

Timbro o qualità del suono

Prof. Farabegoli Giorgio



I.T.T. “Marie Curie” di Savignano sul Rubicone (FC)

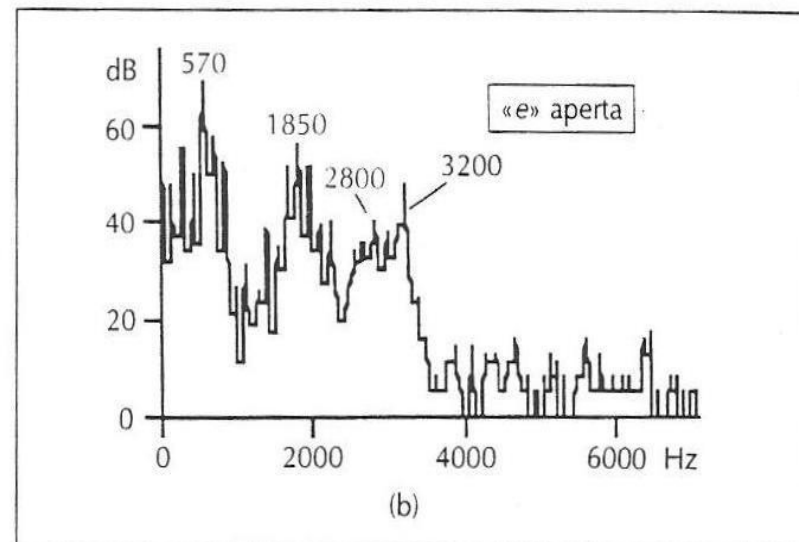
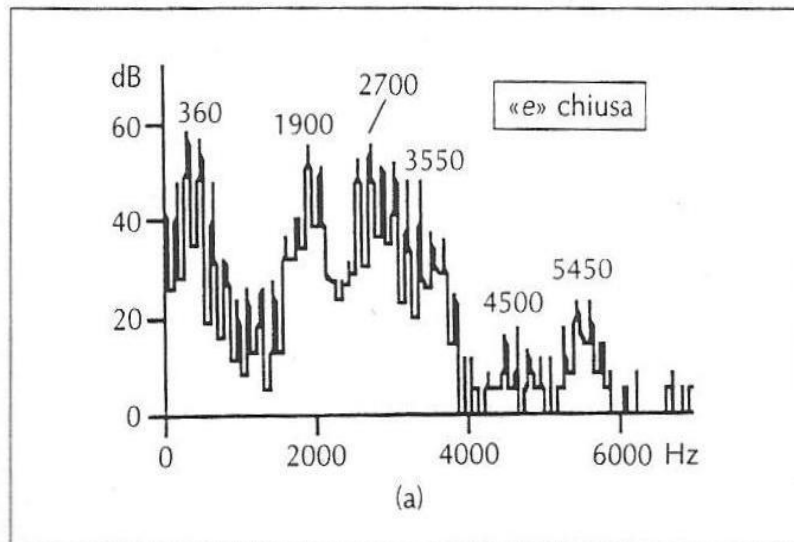
g.farabegoli@libero.it

Significato del termine timbro

- Il termine timbro viene utilizzato per esprimere la qualità del suono, la sua coloritura.
- Il timbro è quella caratteristica che permette di distinguere 2 suoni prodotti da sorgenti differenti, anche se essi hanno esattamente stesso tempo di crescita, stessa altezza, stessa intensità, stessa durata.
- Il timbro dipende principalmente dal contenuto spettrale di armoniche matematicamente esprimibile tramite l'analisi di Fourier.

- In uno stesso strumento il timbro varia con la gamma delle note.



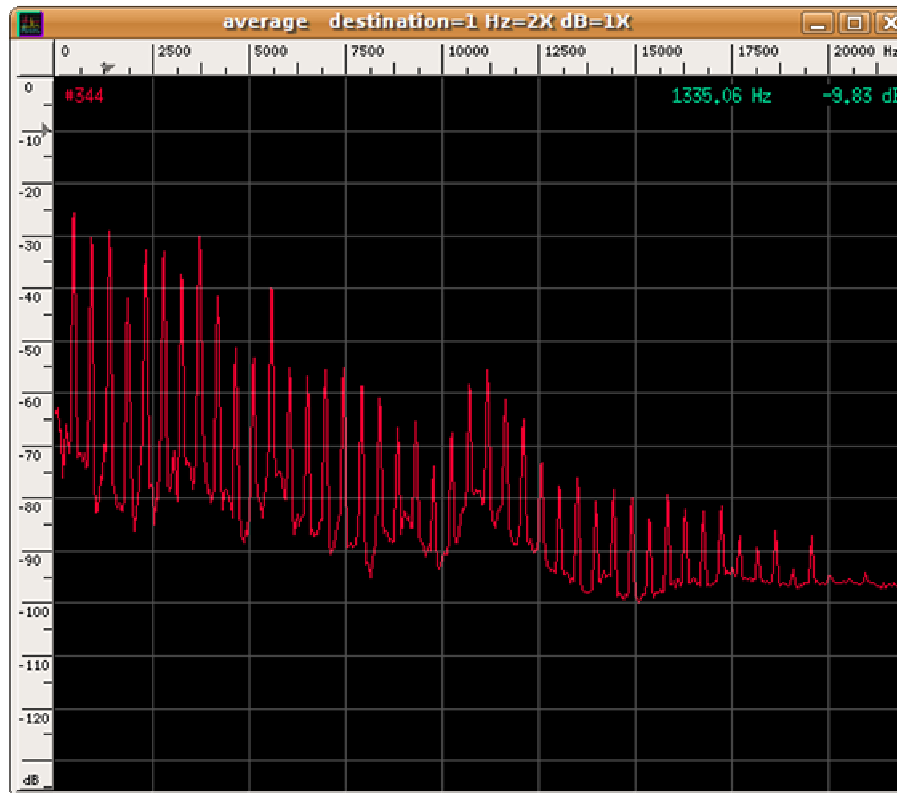


Esempio di spettrogramma (grafico che rappresenta l'intensità del suono alle varie frequenze che lo costituiscono) della vocale “e” chiusa e della vocale “e” aperta emessa dalla stessa voce maschile (figura tratta dal testo “Fisica nella musica” di Andrea Frova).

Esempi: violino, flauto, tromba, che emettono il Si bemolle (circa 466 Hz).



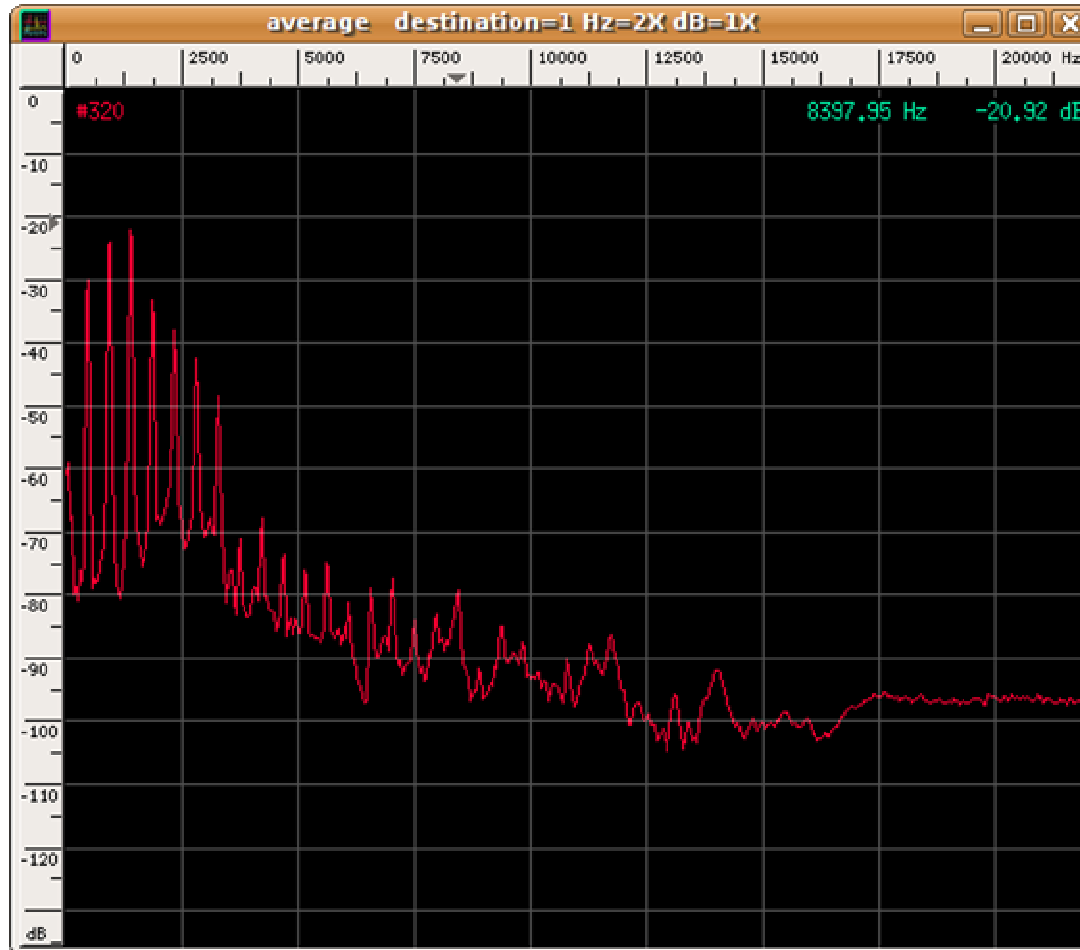
Violino: Si bemolle (466 Hz)



Spettrogramma:
sull'asse orizzontale si trovano le frequenze, mentre sull'asse verticale la loro ampiezza in una scala in dB.



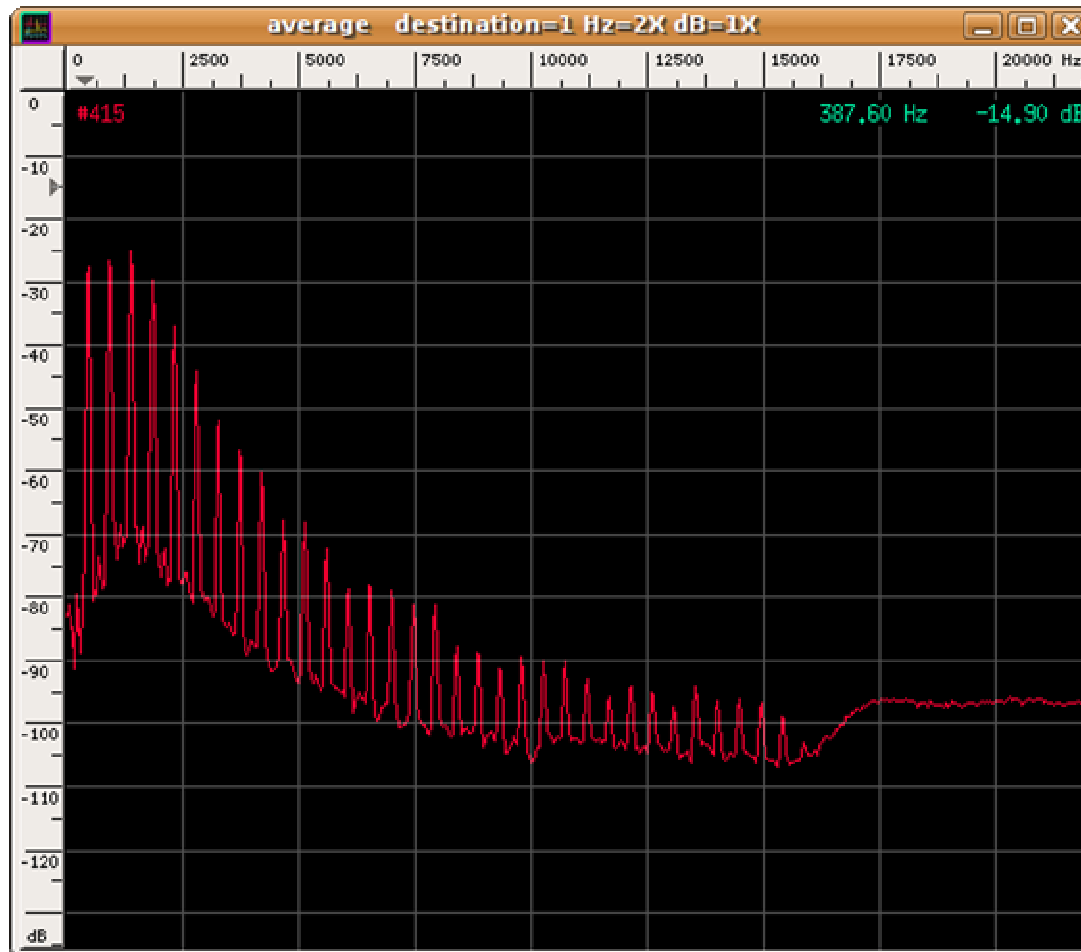
Flauto: Si bemolle (466 Hz)



Spettrogramma:
sull'asse orizzontale si
trovano le frequenze,
mentre sull'asse
verticale la loro
ampiezza in una scala
in dB.



Tromba: Si bemolle (466 Hz)



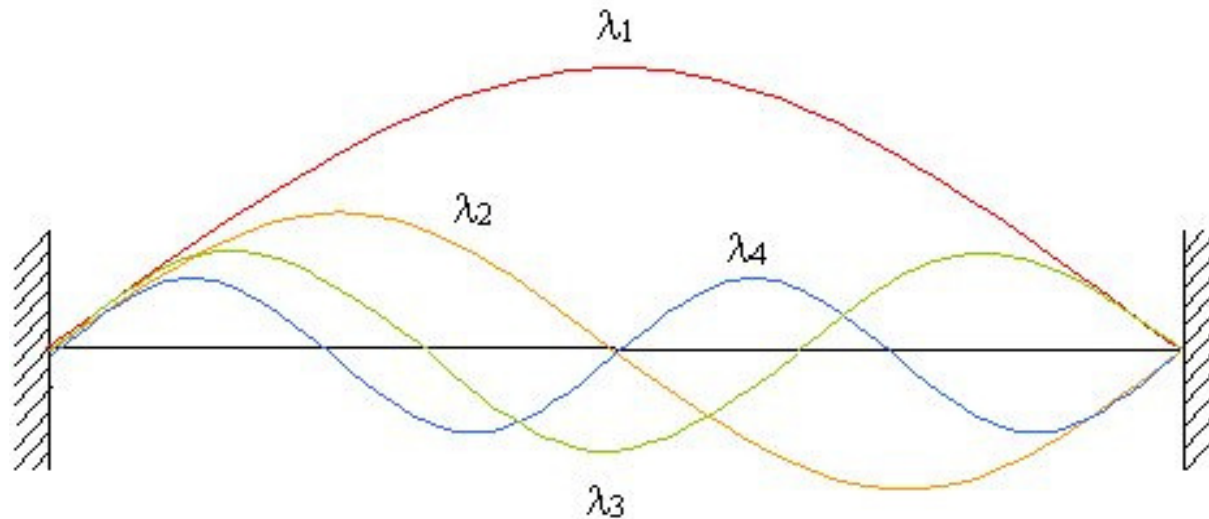
Spettrogramma:
sull'asse orizzontale si
trovano le frequenze,
mentre sull'asse
verticale la loro
ampiezza in una scala
in dB.

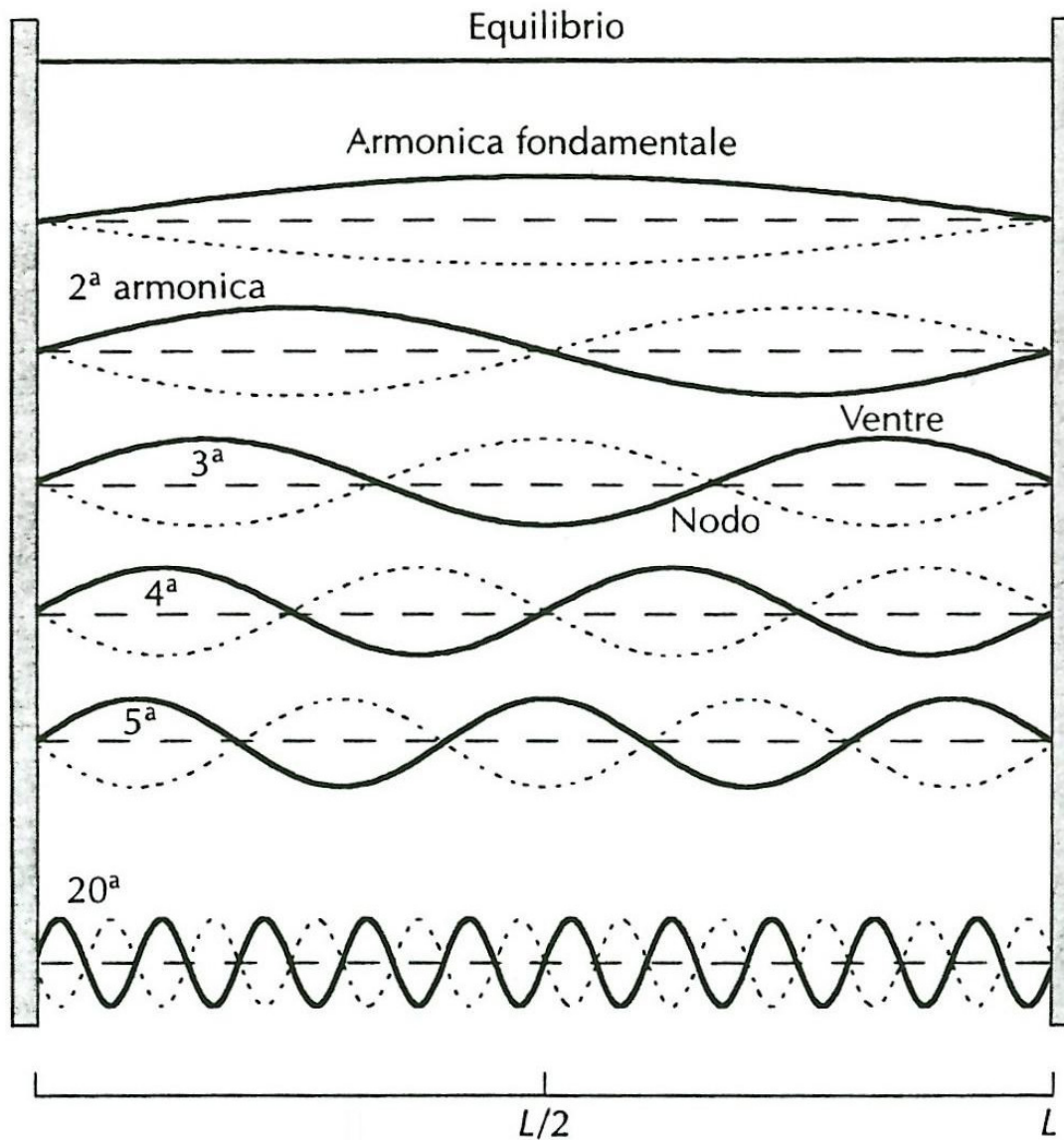
Quali elementi determinano il timbro percepito?

Risposta statica (nota continua)

- La risposta a questa domanda diventa difficoltosa se si cerca di definire il timbro non in base a quello che permette di fare (distinguere i suoni dei diversi strumenti musicali), ma in base a parametri oggettivi e misurabili!
- Il timbro di uno strumento è dovuto in gran parte alla composizione spettrale del suono che esso emette; semplificando, si potrebbe dire che quando uno strumento emette una nota di una determinata frequenza (ad esempio il Si bemolle ascoltato in precedenza) esso, a causa dei vincoli imposti dalla “geometria” delle parti oscillanti degli strumenti musicali, genera, insieme alla nota fondamentale, altre note tutte di frequenza multipla intera della fondamentale (armoniche superiori).
- Lo spettro dei diversi strumenti differisce per la diversa distribuzione dell’energia, e quindi delle ampiezze, tra la nota fondamentale e le armoniche superiori.

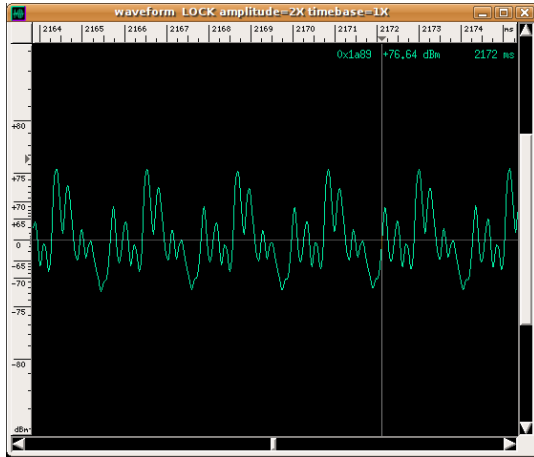
- Confrontando gli spettri dei tre suoni precedenti è possibile osservare il diverso contributo delle varie armoniche.
- Si osservi che, anche se la nota percepita è un Si bemolle a 466 Hz, tutti gli strumenti emettono armoniche fino al limite della soglia udibile.
- Ad ogni composizione spettrale corrisponde una ben precisa forma d'onda ottenuta componendo le varie armoniche (procedimento chiamato sintesi, consistente nella sovrapposizione pesata delle ampiezze).
- Pertanto il timbro di uno strumento è dovuto, in larghissima parte, alla forma d'onda del suono che esso emette.



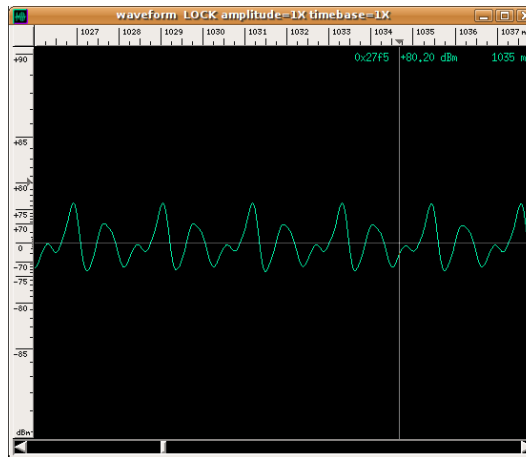


Modi di vibrazione di una corda di lunghezza L fissata agli estremi (figura tratta dal testo “Fisica nella musica” di Andrea Frova).

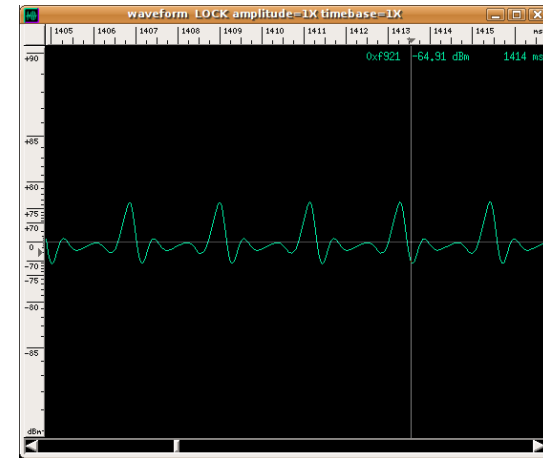
- Si riportano le forme d'onda dei suoni dei 3 strumenti precedenti (violino, flauto, tromba) che emettono il Si bemolle (466 Hz):



Forma d'onda del violino



Forma d'onda del flauto



Forma d'onda della tromba

Sull'asse orizzontale abbiamo il tempo, mentre sull'asse verticale l'ampiezza dell'onda. Le onde differiscono per la forma, e nessuna delle tre ha un andamento puramente armonico. Questo conferma che la loro composizione spettrale è complessa e differente tra le onde!

Quali elementi determinano il timbro percepito?

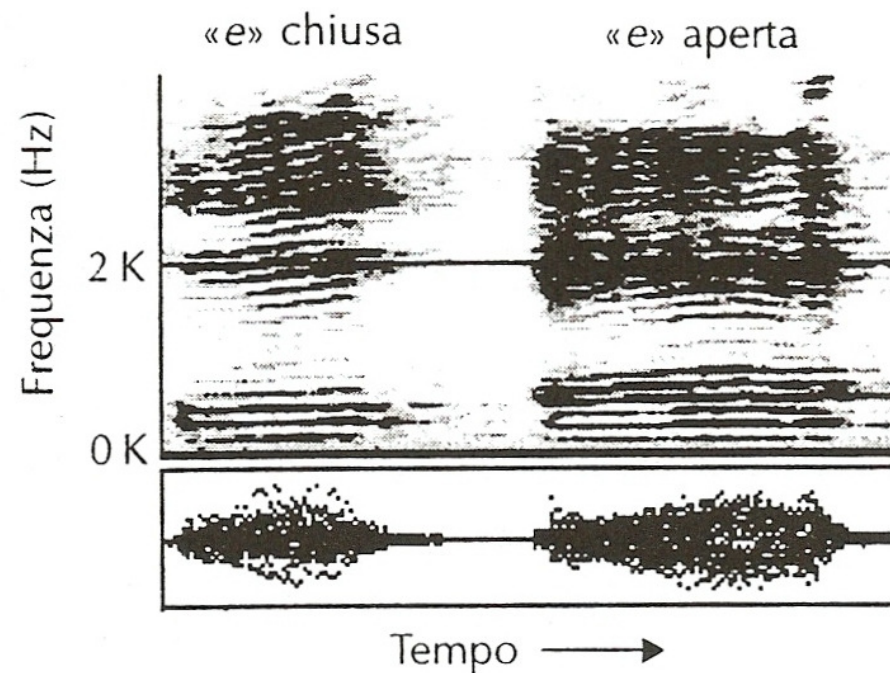
Risposta dinamica (nota che varia nel tempo)

- Gli spettri mostrati precedentemente visualizzano soltanto il contenuto spettrale medio nel tempo di tutta la durata del suono, pertanto risultano insufficienti a spiegare la complessa percezione del timbro (facendo un parallelo cinematografico, l'osservazione di un unico fotogramma non permette di comprendere l'intero film).
- Gli spettri statici forniscono una discreta approssimazione del timbro reale solo per la fase di regime di strumenti quali archi o fiati nei quali è possibile far durare il suono: anche se le fasi di attacco e di decadimento contribuiscono sempre alla determinazione del timbro, il suono prodotto da questi strumenti può essere mantenuto stazionario e prolungato a piacere.
- Negli strumenti percussivi, invece, il suono, dopo essere stato generato non è più sotto il controllo dell'esecutore, pertanto il loro timbro non può essere sintetizzato a partire da uno spettro statico.

- Il suono segue una parabola ben delineata e scandita da diverse fasi temporali, costituite generalmente da:
 - 1) una fase di attacco;
 - 2) una fase di regime;
 - 3) una fase di decadimento.
- Durante queste 3 fasi il contenuto spettrale del suono emesso varia nel tempo.
- Un suono reale contiene parziali anarmoniche (non multiple della fondamentale) generate dai rumori meccanici delle parti mobili degli strumenti.
- A detta di molti, sono proprio questi piccoli rumori a rendere meno freddo il suono prodotto da uno strumento rispetto a quello sintetizzato.

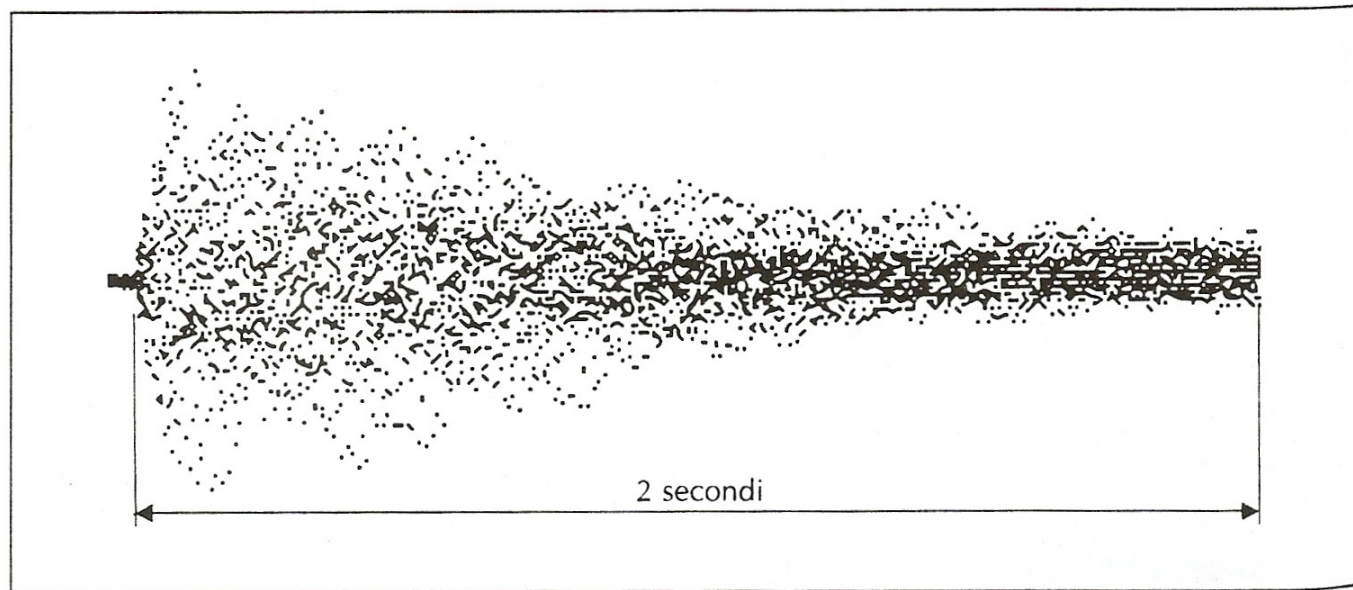
- Dalle considerazioni precedenti, si è evidenziato che il timbro di uno strumento è determinato dall'evoluzione del contenuto spettrale del suono nel tempo.
- In effetti nell'analisi timbrica dei suoni si rivela di fondamentale importanza il sonogramma, che fornisce la rappresentazione dell'evoluzione temporale dello spettro del suono (come un film è composto da un insieme di fotogrammi).

Sonogramma: le varie frequenze contenute nel suono sono rappresentate in dipendenza del tempo, mentre la relativa intensità è data dal grado di oscurità della traccia, una gradualità di grigi che vanno dal bianco (assenza di suono) fino al nero.

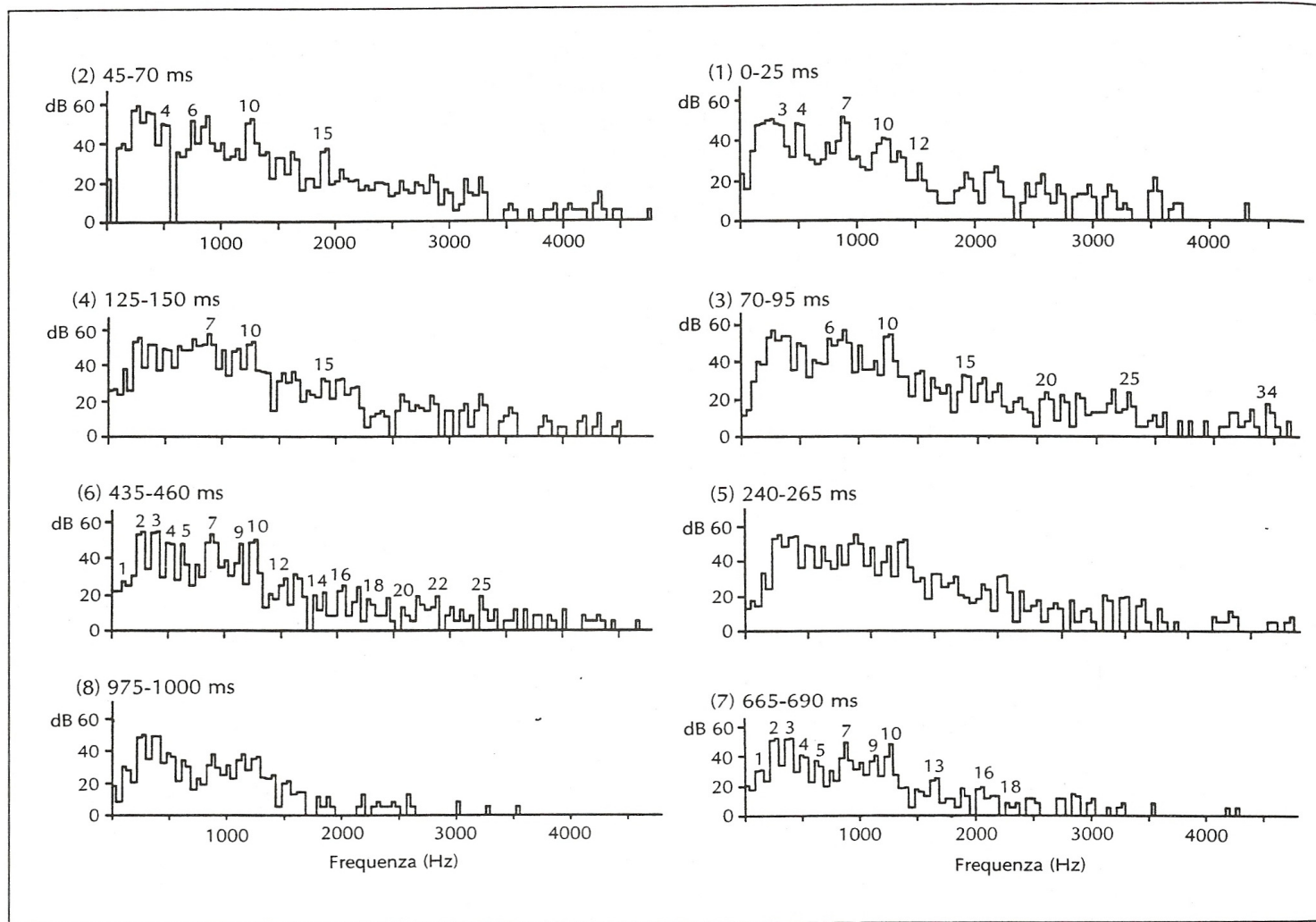


Esempio: metamorfosi timbrica di una nota di pianoforte

- Si esamina la traccia della nota do^3 suonata su un pianoforte verticale per una durata di 2 secondi a partire dall'attacco.



Nota di do^3 tenuta per 2 secondi dopo l'attacco (figura tratta dal testo "Fisica nella musica" di Andrea Frova).

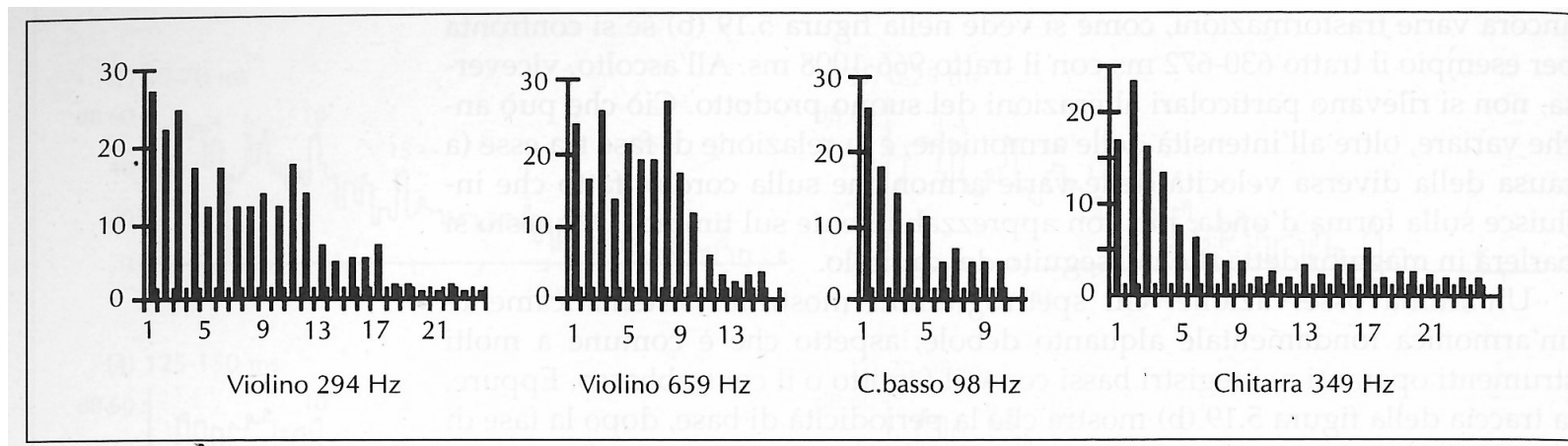


Spettrogrammi della nota do³ di pianoforte ottenuti in intervalli di tempo di 25 ms nell'evoluzione del suono tra l'attacco e il decadimento (figura tratta dal testo "Fisica nella musica" di Andrea Frova).

- Come si vede nello spettrogramma 1, nella fase di attacco, accanto alla 2°, 3°, 4° e 10° armonica, si trova una forte 7° armonica, quasi dominante.
- Negli spettrogrammi 2, 3 e 4 compare la 6° armonica e si definiscono meglio i modi propri di oscillazione della corda.
- Nello spettrogramma 5 si ha una curva quasi continua, che indica che risultano attive tutte le armoniche fino alla 10°.
- Negli spettrogrammi 7 e 8 le caratteristiche diventano stabili nella fase di decadimento: si noti che la coda del suono del pianoforte ha poco in comune con quello che caratterizza la fase di attacco.
- Tutti gli spettrogrammi mostrano un'armonica fondamentale debole (rimane di intensità 20 dB sotto le armoniche più forti), aspetto comune a molti strumenti che operano nelle basse frequenze, come fagotto o contrabbasso.

Aspetti soggettivi del timbro

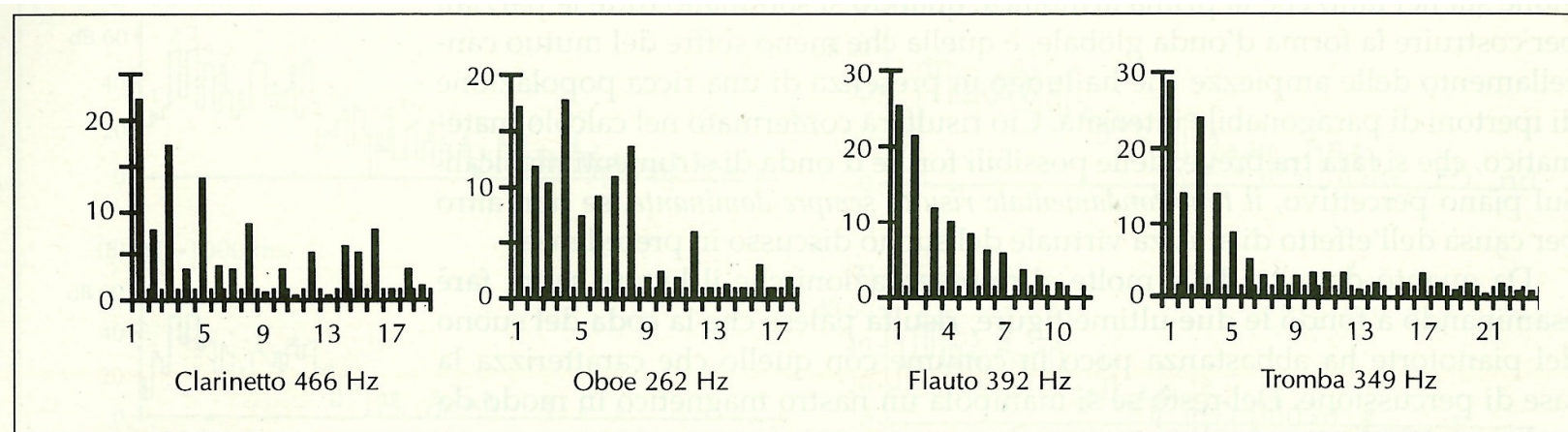
- Dal punto di vista soggettivo si tende a classificare il timbro in vari modi: da opaco a brillante, da freddo a caldo, da puro a ricco, da vuoto a pieno, da neutro a colorato.
- L'elemento principale che definisce il timbro del suono è lo spettro delle armoniche.



Contenuti spettrali rappresentativi di strumenti a corda, espressi in dB

(figura tratta dal testo “Fisica nella musica” di Andrea Frova).

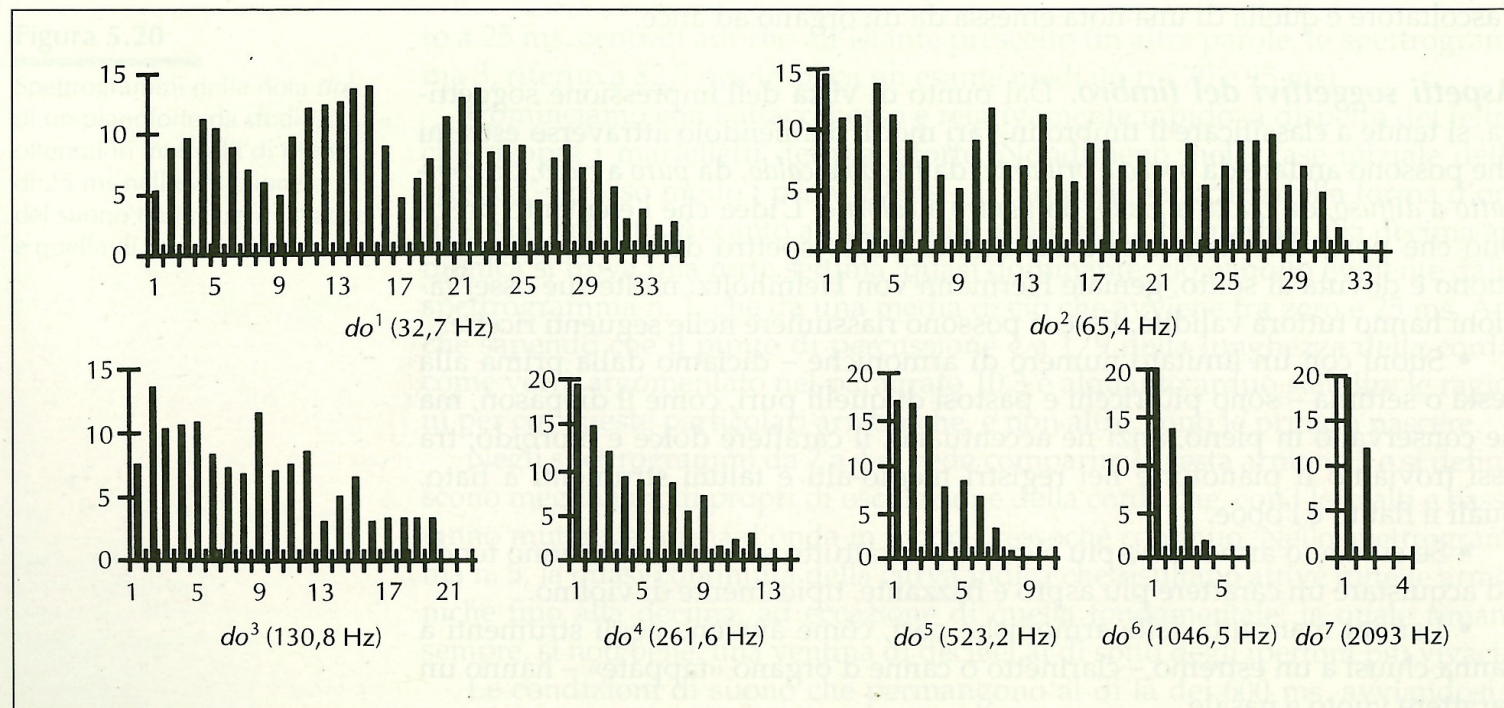
- Suoni con un limitato numero di armoniche (dalla prima alla sesta/settima) risultano più ricchi e pastosi di quelli puri, come quello del diapason, ma ne conservano il carattere dolce e morbido: es. pianoforte, flauto, contrabbasso (si veda figura precedente).
- Suoni con armoniche più elevate, soprattutto se molto intense, risultano più aspri e frizzanti: es. violino (si veda figura precedente).
- Suoni mancanti di armoniche pari risultano vuoti e nasali: es. clarinetto (si veda figura sottostante).



Contenuti spettrali rappresentativi di strumenti a fiato, espressi in dB

(figura tratta dal testo “Fisica nella musica” di Andrea Frova).

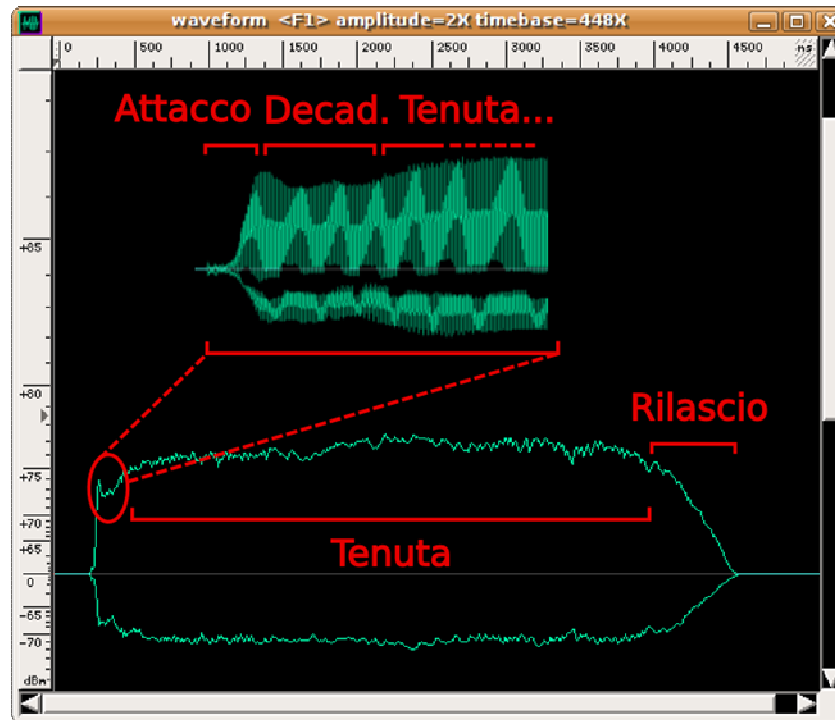
- L'intensità di emissione della prima armonica assume un ruolo determinante nel fornire carattere al suono, poiché, se essa è debole, la pienezza del suono ne risulta impoverita.
- In generale: la seconda armonica conferisce al suono limpidezza, la sesta e l'ottava lo rendono chiaro e squillante, la settima e la nona lo inaspriscono.



Contenuti spettrali rappresentativi dei sette *do* del pianoforte, espressi in dB
(figura tratta dal testo “Fisica nella musica” di Andrea Frova).

Inviluppo del suono

- L'utilizzo di spettrogrammi/sonogrammi per studiare l'evoluzione nel tempo del timbro viene spesso affiancata dall'analisi dell'inviluppo del suono.
- Con inviluppo si indica l'evoluzione dell'ampiezza dell'onda sonora nel tempo.
- Nell'inviluppo di un suono si distinguono sempre 4 fasi (non sempre tutte presenti).

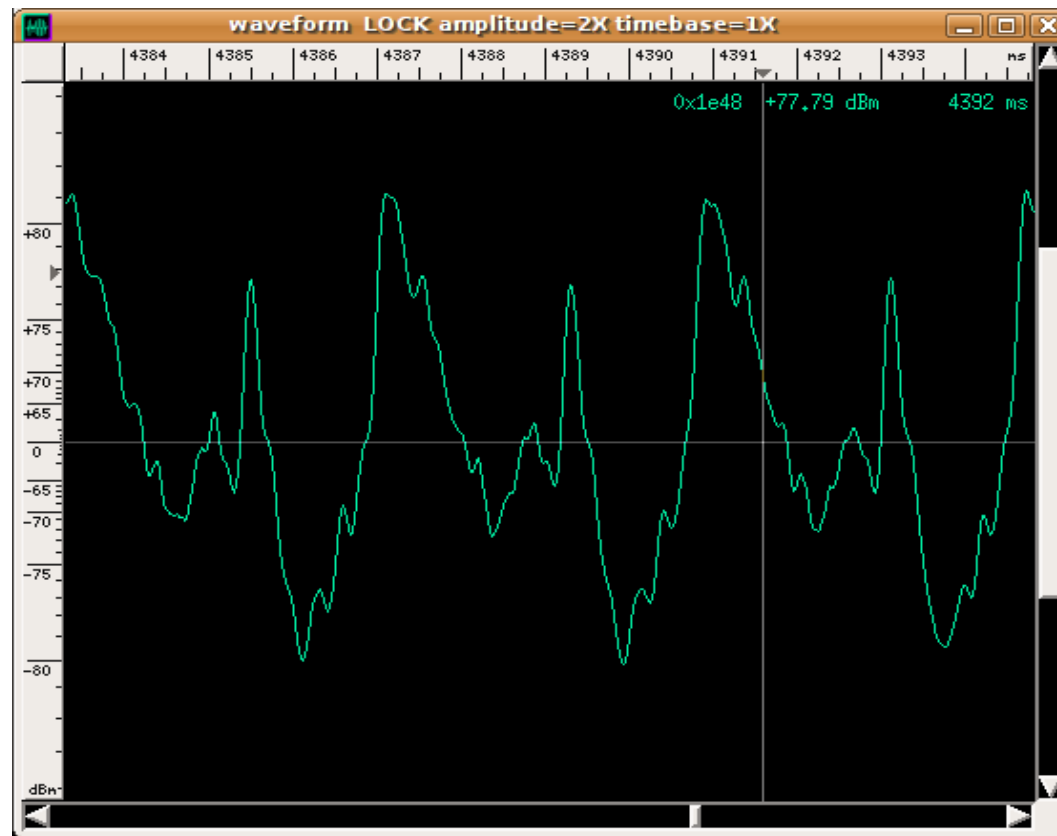


- 1) Attacco, che corrisponde alla fase iniziale del suono, e dura fino al momento in cui l'onda sonora ha raggiunto la massima ampiezza. Può essere molto rapido, come negli strumenti a percussione e nel pianoforte (della durata di circa 1/100 di secondo), o più dilatato nel tempo.
Negli strumenti ad arco e a fiato l'esecutore può variare, a seconda delle esigenze musicali, i vari tipi di attacco, modulandone durata e modalità di raggiungimento del picco di energia.
- 2) Decadimento, presente in quegli strumenti (ad esempio la tromba) in cui il suono inizia solo se un determinato parametro fisico (ad esempio pressione del soffio) supera una certa soglia.
- 3) Tenuta, fase in cui il suono rimane stabile mentre l'esecutore continua a fornire energia. Tale fase non esiste negli strumenti a percussione.
- 4) Rilascio, detto anche decadimento finale, fase che inizia nel momento in cui l'esecutore smette di fornire energia allo strumento e il suono decade più o meno rapidamente. Tale fase può essere anche molto lunga negli strumenti a percussione (si pensi alle note di un pianoforte), mentre di solito è breve negli archi e nei fiati.

Esempi musicali eseguiti da strumentisti in sala di registrazione



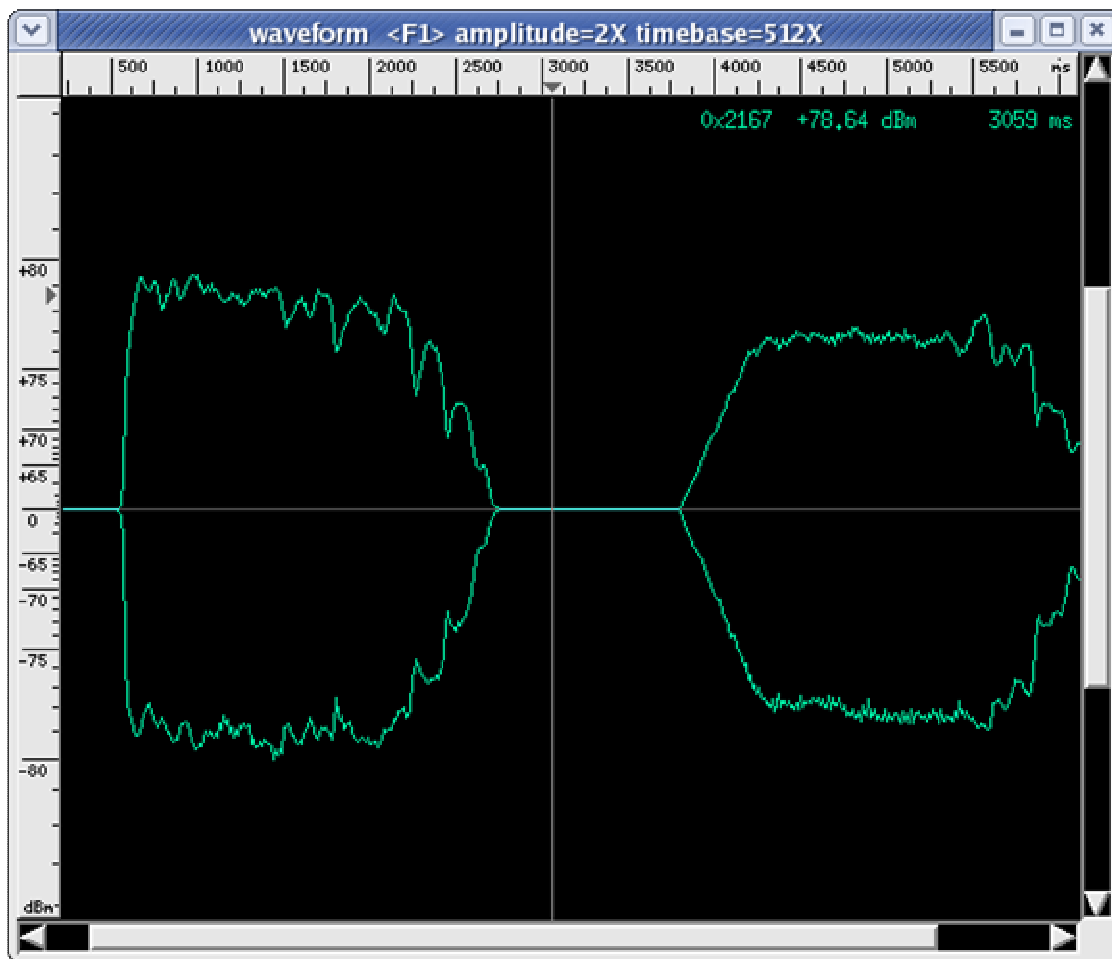
Violino: Attacco dolce e attacco “sforzato”



Forma d'onda



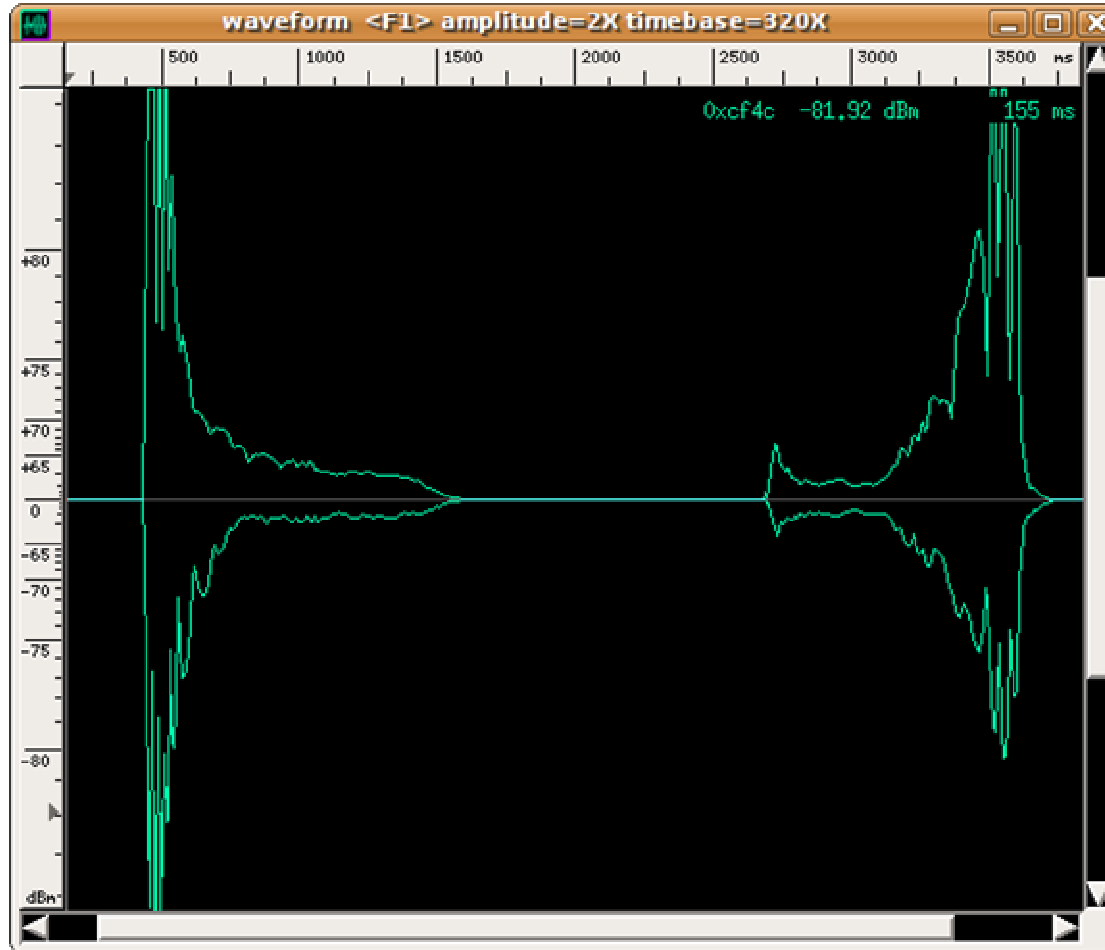
Flauto: Attacco “sforzato” e attacco dolce



Forma d'onda



Tromba: Attacco “sforzato” e attacco dolce



Forma d'onda

Bibliografia

- Frova Andrea, “Fisica nella musica”, Zanichelli editore.
- Farina Angelo, dispense in PowerPoint del corso di “Acustica applicata”, Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Parma.
- Buccignone Giuseppe, “Corso di principi e modelli della percezione”, Dipartimento di Scienze dell’Informazione, Università di Milano.
- “Fisica, Onde, Musica”, sito prodotto dal Dipartimento di Fisica dell’Università di Modena e Reggio Emilia:
<http://fisicaondemusica.unimore.it/>
- Wikipedia, enciclopedia libera online: <http://it.wikipedia.org>
- Floyd E. Toole “Sound reproduction”, Focal Press editore.