, quasi che le energie accumulate fin qui potessero trovare compimento nell'annientamento della forma stessa.

(esempio n. 28 – applicazione della funzione *Energy-profile* alla sequenza delle altezze dell'intero primo movimento della Sinfonia op. 21 di A. Webern).



## 10 – Prospettive

La possibilità di applicare in maniera estesa gli algoritmi d'analisi presentati a tutti i parametri musicali, rende le prospettive di sviluppo particolarmente interessanti. Saranno di volta in volta i tratti stilistici delle partiture studiate a suggerire le priorità, per quanto riguarda i parametri, nell'applicazione degli algoritmi d'analisi. Allo stato attuale si stanno testando, sempre a livello della costruzione melodica ed utilizzando anche le funzioni d'analisi dell'informazione [*Bit-information-analysis* – vedi note 5 e 6], le implicazioni riguardanti l'importanza della struttura morfologica di:

- intervalli;
- modulo 12 (relazione di ottava);
- profilo melodico<sup>7</sup>;
- uso del registro (assecondando la naturale divisione in registri dello strumento musicale utilizzato, con implicazioni quindi di carattere timbrico);
- durate;
- registri di durata (dalle articolazioni più lente a quelle più rapide);
- intensità;
- timbri;

Ad esemplificare il lavoro d'indagine svolto vediamo alcuni esempi.

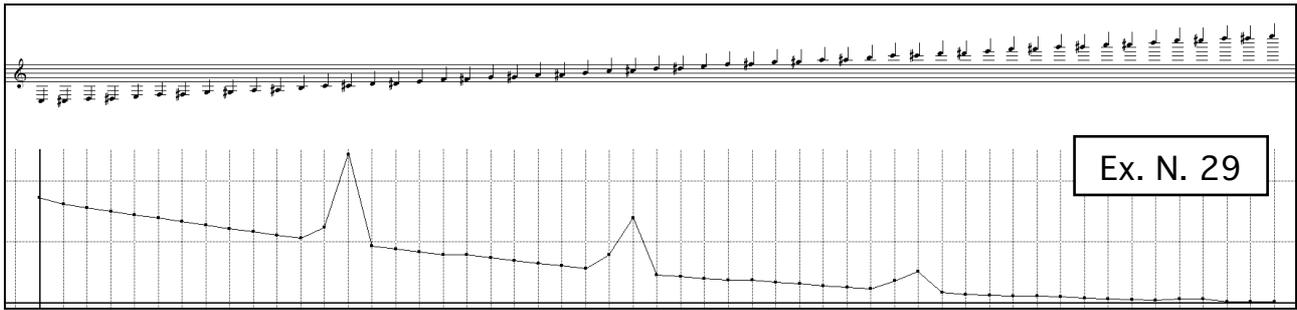
Nell'esempio n. 29 sono fatte interagire due analisi d'energia della struttura morfologica:

- la prima considera i dati in input (una scala cromatica di più di 4 ottave) come una sequenza di eventi sempre nuovi (1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53) – in sostanza come fatto in tutti gli esempi precedenti;
- la seconda considera i dati in input come note, quindi come una successione di ripetizioni di scala cromatica di 12 semitoni (0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 0 1 2 3 4);

E' evidente che tale implementazione è fondamentale per ottenere una buona simulazione della risposta psichica: una scala cromatica non è un indifferenziato succedersi di eventi sempre nuovi, e la relazione di ottava provoca la sensazione di una ripetizione pur differenziata dal punto di vista del timbro. L'iterazione della ripetizione tende poi a far scemare progressivamente il peso dell'energia morfologica.

---

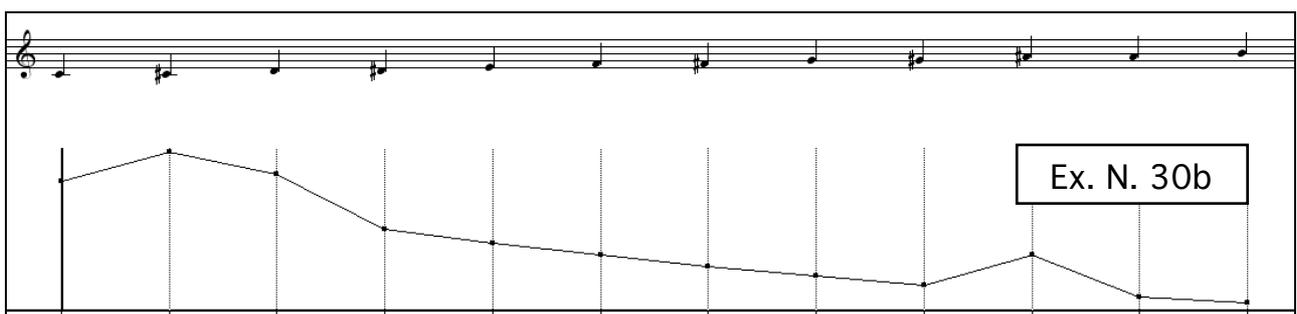
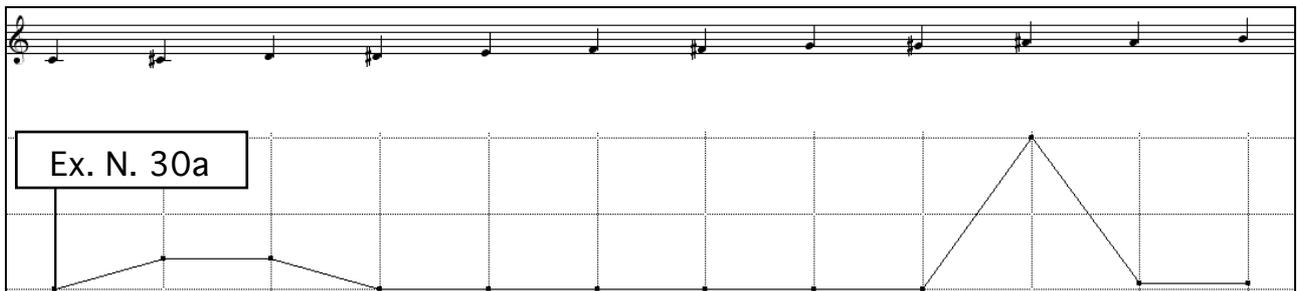
<sup>7</sup> si veda a questo proposito la funzione `direct-analysis` della libreria Morphologie 3.0, P. Aralla, J. Baboni Schilingi e F. Voisin, PRISMA, 2002.



Nell'esempio n. 30b ad interagire sono l'analisi d'energia della struttura morfologica della sequenza degli eventi (0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11) e quella della sequenza intervallare (0 0 0 0 0 0 0 0 1 2 1).

Nella sequenza intervallare (tutti semitoni ascendenti tranne in chiusura due toni interi e un semitono discendente), l'analisi dell'energia della struttura morfologica ha il picco al momento dell'arrivo dell'intervallo di 2a maggiore (esempio n. 30a); si può notare come, nell'esempio 30b, la curva dell'energia della struttura morfologica degli intervalli sia riconoscibile anche se attenuata dalla combinazione con l'analisi dell'energia della struttura morfologica della sequenza di eventi.

Questi ultimi due esempi sono relativi agli studi preliminari per l'applicazione dell'analisi morfologica al campo strutture dodecafoniche.



## 11 - Architektur der Ebene II

Un esempio di applicazione delle funzioni di analisi morfologica alla composizione

In “*Impromptu n. 5*” del 2001 ed ancor più in “*Architektur der Ebene II*”, un brano per pianoforte concertante ed ensemble da me composto nel 2002, le funzioni d’analisi morfologica hanno trovato una prima applicazione in senso creativo. In particolare, la lunga cadenza del pianoforte solista di “*Architektur der Ebene II*”, è costruita attraverso l’utilizzazione di *New/Old-Analysis* come strumento per filtrare i materiali musicali di base. Nell’esempio n. 31 vediamo l’ultima parte della cadenza: essa è, dal punto di vista compositivo, il materiale di base della cadenza stessa.

(esempio n. 31 – materiale base per il *Fade-in morfologico* – P. Aralla, *Architektur der Ebene II*, parte finale della cadenza del pianoforte – miss. 356/359).



La funzione utilizzata, di tipo ricorsivo, opera per ogni passaggio le seguenti operazioni:

- applicazione della funzione *New/Old-Analysis* (in questo caso partendo dal frammento riprodotto nell’esempio n. 31);
- segmentazione della sequenza in corrispondenza dei picchi down (cioè dei picchi di vecchiezza del materiale) della funzione *New/Old-Analysis* - la funzione usata per l’individuazione dei punti di segmentazione è min-flex-max della libreria *Morphologie*;
- eliminazione dei picchi down e trasposizione dei materiali restanti sulle altezze espunte;
- Infine riordino a ritroso dei materiali dall’ultima ricorsione fino al materiale originale.

L’intento è quello di costruire un lungo passaggio musicale in cui siano progressivamente messi a fuoco i caratteri più ridondanti del frammento di partenza; tale processo può essere definito un *Fade-in morfologico*, la sua funzione è quella di realizzare una progressiva messa a fuoco dell’immagine musicale di partenza. Analoghi procedimenti sono stati realizzati utilizzando l’analisi *Energy-profile*, non solo con funzione di *Fade-in*, ma anche di *Fade-out morfologico*.



## 12 – Conclusioni

Un dato importante messo in luce dagli esempi di applicazione delle funzioni di analisi morfologica, è l'esistenza di una gerarchia strettamente interconnessa fra i vari parametri musicali. In particolare abbiamo visto, negli esempi d'analisi su Bach e Beethoven contenuti in quest'articolo, come il parametro dell'altezza assoluta abbia una funzione preminente rispetto agli altri (parametro armonico, di curva melodica, timbrico, ritmico ecc...), tanto da essere determinante nelle scelte operate a livello di costruzione armonica e ritmica. Le funzioni *New/Old-Analysis* ed *Energy-profile*, applicate alla sequenza delle altezze assolute<sup>8</sup>, ci forniscono utili informazioni sulla coincidenza fra energia della struttura morfologica della linea melodica e il parametro armonico, evidenziando il profondo legame fra le ragioni dello sviluppo armonico/melodico e quelle della forma. Questo punto è fondamentale poiché mette in rilievo l'essenza unitaria che lega le scelte melodiche, armoniche e ritmiche a quelle formali, in una relazione complessa ed inscindibile.

Il passare con disinvoltura attraverso le più disparate esperienze linguistiche caratterizza la modernità ed è sintomo dell'esistenza di un piano più profondo che attraversa e lega, rendendola leggibile, questa pluralità d'esperienze. Stili e linguaggi sembrano essere una risposta, ogni volta unica e particolare, ad un basilare bisogno: quello di organizzare, di dare forma al tempo attraverso i processi cognitivi legati alla memoria. E' all'interno di questa cornice che le espressioni più radicali delle avanguardie del secondo novecento vanno interpretate. Esse ci hanno consegnato opere capaci di dare nuova forma al tempo (pensiamo a Ligeti, Scelsi, Grisey, ma anche diversamente a Stockhausen, Boulez, Berio, Donatoni, ecc...), un vasto campo di esperienze e sperimentazioni, attraverso le quali pensare nuove relazioni tra forma e memoria.

Tratto peculiare dell'analisi morfologica è la sua applicabilità al di là delle caratteristiche linguistiche e stilistiche dell'opera analizzata. Prendendo come modello di riferimento i processi cognitivi e simulando la risposta psichica all'atto percettivo, le funzioni *New/Old-Analysis* ed *Energy-profile* si dimostrano sufficientemente duttili da dare, individuata la relazione gerarchica fra i diversi parametri, risposte apprezzabili in ambiti stilistici completamente differenti. Di più, le prospettive d'applicazione dell'analisi morfologica possono andare oltre gli stessi confini dell'analisi musicale strettamente intesa, per indagare gli aspetti *musicali* di altre espressioni artistiche: analisi delle sequenze fonetiche in ambito poetico, analisi delle sequenze di movimento nella danza, ecc...

---

<sup>8</sup> E' da rimarcare ancora una volta come nell'analizzare la sequenza delle altezze assolute, le funzioni *New/Old-Analysis* ed *Energy-profile* in nessun modo prendono in considerazione come dati in ingresso gli altri parametri (armonico, ritmico, ecc...).

## Riferimenti bibliografici:

- Baboni Schilingi J. e Voisin F. : *Morphologie et structures musicales* in *Morphologie*, Reference Manual, IRCAM, Paris, 1997.
- Imberty M. : *Les écriture du temps* – Bordas, Paris, 1981 – trad. it. *Le scritte del tempo*, Ricordi/Unicopli, Milano, 1990.
- Moates D. e Schumacher G. : *An Introduction to Cognitive Psychology* - Wadsworth Publisching Co., Belmont, 1980 – trad. it. *Psicologia dei processi cognitivi*, Mulino, Bologna, 1983.
- Tadié J.Y. e Tadié M. : *Le sens de la mémoire* – Edition Gallimard, Paris, 1999 – trad. it. *Il senso della memoria*, Dedalo, Bari, 2000.