


Ancora da Sisto ai Matefisicimusicisti:

Qualche esperimento acustico/matematico: un (patetico) tentativo di imitare gli strumenti musicali e la voce umana con le serie di Fourier.

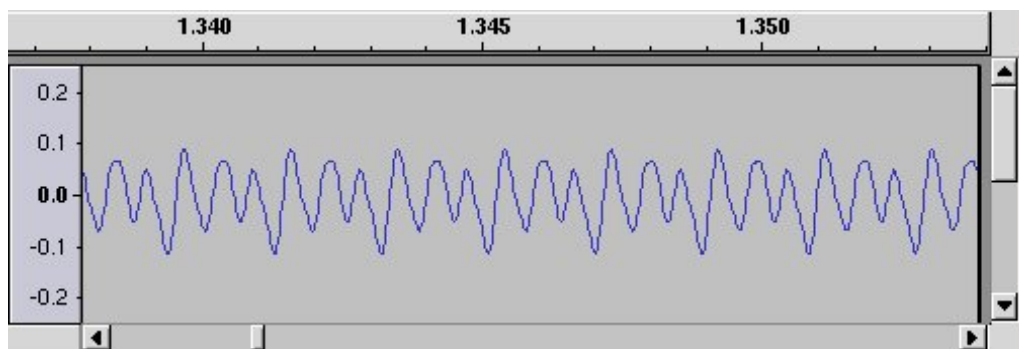
Come tutti sanno, note suonate da strumenti musicali diversi sono riconoscibili anche se hanno uguale altezza: sentiamo per esempio la stessa nota suonata da un

oboe, un violino e una tromba 

Vogliamo capire quanto il timbro di uno strumento sia legato alla *forma d'onda* del suono da esso prodotto.

Apriamo dunque il file che abbiamo ascoltato con uno strumento come Audacity, ed osserviamo la forma del segnale emesso dagli strumenti...

La forma d'onda emessa dall'oboe è quasi perfettamente periodica:



...ma non lo è esattamente. Proviamo a selezionare con Audacity *un solo periodo* del nostro segnale, cancellando tutto il resto del file:



Dopodiché, possiamo ottenere un segnale *perfettamente periodico* prendendo il nostro periodo campione e ripetendolo un migliaio di volte (Audacity ha un apposito filtro proprio a questo scopo...).

Ecco il file musicale ottenuto in questo modo: il suono dell'oboe è diventato

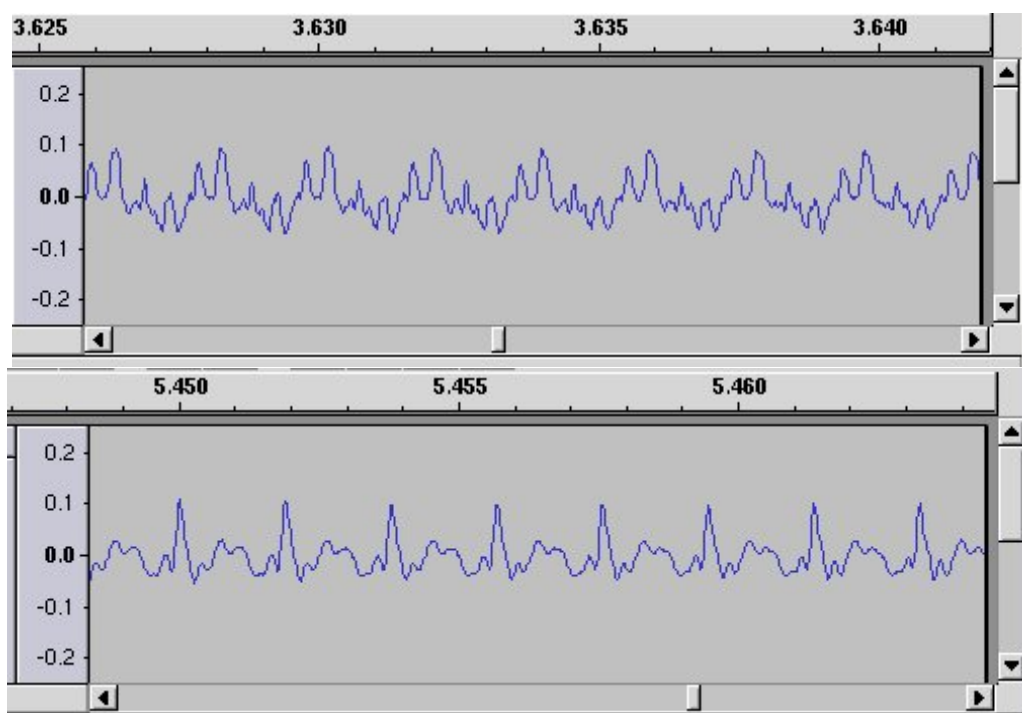
un po' meccanico, ma è ancora perfettamente riconoscibile!



Le cose non vanno così lisce se tentiamo di ripetere il giochino per il violino e per la tromba: aprendo il file con Audacity, vediamo subito che il segnale emesso da questi strumenti presenta delle notevoli fluttuazioni, sia dell'ampiezza che della forma d'onda.

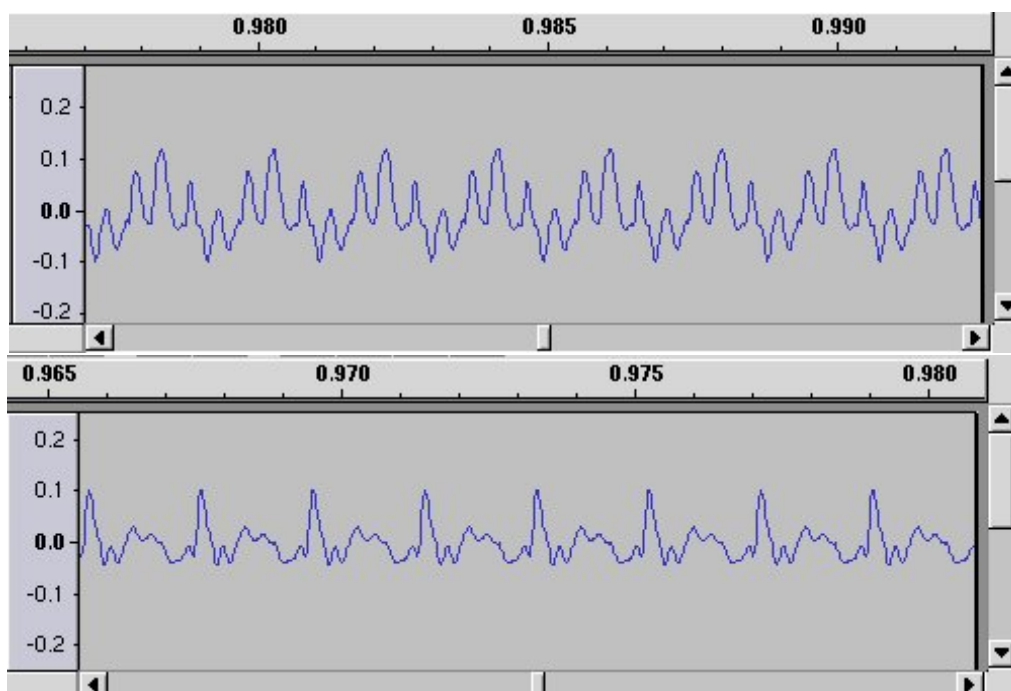
Questo è perfettamente avvertibile ad orecchio nel file musicale originale: in violino e tromba si sente subito un effetto di *vibrato* assente per l'oboe. Inoltre, con un po' di attenzione si sente anche una presenza "fluttuante" di frequenze che compaiono e scompaiono alternativamente.

Con un po' di fatica, si riesce comunque a trovare una porzione "quasi periodica" del segnale prodotto dal violino e dalla tromba: eccole rappresentate nella finestra di Audacity.




Ripetiamo quanto abbiamo fatto per l'oboe: selezioniamo un unico periodo del segnale relativo al violino o alla tromba, e creiamo un segnale perfettamente periodico ripetendo il nostro campione per 1000 volte.

Ecco le forme d'onda ottenute:



Proviamo ora a sentire questi due strumenti “periodicizzati”:

prima il violino 

poi la tromba 

Deludente, vero? Occorre fare un certo sforzo di fantasia per riconoscere una parentela con lo strumento originale! Evidentemente, per identificare un suono come prodotto da un violino o da una tromba non basta lo spettro in frequenza (cioè il peso relativo delle armoniche), ma sono assolutamente essenziali altre caratteristiche come l’inviluppo (l’effetto di vibrato...) e la fluttuazione temporale dello spettro stesso.

In ogni caso, è possibile calcolare i coefficienti di Fourier dei tre “strumenti periodicizzati”: l’ho fatto, e il mio solito programmino java ora è in grado di riprodurre questi suoni (basta scegliere un numero elevato di armoniche, e selezionare lo strumento musicale voluto dal menù a discesa).

Potete anche divertirvi a riprodurre personalmente questi suoni sull’applet di Falstad, ecco di seguito le ampiezze (in dB) delle prime 15 armoniche di ciascuno dei tre strumenti (per poter specificare le ampiezze delle armoniche in dB, selezionare “Mag/Phase View” e poi “Log View”).

OBOE (Ampiezze armoniche in dB):

-11,-10,-6,-18,-16,-13,-20,-20,-27,-28,-33,-32,-24,-32,-34

VIOLINO (Ampiezze armoniche in dB):

-7,-16,-13,-7,-16,-14,-15,-15,-20,-15,-20,-18,-21,-20,-21,-21

TROMBA (Ampiezze armoniche in dB):

-16,-9,-11,-16,-12,-13,-20,-18,-15,-17,-21,-23,-26,-24,-24,-24,-26

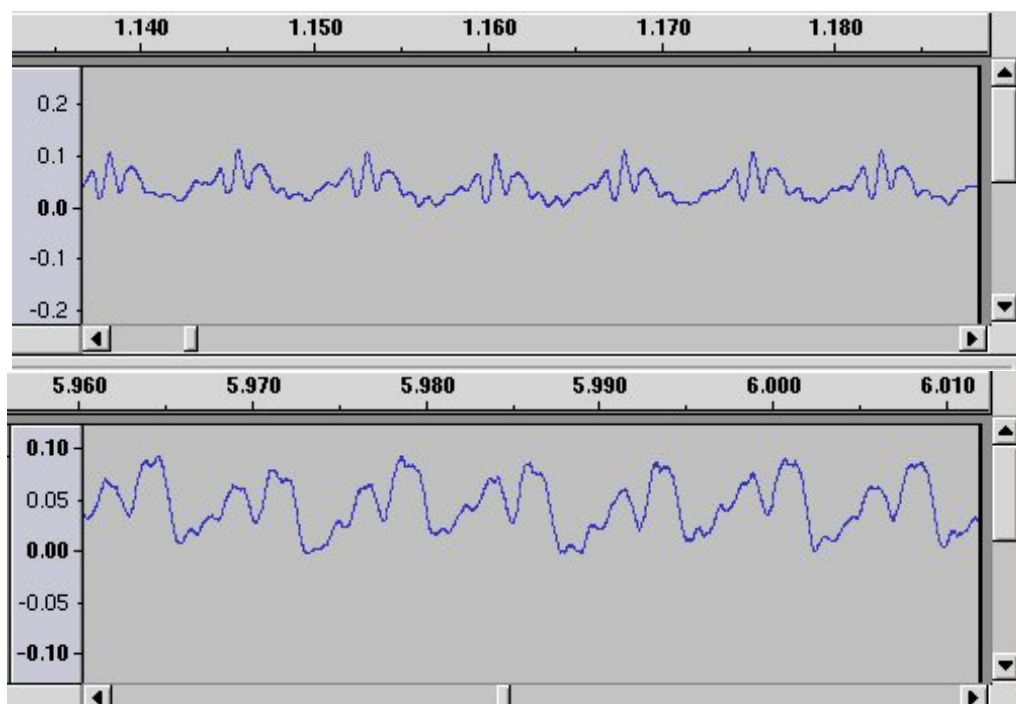
Questo esperimento mi ha fornito risultati piuttosto gratificanti usando la voce umana come “strumento musicale”: ho provato a pronunciare i vocalizzi “AAAAAAA” e “OOOOO” al microfono del computer e ad aprire il file risultante con Audacity. Ancora una volta, ho ripetuto il giochino di “rendere periodico” il segnale (selezionando un solo periodo, poi ripetuto qualche centinaio di volte).

Il campione sonoro che segue contiene i miei vocalizzi “originali”, seguiti dalla

versione periodicizzata degli stessi: le vocali sono ancora ben riconoscibili



Ecco le forme d'onda della “AAA” e della “OOO”:



Anche in questo caso, ho effettuato un'analisi di Fourier: ora il mio programma java è in grado di vocalizzare!

Se volete riprodurre le due vocali sull'applet di Falstad, ecco gli spettri in dB:

AAA (Ampiezze armoniche in dB):

-11,-15,-22,-19,-15,-14,-14,-14,-19,-24,-26,-23,-25,-30,-27

OOO (Ampiezze armoniche in dB):

-10,-11,-13,-19,-15,-16,-27,-28,-34,-28,-26,-24,-31,-31,-32