

Ennio Francescato – Conservatorio St. di Musica “J. Tomadini” di Udine
Erica Bisesi – Università degli Studi di Udine

Ricerche scientifiche sull'esecuzione musicale e relative implicazioni didattiche

Relazione al Convegno “La Musica in Testa”

Auditorium SISSA

Mercoledì 14 gennaio 2009

COLLABORAZIONE UNIVERSITA' – CONSERVATORIO

Obiettivi di grande interesse per entrambi:

per l'Università:

- Arricchimento della banca dati sulle esecuzioni musicali
- Interazione con musicisti competenti in interpretazione e teoria musicale
- Possibilità di verifiche empiriche delle teorie (e studio delle possibili ricadute sulla didattica dell'interpretazione)

per il Conservatorio:

- Acquisizione di conoscenze scientifiche sull'esecuzione musicale
- Nuovi strumenti d'analisi delle esecuzioni dei grandi interpreti
- Sviluppo di nuovi strumenti tecnologici per la didattica della prassi esecutiva

Musica e Scienza

(http://fisicaondemusica.unimore.it/Percezione_del_suono.html)

Il **fenomeno sonoro** è costituito dall'interazione di molti fenomeni diversi che avvengono su molti piani distinti:

- il **piano fisico** della vibrazione del mezzo e della propagazione dell'onda sonora
- il **piano fisico-fisiologico** dell'interazione tra l'onda sonora e l'orecchio
- il **piano fisiologico** della trasformazione del segnale ad opera dell'apparato sensoriale e del sistema nervoso
- il **piano fisiologico-psicologico** del riconoscimento, della cognizione del segnale, e dei suoi correlati emotivi

e, proseguendo verso la **musica**:

- il **piano cognitivo-linguistico** dell'interpretazione e attribuzione di un significato ai suoni
- il **piano linguistico-formale** del riconoscimento della struttura musicale dei suoni
- il **piano antropologico-culturale** riguardante lo sviluppo di particolari forme e linguaggi musicali da parte delle diverse società umane

Le proprietà del suono:

Parametri fisici di un'onda sonora:

♪ **ampiezza**

lo spostamento massimo delle molecole rispetto alla loro condizione di riposo, legata alla variazione di **pressione** nel mezzo

♪ **frequenza**

il numero di volte in cui avviene l'oscillazione di una molecola, nell'unità di tempo

♪ **spettro**

tutti i suoni possono ottenersi per addizione di parziali; in un grafico di questo tipo si rappresentano le ampiezze relative a ciascuna componente sonora in funzione della frequenza

♪ **involuppo**

la curva che si ottiene a partire dalla rappresentazione dell'onda, unendo cresta con cresta e seno con seno e che determina il profilo di una forma d'onda

♪ **durata**

l'intervallo di tempo tra l'inizio e la fine fisici di un suono

Le proprietà del suono:

Parametri fisici di un'onda sonora:

♪ ampiezza

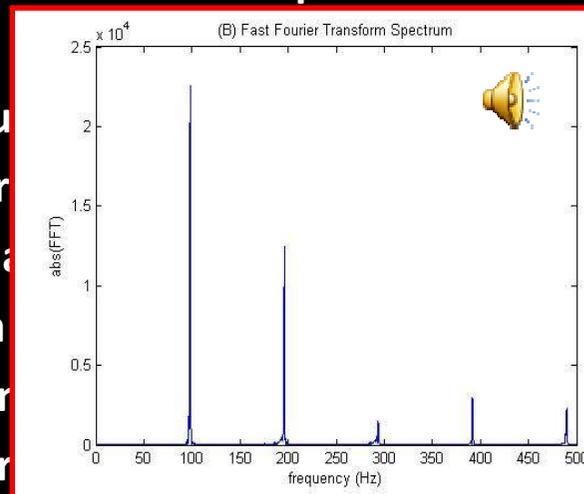
lo spostamento massimo delle molecole rispetto alla loro condizione di riposo, legata alla variazione di **pressione** nel mezzo

♪ frequenza

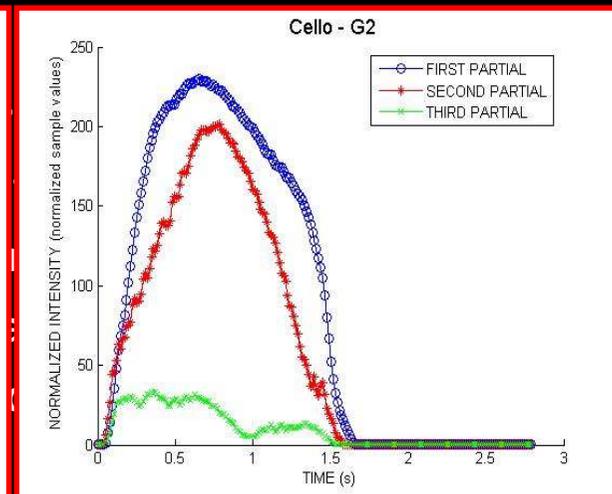
il numero di volte in cui avviene l'oscillazione di una molecola, nell'unità di tempo

♪ spettro

tu
gr
cia
la
ur
pr



♪ inviluppo



♪ durata

l'intervallo di tempo tra l'inizio e la fine fisici di un suono

Le proprietà del suono:

Parametri fisici di un'onda sonora:

♪ pressione

♪ frequenza

♪ spettro

♪ inviluppo

♪ durata

Le proprietà del suono:

Parametri fisiologici del suono:

♪ pressione → intensità

♪ frequenza → altezza

♪ spettro → timbro

♪ inviluppo

♪ durata → durata

suoni deboli e forti

suoni acuti e gravi

suoni di uguale frequenza e intensità, emessi da due sorgenti distinte

l'intervallo temporale in cui il suono persiste senza discontinuità

E' possibile uno studio scientifico della performance musicale?

Parametri musicali (Friberg & Battel, 2005 – *Structural communication*)

- Durata di un suono e articolazione
- Dinamica
- Fraseggio
- Tensione armonica e melodica
- Metrica e accenti

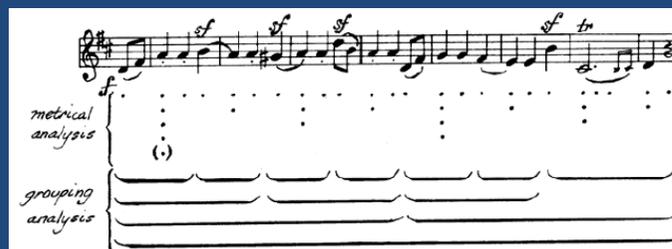
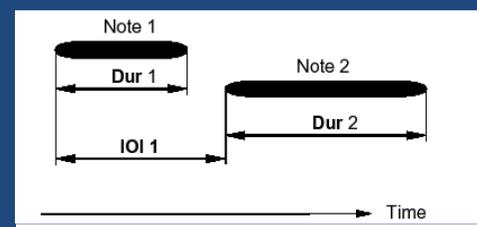


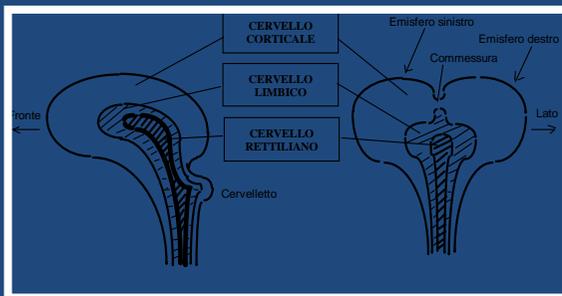
Figure 2. Phrase structure and metrical structure in an excerpt from Haydn's Symphony no. 104. The dots represent the hierarchical metrical structure. The top level in the figure is the beat level, the second the measure level, and the third and fourth are hypermetric levels. The hierarchical phrase structure is shown with brackets. The top level in the figure is the fastest, with only a few notes in each phrase or group. The slowest level corresponds to the whole phrase. (From Lerdahl and Jackendoff, 1983. Copyright 1983 by MIT Press. Used by permission.)

Quattro cervelli in uno ?

- ♪ Il discorso sulla specializzazione degli emisferi cerebrali poggia su due basi teoriche (Mac Lean, 1949):
 - 👉 La teoria della stratificazione cerebrale;
 - 👉 La teoria della specializzazione degli emisferi cerebrali.
- ♪ **Pensiero divergente** quale potenziamento dell'attività creativa (Gibson, 2008)

- APPROCCIO ORIZZONTALE: CERVELLO SINISTRO, CERVELLO DESTRO

- APPROCCIO VERTICALE: LE TRE CALOTTE CEREBRALI



- ~~Cervello rettiliano~~
- Sistema limbico (amigdala)
- Corteccia cerebrale

Struttura dei modelli musicali: (Altenmüller, 2005)

- struttura melodica;
- struttura temporale;
- struttura armonica e verticale;
- struttura dinamica.

struttura orizzontale:

melodia nel suo insieme

suddivisione nelle sue componenti → **intervallo** musicale → **periodo** musicale
(regole di **simmetria**)
↓
linea melodica

un **ritmo** nasce dal decorso temporale di almeno tre eventi che si susseguono

struttura verticale:

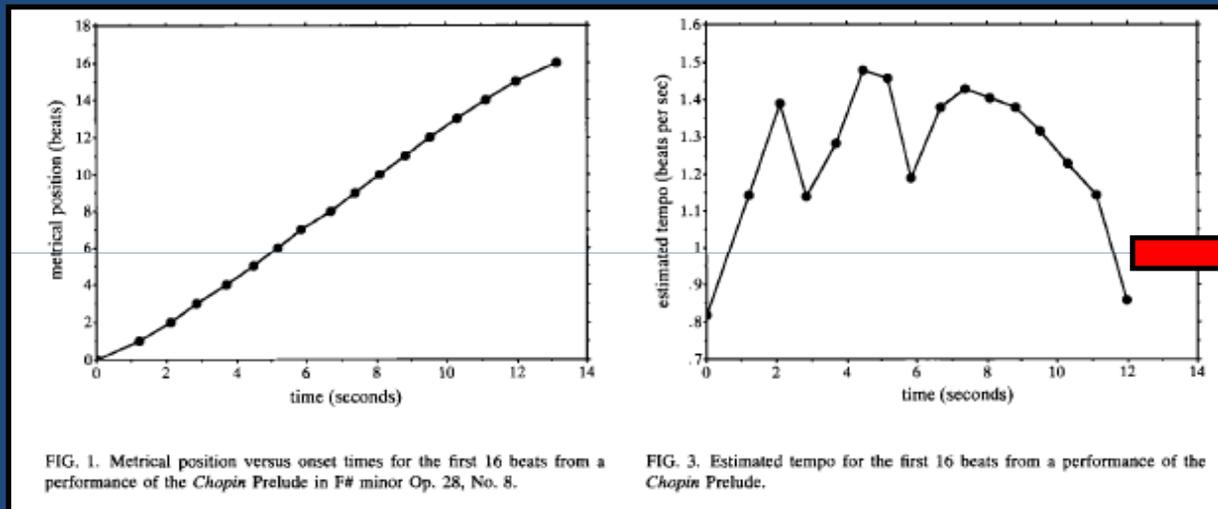
timbro ed armonia delle singole note e dei loro multipli

Modelli cinematici di espressività musicale

- Teoria musicale nella **Grecia classica**:
 - Scuola **pitagorica**: gli intervalli di frequenza tra le note sono espressi da rapporti tra numeri interi
 - Scuola **aristossenica**: le note sono “eventi” geometrici di uno “**spazio musicale**”, e gli intervalli rappresentano la distanza tra tali eventi
- **Antico Egitto**:
 - la connessione tra il canto e l’atto motorio è così stretta, che il verbo “cantare” viene parafrasato da “**suonare con la mano**”.
- In molte **culture africane**,
 - “**danza**” e “**musica**” sono indicate dallo stesso vocabolo

Modelli cinematici di espressività musicale

- **Todd (1995):**
 - modellizzazione di elementi agogici (**timing**: *accelerando* e *rallentando*)



$$\begin{aligned}x(t) &= b_1 t + \frac{b_2 t^2}{2}, \\v(t) &= b_1 + b_2 t, \\a(t) &= b_2\end{aligned}$$

- **Friberg & Sundberg (1999), Friberg & Battel (2002):**

- riferimento al movimento e alla danza

$$v(t) = [1 + (v_{end}^{q-1} - 1)t]^{1/(q-1)}$$

- **Repp (1990, 1992, 1993, 1995):**

- primo tentativo di analisi **dinamica**

"Tempo" eseguito e percepito

Friberg & Sundberg (1999)

Allusione al movimento:

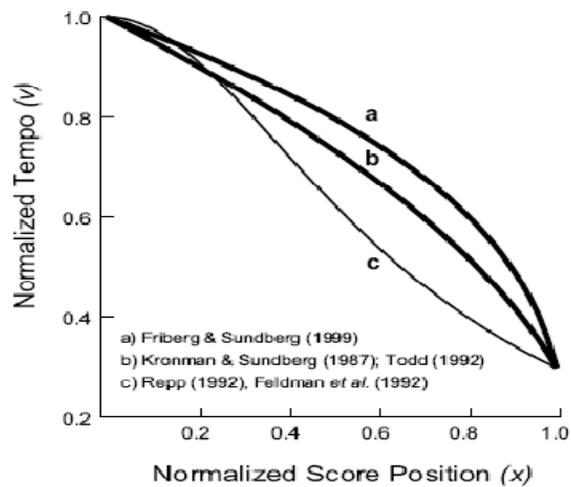
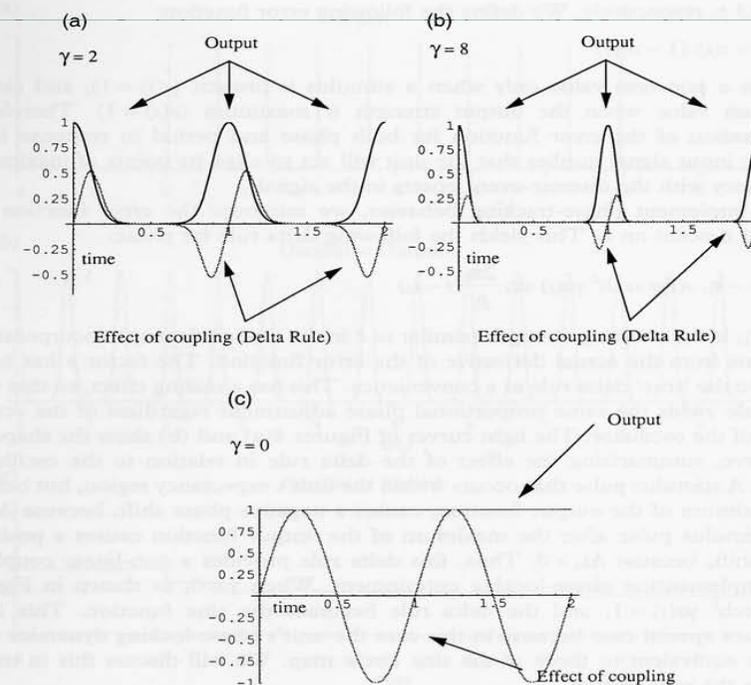


FIG 1. Predictions by a number of models of the *final ritard.* (See text for details.)

Large & Kolen (1994)
Honing (2005, 2006)

Entrainment – Dynamical systems :



Analisi delle esecuzioni dei grandi interpreti

**Automatic Recognition
of Famous Artists by Machine**
(G. Widmer & P. Zanon, 2004)

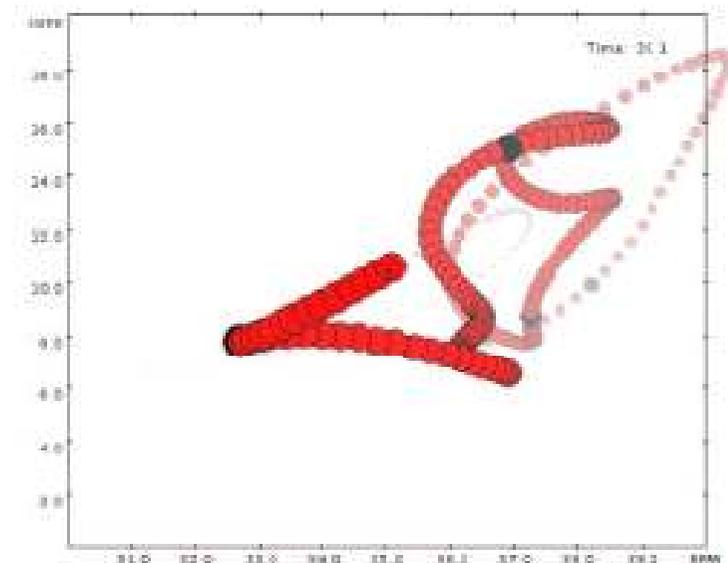
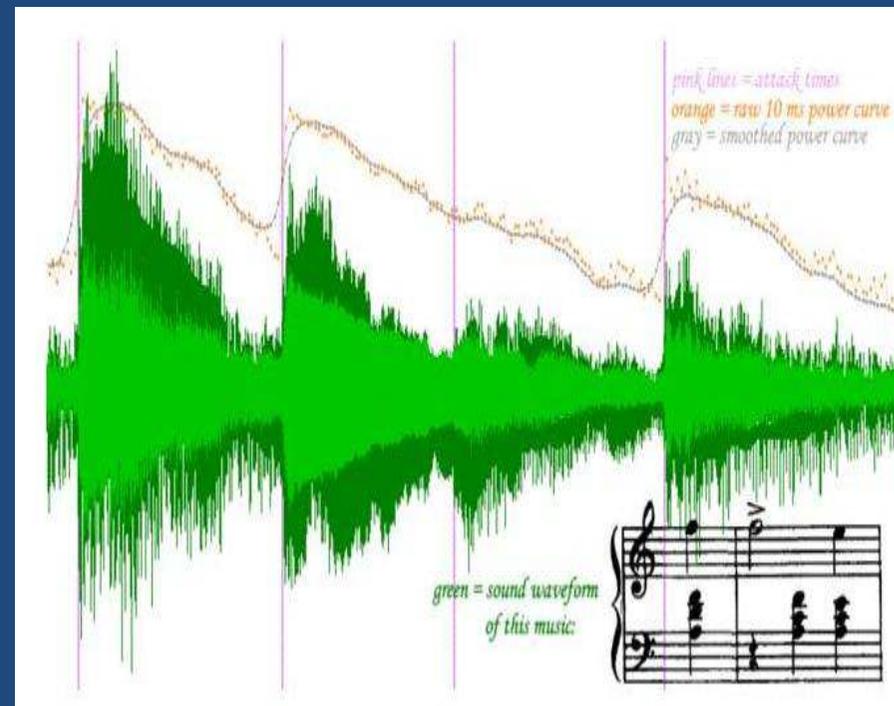


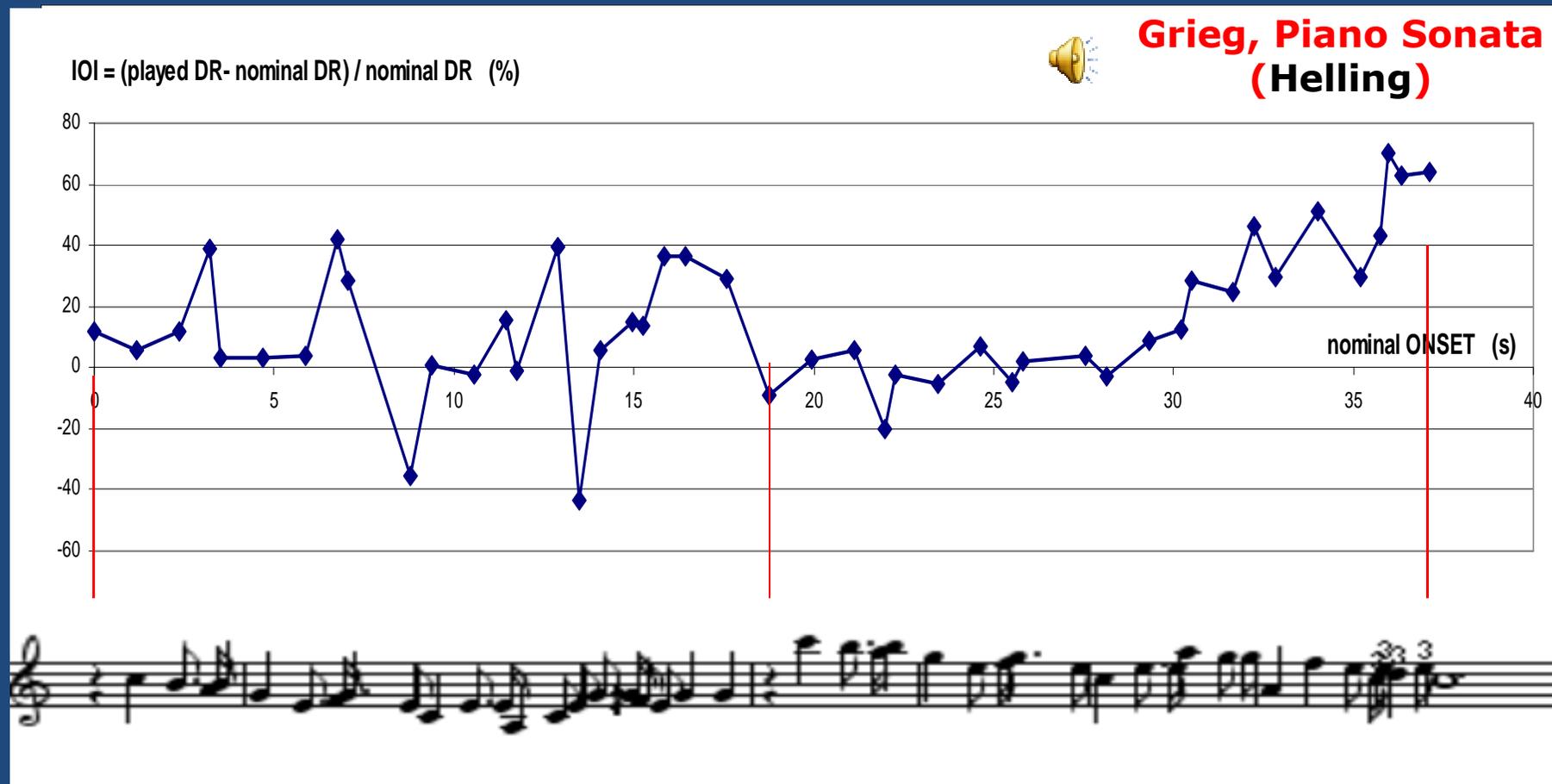
Figure 1. Snapshot of the *Performance Worm* at work: First four bars of Daniel Barenboim's performance of Mozart's F major sonata K.332, 2nd movement. Horizontal axis: tempo in beats per minute (bpm); vertical axis: loudness in *dB*. Movement to the upper right indicates a speeding up (*accelerando*) and loudness increase (*crescendo*) etc. etc. The darkest point represents the current instant, while instants further in the past appear fainter.

The "Mazurka" project
(N. Cook, C. Sapp & A. Earis)



Analisi dei parametri di espressività musicale

(Erica Bisesi, 2007– KTH, Stockholm)



Dalla **fisica** alla **psicofisica**: gli studi di Bozzi sui pendoli

- **FISICA**: la frequenza di oscillazione di un pendolo è stabilita da una relazione matematica universale

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

- **PERCEZIONE**: per l'osservatore, il moto oscillatorio del pendolo possiede una proprietà che, nel corso di una descrizione obiettiva, non potrebbe mai essere menzionata: cioè il carattere di 'rapidità', o di 'lentezza' o di 'adeguatezza' delle oscillazioni in rapporto alla struttura del pendolo voluto (P. Bozzi, *Osservazioni sulla percezione del moto pendolare armonico*).

Dalla **psicofisica** alla **percezione musicale**

Si può definire una “giusta” velocità di esecuzione delle melodie?

In caso affermativo  *da cosa dipende?*

Due ambiti di indagine:

- **struttura del brano**
- **espressività**

Dalla **psicofisica** alla **percezione musicale**

Si può definire una “giusta” velocità di esecuzione delle melodie?

In caso affermativo da cosa dipende?



1) Bisesi, E. & Vicario, G. B. (2008)

Factors affecting the choice of performed tempo.

Submitted for publication in *British Postgraduate Musicology*.

2) Bisesi, E. & Vicario, G. B. (2008)

The “right” speed of movements and preferred musical tempo.

Submitted for publication in

A. Galmonte & R. Actis-Grosso (Eds.),

Different psychological perspectives on cognitive processes:

Current research trends in Alps-Adria region.

Cambridge: Cambridge Scholars Publishing.

3) Bisesi, E. & Vicario, G. B.

Psychoacoustical aspects of the speed of melody performance.

In M. M. Marin, M. Knoche & R. Pamcutt (Eds.),

Proceedings of the first International Conference of

Students of Systematic Musicology (SysMus08),

Graz, Austria, 14-15 November 2008

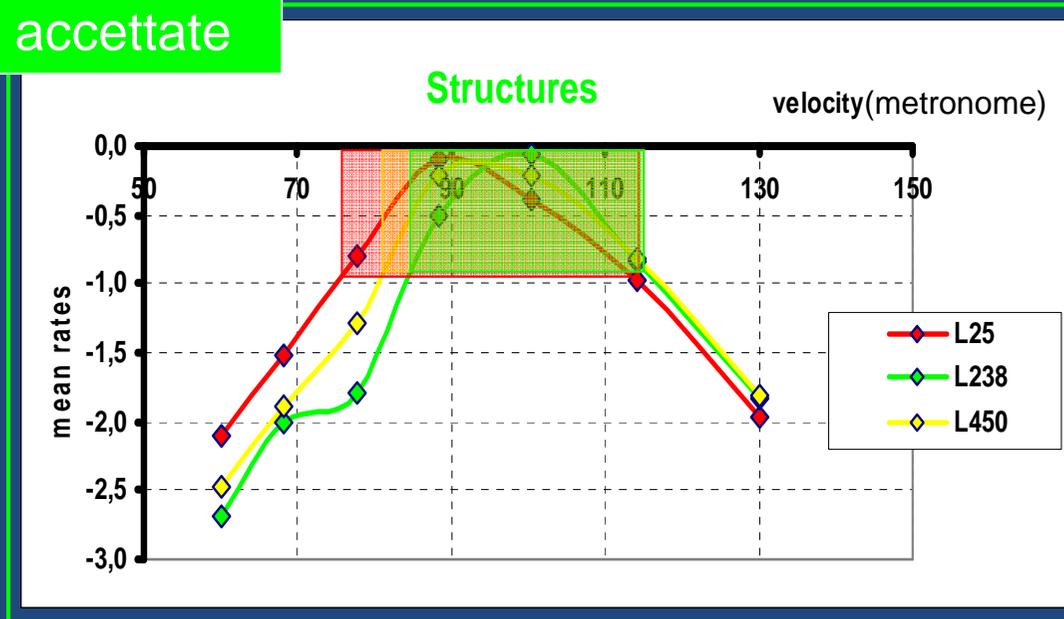
<http://www.uni-graz.at/muwi3www/SysMus08/>

L'esperimento:

- **12 soggetti esperti**
(6 pianisti, 1 flautista, 1 clarinettista, 1 cornista, 1 direttore d'orchestra, 1 cantante, 1 chitarrista)
- **Metodo degli stimoli costanti**
 - due diverse sequenze di 7 velocità randomizzate (2 + 5 + altre 2)
- *Ai soggetti era richiesto di indicare le proprie preferenze*

Piece 1	extremely slow	a little too slow	slow, but acceptable	OK	fast, but acceptable	a little too fast	extremely fast

velocità
accettate



regione
più ristretta

tre sonate
di Scarlatti

L25:

L450:

L238:

Allegretto (#113)

484.

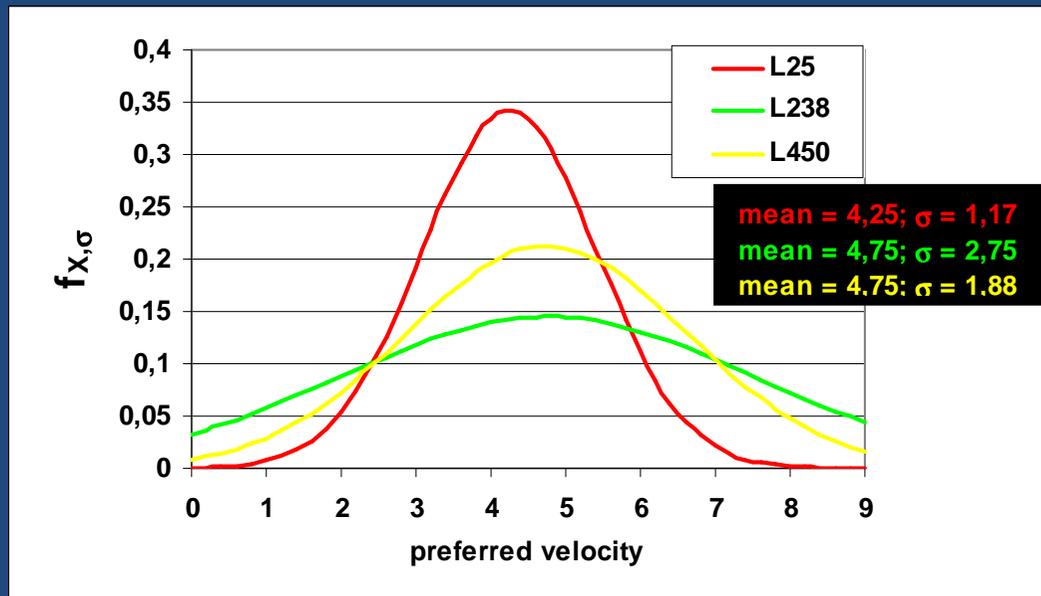
Allegretto (#110)

558.

Andante (#92)

27.

regione
più estesa

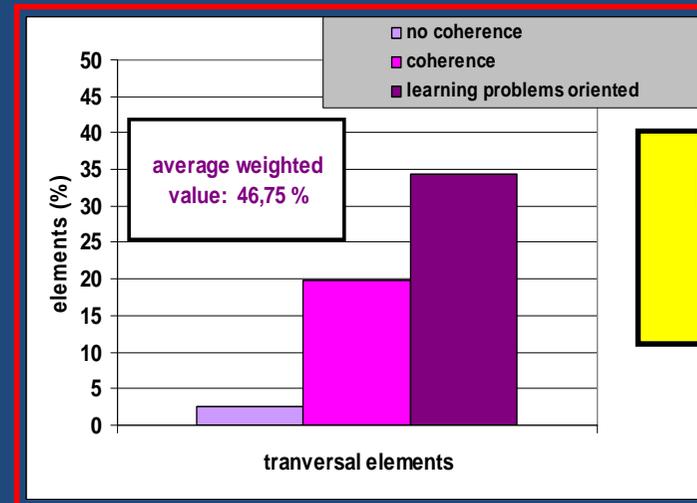
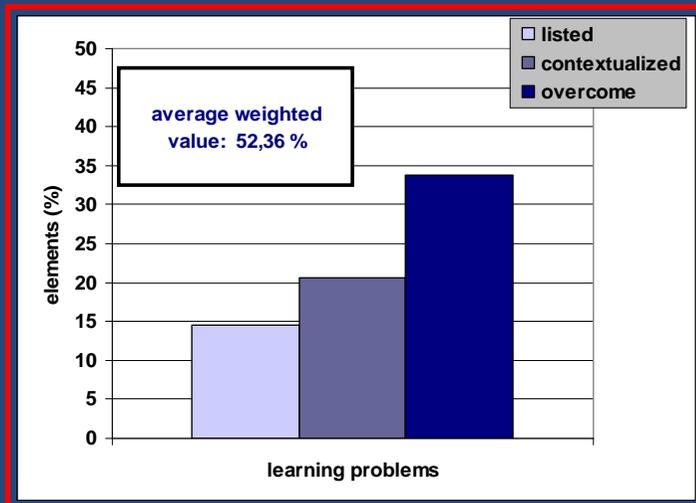


Interdisciplinarietà e apprendimento scientifico

(E. Bisesi & M. Michelini, 2008,

<http://arxiv.org/abs/0808.3695>)

Un approccio trasversale a onde, suono e musica è in grado di fornire un valido supporto didattico, utile a superare i principali nodi di apprendimento associati a modelli mentali sbagliati da parte degli studenti



probabilità di correlazione > 75 %

Didattica della prassi esecutiva in Conservatorio

Tradizionale:

- a. Il docente fornisce un feedback alle esecuzioni dello studente
- b. Il docente presenta un modello ottimale di esecuzione, che lo studente deve cercare di imitare (memoria ecoica)

Con uso di strumenti tecnologici

(integrazione della didattica tradizionale):

questi strumenti tecnologici saranno sviluppati in versioni sempre più sofisticate in base ai risultati della ricerca scientifica sull'esecuzione musicale

Componenti dell'esecuzione musicale

Spartito
musicale

```
graph TD; A[Processi di rappresentazione mentale della struttura musicale] --> B(Spartito musicale); A --> C(Processi generativi dell'esecuzione musicale); C --> D[Interpretazione realizzata (sequenza di eventi sonori)];
```

Processi di rappresentazione mentale della struttura musicale

Processi generativi dell'esecuzione
musicale

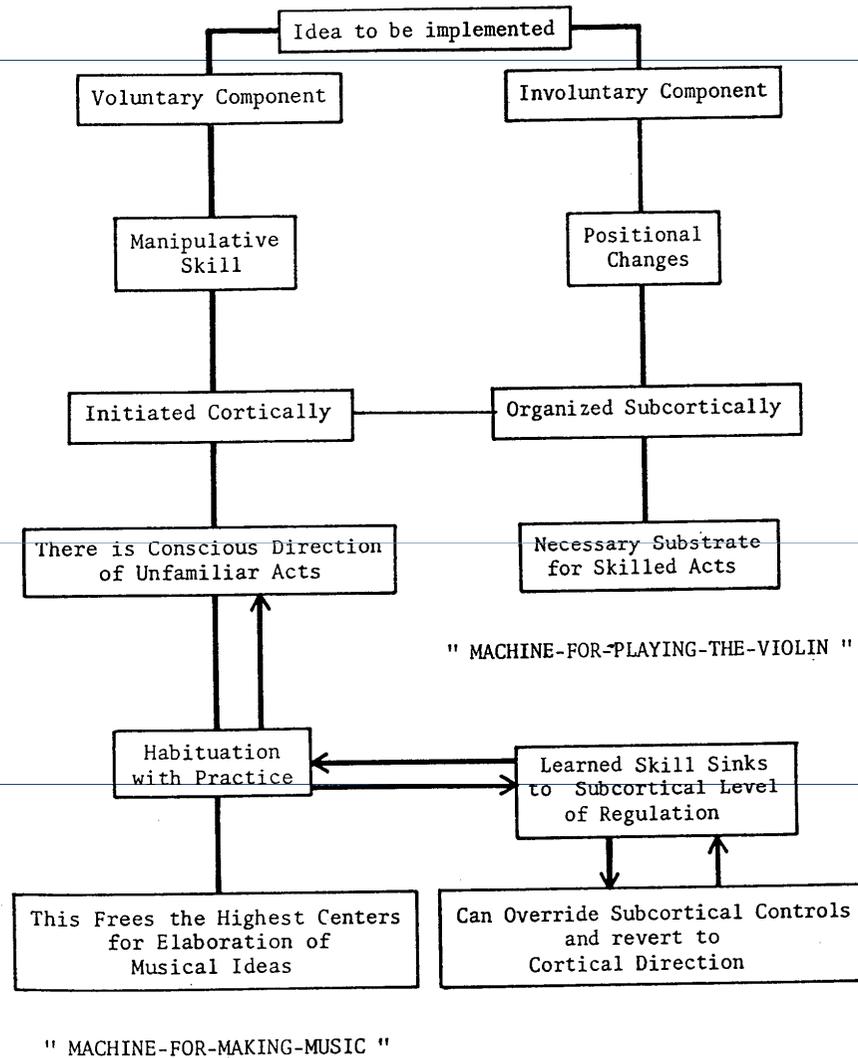
Interpretazione realizzata (sequenza di eventi sonori)

Processi generativi dell'esecuzione musicale

Studi sui processi di produzione dell'esecuzione musicale:

- “l'esecuzione abile” (Shaffer e collaboratori)
- Lo studio fisiologico del controllo dei processi motori e le relative applicazioni alla didattica degli strumenti ad arco (Hellebrandt e Rolland)

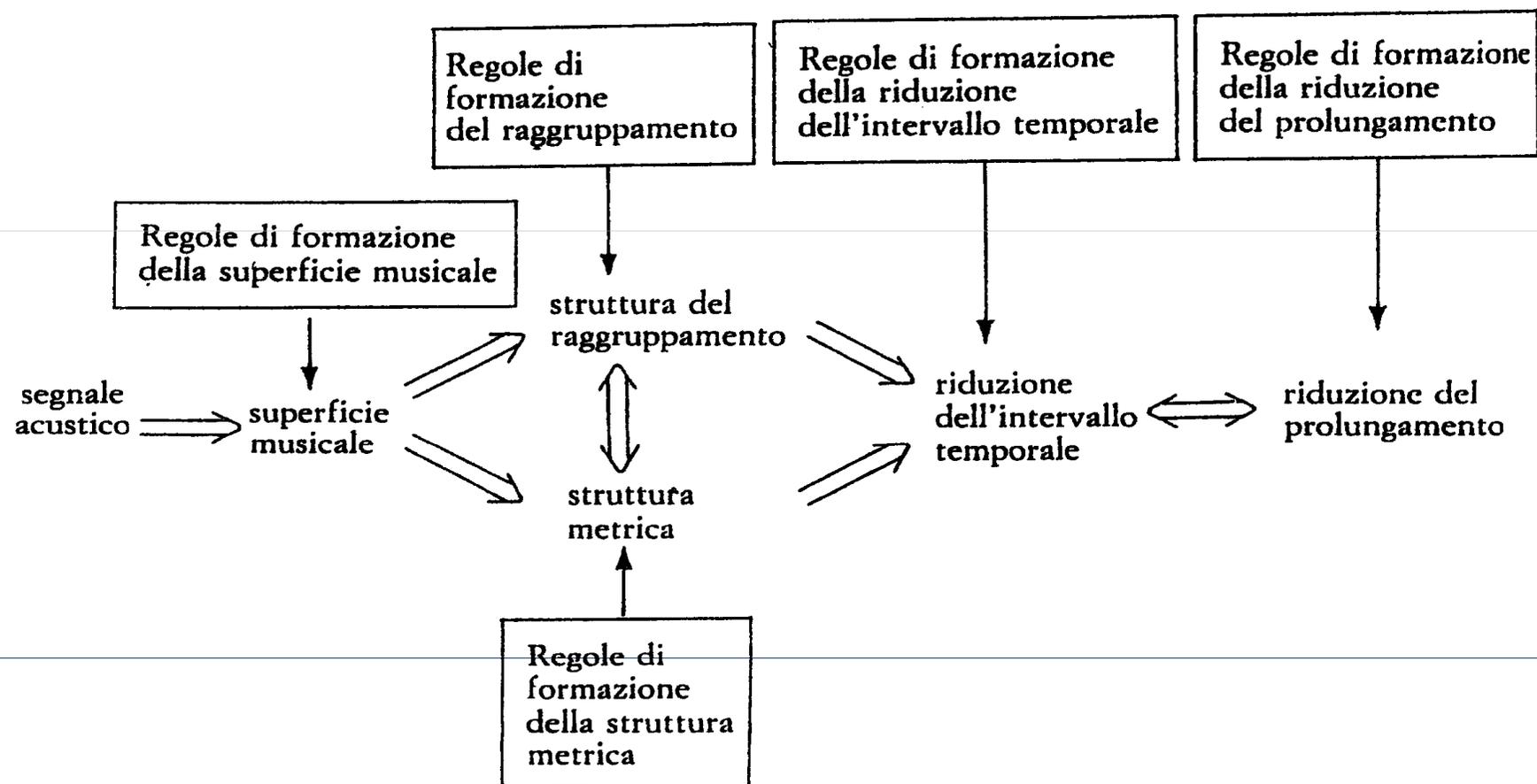
TWO FACES OF THE PHYSICAL ASPECT OF
VIOLIN PLAYING



Processi di rappresentazione mentale della musica

Tra i molti modelli:

La “Generative Theory of Tonal Music” di **Lerdahl & Jackendoff** (1983)



Prospetto d'insieme della “Generative Theory of Tonal Music” di Lerdahl e Jackendoff
(tratto da Jackendoff, “Coscienza e mente computazionale”, 1987)

Ricerca sulle figure ritmiche nella didattica precoce del violoncello (Francescato, 1998)

Bamberger (1982)

Scribbles/Icon (0)



Early Figural (F1)



Early Metric (M1)



Full Figural (F2)



Metric (M2)



Full Metric (M3)

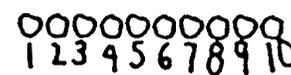


Upitis (1986)

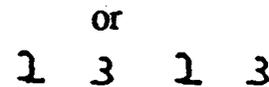
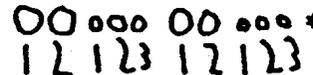
Icon (I) [0 Bamberger]



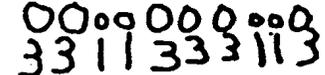
Counting (C) [M1 Bamberger]



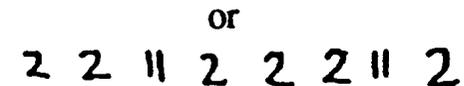
Figural (F) [F2 Bamberger]



Durational Metric (M1) [M2 Bamberger]



True Metric (M2) [M3 Bamberger]



GIOVANNINO

Un bel dì Gio-van-nin per il mon-do vuol an-dar; ba-ston-cin cap-pel-lin co-sì ben gli stan.

1 2 3 4 5 6 7 8

GPR

struttura di raggruppamento

struttura metrica

Ma la mam-ma pian-ge-rà: Gio-van-nin più non a-vrà. E il fi-gliol, che lo sa, pre-sto tor-ne-ra.

9 10 11 12 13 14 15 16

GPR

struttura di raggruppamento

struttura metrica

Figura Ritmica	Canzoni 2-5 note		Canzoni d'intervallo		Totale	
	n.canzoni	n.ragg.	n.canzoni	n.ragg.	n.canzoni	n.ragg.
1) 	30	103	25	107	55	210
2) 	21	75	20	62	41	137
3) 	21	68	17	53	38	121
4) 	3	10	3	12	6	22
5) 	2	9	2	8	4	17
6) 	-	-	5	15	5	15
7) 	2	4	3	8	5	12
8) 	3	5	3	6	6	11
9) 	2	3	2	2	4	5
10) 	2	5	1	3	3	8
11) 	-	-	1	1	1	1
12) 	1	1	-	-	1	1

Tab.1-Figure ritmiche corrispondenti alla struttura temporale dei raggruppamenti individuati nelle canzoni di Willems (1956b).

Nuovi strumenti tecnologici per la didattica della prassi esecutiva

- Conoscenza dei principi basilari della comunicazione strutturale
- Analisi delle esecuzioni dei grandi interpreti (immediata visualizzazione su grafici)
- Esercizi di ascolto per diversi valori dei parametri espressivi dell'esecuzione musicale (in modo che gli studenti apprendano a cogliere l'impatto di ogni parametro , utilizzo di "*Director Musices*" KTH-software)
- Analisi dell'esecuzione dal vivo prodotta dagli studenti
- Esercizi nel controllo dei parametri nel corso dell'esecuzione (ogni studente si crea un vocabolario interpretativo)
- Analisi della temporizzazione nella musica d'insieme
- Esame delle differenze dell'uso delle variabili espressive in relazione ai diversi periodi storici, generi e stili musicali e tradizioni interpretative

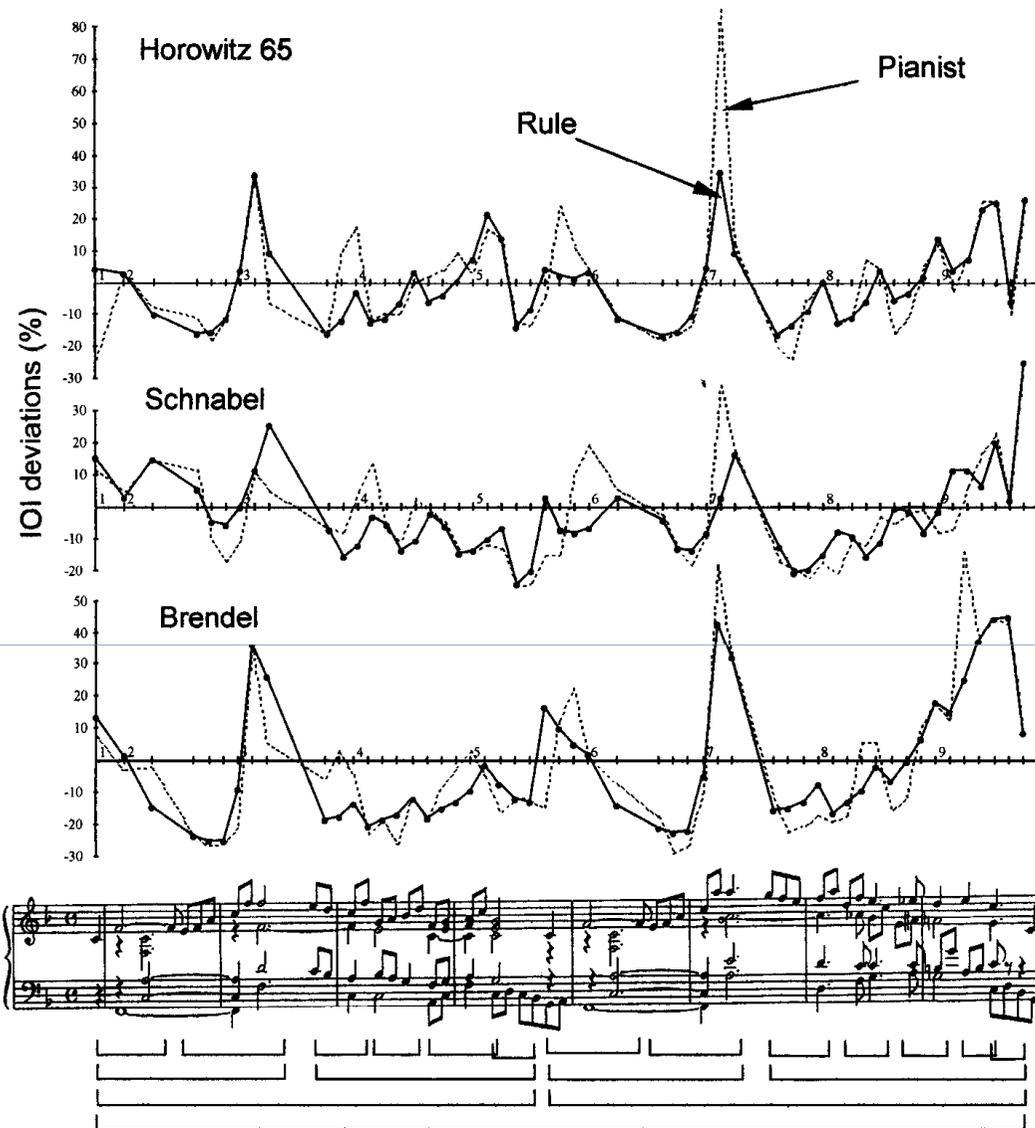
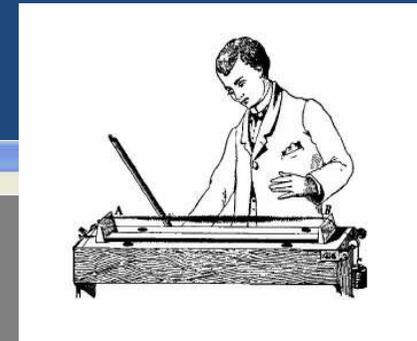


Figure 4. The dotted lines show the deviations in IOI from nominal values for performances of Schumann's *Träumerei* by three different pianists. The solid lines show predicted IOI deviations according to the Phrase arch model. The predictions have been fitted to the three performances by adjusting the parameters of the model. The brackets below indicate the grouping analysis used in the model.



**Pianoforte Boesendorfer “Stahnke Electronics”
con i tasti connessi al computer**

Director Musices



Director Musices 2.7.1 compiled: 14/8/2007 16:43

File Edit Rules Display Play Tools Help

Mozart-Amaj.mus

Type	Active	Name	Instrument type	Channel	Synth	BankMSB	BankLSB	Program	Volume	Pan	Reverb	Delay
Mono-Track	<input checked="" type="checkbox"/>	V1	String	1	SBlive			1 Acou Grand Piano	0			0
Mono-Track	<input checked="" type="checkbox"/>	V2	String	2	SBlive			1 Acou Grand Piano	-6			0
Mono-Track	<input checked="" type="checkbox"/>	V3	String	3	SBlive			1 Acou Grand Piano	-3			0

Rule palette

Play performed	1.0	0		High-Loud
Play nominal	1.0	0		Melodic-Charge : Amp 1 : Dur 1 : Vibamp 1
Init&Apply	1.0	0		Harmonic-Charge : Amp 1 : Dur 1 : Vibfreq 1
Apply	1.0	0		Duration-Contrast : Amp 1 : Dur 1
Scale: 1.5	1.0	0		Duration-Contrast-Art
Save as...	1.1	0		Double-Duration
log to file	1.5	0		Punctuation : Dur 1 : Duroff 1 : Markphlevel 7 Nil
log to store	1.5	0		Phrase-Arch : Phlevel 5 : Turn 0.3 : Next 1.3 : Amp 2
No-Sync	1.5	0		Phrase-Arch : Phlevel 6 : Turn 0.3 : Amp 2 : Last 0.2
Melodic-Sync				<input checked="" type="checkbox"/> Normalize-S1
Simple-Met-Sy	1.0	0		<input type="checkbox"/> Normalize-Dr
				<input type="checkbox"/> Final-Ritard

Score

Start time (ms) 0

Zoom V-axis + - X-axis + - Show Vars. X-axis: ndr (dr)

DM è un programma che consente di modificare l'espressività di una performance musicale. Consiste di una serie di "regole", che ne modificano i parametri fondamentali di durata, dinamica e articolazione.

Queste regole riproducono i principi utilizzati dai musicisti nelle performance reali.

Esse sono il risultato di un progetto di ricerca a lungo termine sviluppato presso il **KTH di Stoccolma** (**Anders Friberg, Lars Frydén & Johan Sundberg**).

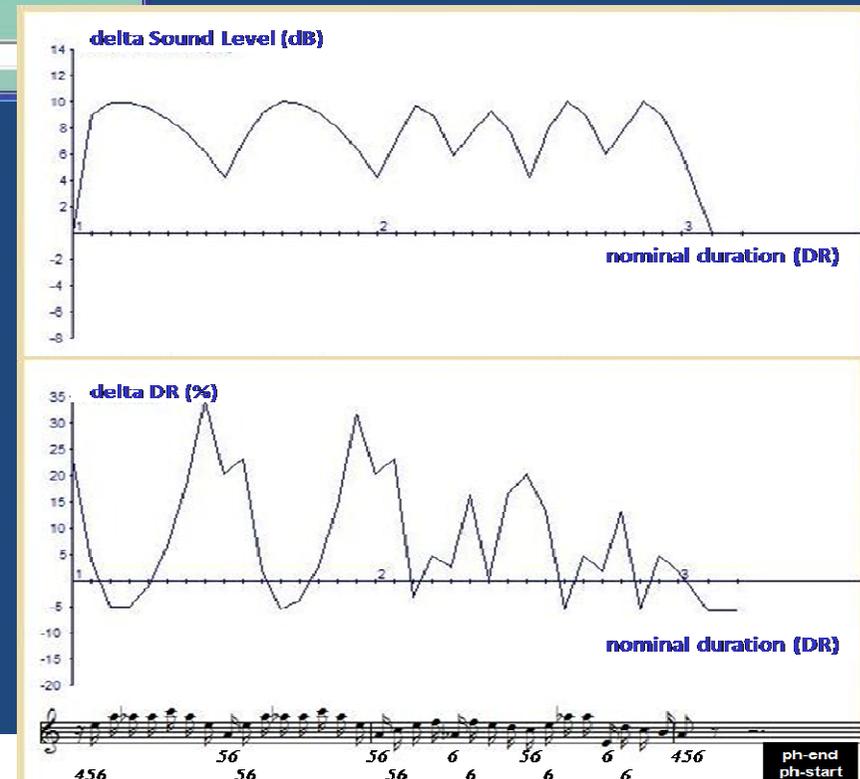
Espressività musicale

Bach-Flute.pal

Play performed	0	0	High-Loud
Play nominal	1.0	0	Melodic-Charge :Amp 1 :Dur 1 :Vibamp 1
Init&Apply	1.0	0	Harmonic-Charge :Amp 1 :Dur 1 :Vibfreq 1
Apply	0	0	Duration-Contrast :Amp 1 :Dur 1
Scale: 1.5	0	0	Duration-Contrast-Art
Save as..	1.0	0	Double-Duration
log to file	0	0	Punctuation :Dur 1 :Duroff 1 :Markphlevel7 Nil
log to score	0.9	0	Phrase-Arch :Phlevel 5 :Turn 0.3 :Next 1.3 :Amp 2
No-Sync	2.0	0	Phrase-Arch :Phlevel 6 :Turn 0.3 :Amp 2 :Last 0.2
Melodic-Sync			<input checked="" type="checkbox"/> Normalize-Sl
Simple-Mel-Sy			<input checked="" type="checkbox"/> Normalize-Dr
			Final-Ritard

Parametri liberi:

- tempo
- dinamica
- articolazione



Frisch und bewegt

Partita in A Minor

Allemande

J.S. Bach

The image shows a musical score for the 'Allemande' movement from the 'Partita in A Minor' by J.S. Bach. The tempo is marked 'Frisch und bewegt'. The score is written in treble clef with a key signature of one sharp (F#) and a common time signature (C). The music features a series of sixteenth-note patterns. The score includes dynamic markings like 'f' and 'f'.

*“Those who are devoted to artistic practice without science
are like seamen without rudder or compass, and who can never know where
they are going to”*

Leonardo da Vinci

Grazie

*“When investigating Nature and Universe,
far from searching for and finding objective qualities,
man meets himself”*

Werner Heisenberg