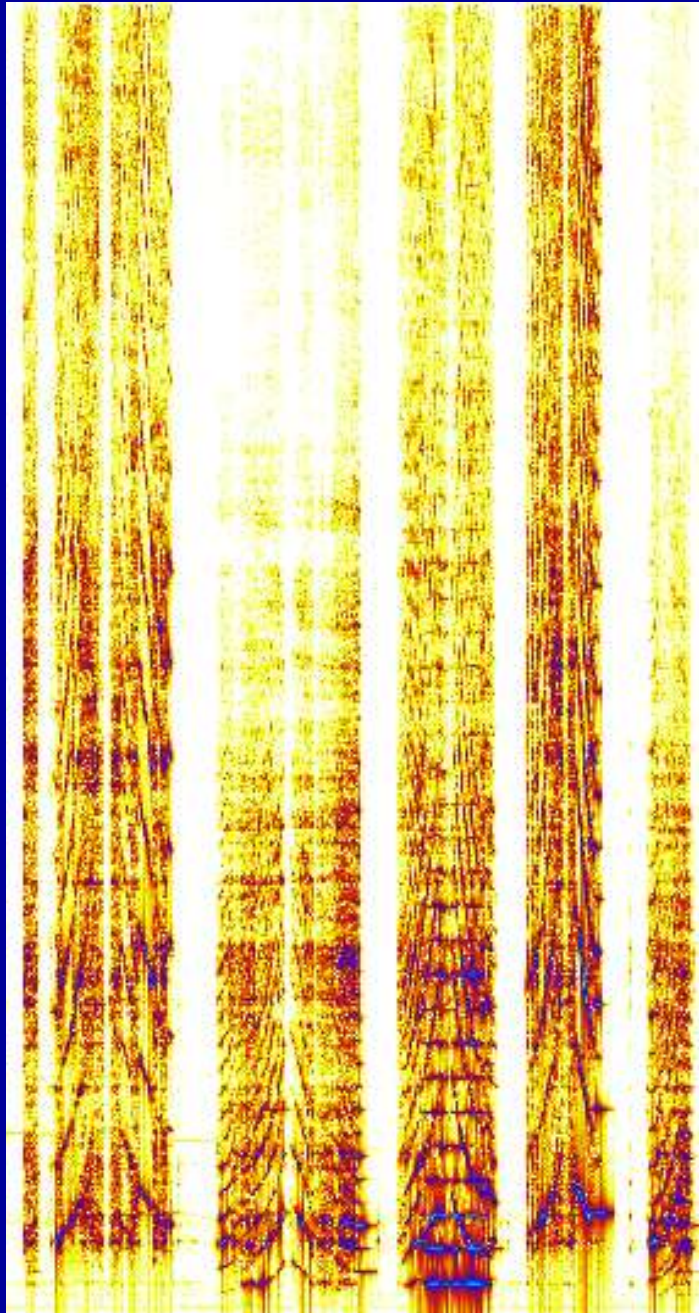


Liceo Musicale di Potenza

Il Timbro

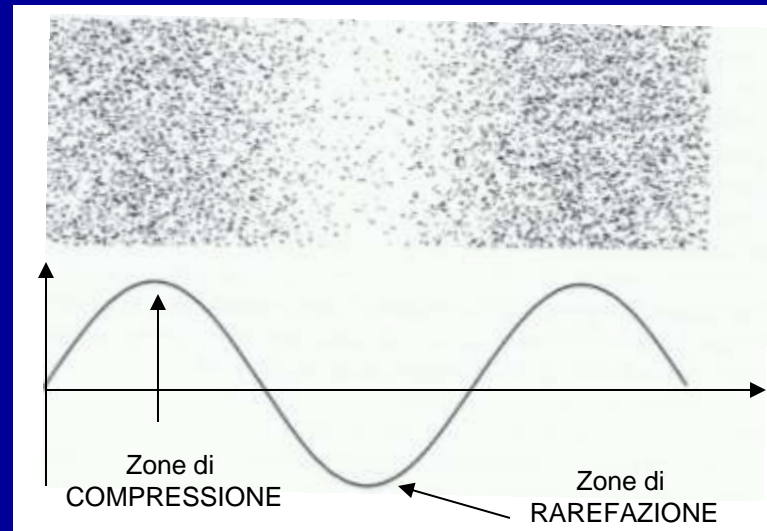
TECNOLOGIE MUSICALI

Docente:
Prof. Antonio Forastiero



Abbiamo visto in precedenza come il *suono*, e quindi l'alternarsi regolare di zone di compressione e zone di rarefazione, sia rappresentabile graficamente mediante un'onda *sinusoidale* ($y = A \sin X$).

(molecole dell'aria)

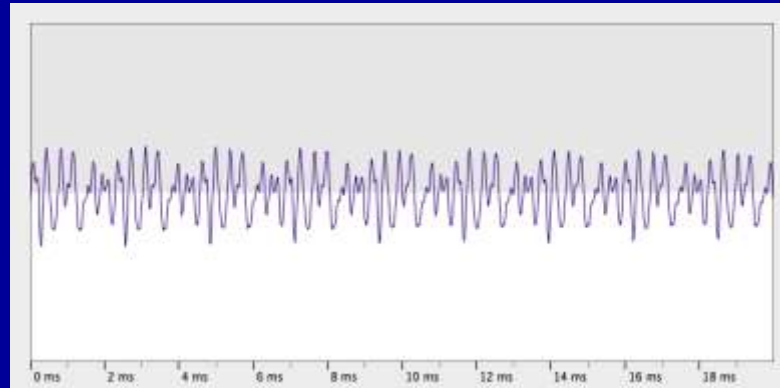


Un'onda sinusoidale di questo tipo (semplice) descrive l'andamento di un suono **puro**, costituito da una singola frequenza, il cui periodo è composto da una singola compressione e una singola rarefazione ben definite. Questo tipo di suono è inesistente in natura; i suoni puri possono essere prodotti quasi esclusivamente in laboratorio, in modo artificiale, mediante l'uso di *oscillatori*. Un'eccezione tipica è il diapason, che riesce a produrre un suono sinusoidale *quasi* puro.



Analisi della forma d'onda del suono del *diapason*

In generale i suoni in natura sono di tipo **complesso**. Analizzando in laboratorio il suono emesso da un violino o da un qualsiasi altro strumento musicale, otteniamo un'onda molto frastagliata, caratterizzata da un andamento molto articolato; in un singolo periodo possono essere comprese più alternanze di compressioni e rarefazioni intermedie.



La3 440Hz - Violino

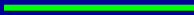





Questo accade perché nella realtà i suoni che noi sentiamo sono il frutto dell'interazione di più frequenze differenti, chiamate frequenze **armoniche** (o **armonici**), che formano un tutt'uno sonoro.

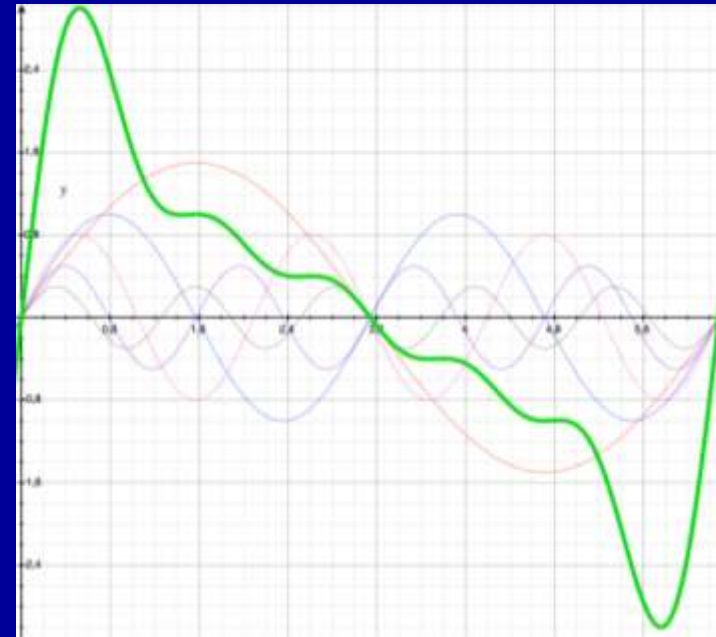
Il suono complesso, e quindi l'onda nell'immagine sopra riportata, scaturisce dalla somma di n onde sinusoidali semplici, ognuna con la sua ampiezza, fase e frequenza; le frequenze delle singole sinusoidi sono multipli interi della frequenza fondamentale f , che rappresenta il primo armonico (suono fondamentale).

Cioè se la frequenza fondamentale è x , la seconda armonica avrà una frequenza pari a $2x$, la terza armonica avrà una frequenza pari a $3x$, ecc.

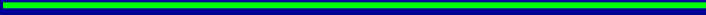





La sovrapposizione di differenti onde genera quindi un'onda risultante calcolabile dalla somma dei valori di ampiezza delle frequenze armoniche risultanti punto per punto, lungo l'asse del tempo.

L'onda di colore verde rappresenta la somma istante per istante delle 5 frequenze.

-  **f1 + f2 + f3 + f4 + f5**
-  **f1 = frequenza *fondamentale* o prima armonica**
-  **f2 = seconda armonica = f1 * 2**
-  **f3 = terza armonica = f1 * 3**
-  **f4 = quarta armonica = f1 * 4**
-  **f5 = quinta armonica = f1 * 5**



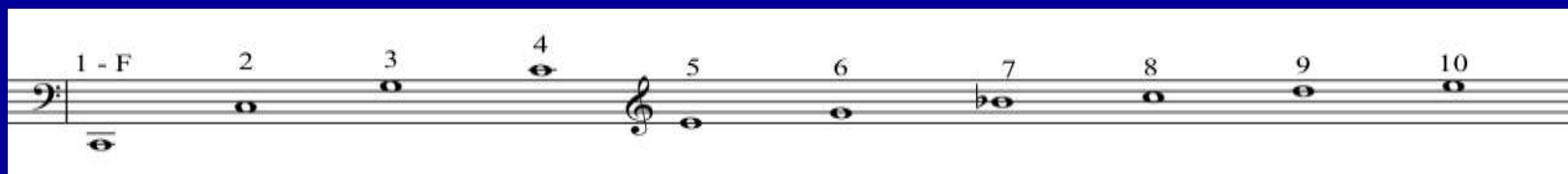
Il periodo dell'onda risultante coincide con il periodo della frequenza fondamentale, mentre il periodo delle altre frequenze armoniche è pari a T/n .

- 
- T1 
- T2 
- T3 
- T4 
- T5 

Il suono emesso da una sorgente sonora è quindi il risultato della somma di una frequenza fondamentale, che determina l'altezza del suono, e una serie teoricamente infinita di frequenze più acute, chiamate armoniche, le cui frequenze sono multipli esatti della frequenza fondamentale.

Supponendo di suonare il Do 1 del pianoforte (2 ottave sotto il Do centrale), unitamente al do da 65Hz si generano diversi suoni più acuti, le cui frequenze sono multipli esatti di di 65.

Viene riportata qui di seguito la serie dei primi 10 armonici.



- I° armonico: Suono *fondamentale* - f_1 - Do 1 65,406 Hz
- II° armonico: $f_1 * 2 = 130,812$ Hz - Do 2(corrisponde all'ottava)
- III armonico: $f_1 * 3 = 196,218$ Hz - Sol 2(corrisponde alla quinta)
- IV armonico: $f_1 * 4 = 261,624$ Hz - Do 3(corrisponde all'ottava)
- V armonico: $f_1 * 5 = 327,03$ Hz - Mi 3(corrisponde alla terza)
- VI armonico: $f_1 * 6 = 392,436$ Hz - Sol 3(corrisponde alla quinta)
- VII armonico: $f_1 * 7 = 457,842$ Hz - Sib 3
- VIII armonico: $f_1 * 8 = 523,248$ Hz - Do 4
- IX armonico: $f_1 * 9 = 588,654$ Hz - Re 4
- X armonico: $f_1 * 10 = 654,06$ Hz - Mi 4

La serie degli armonici è teoricamente infinita. In effetti il numero di armoniche generate diminuisce all'aumentare della frequenza dell'armonica fondamentale, in quanto si supera il limite massimo delle frequenze udibili dall'orecchio umano. Per conoscere il numero di armonici compresi entro la banda audio da noi udibile bisogna dividere 20.000Hz per la frequenza fondamentale. Otteniamo così il valore massimo *teorico* di armonici che formano un determinato suono. La quantità reale di armoniche emesse da uno strumento è di solito inferiore a quello teorico, in quanto le frequenze armoniche più acute sono così poco ampie da non essere rilevabili.

L'effettiva presenza di questi armonici e l'effettiva complessità del suono, è verificabile non solo attraverso l'analisi della forma d'onda, che risulta essere molto più articolata della semplice onda sinusoidale, ma anche attraverso l'analisi dello **spettro** sonoro.

Lo spettro sonoro rappresenta la radiografia di un suono; nello spettro sono rappresentate abbastanza distintamente tutte le frequenze che concorrono nella formazione di un determinato suono.

Di seguito è riportato lo spettro sonoro del Do1 del pianoforte ,di 65 Hz.

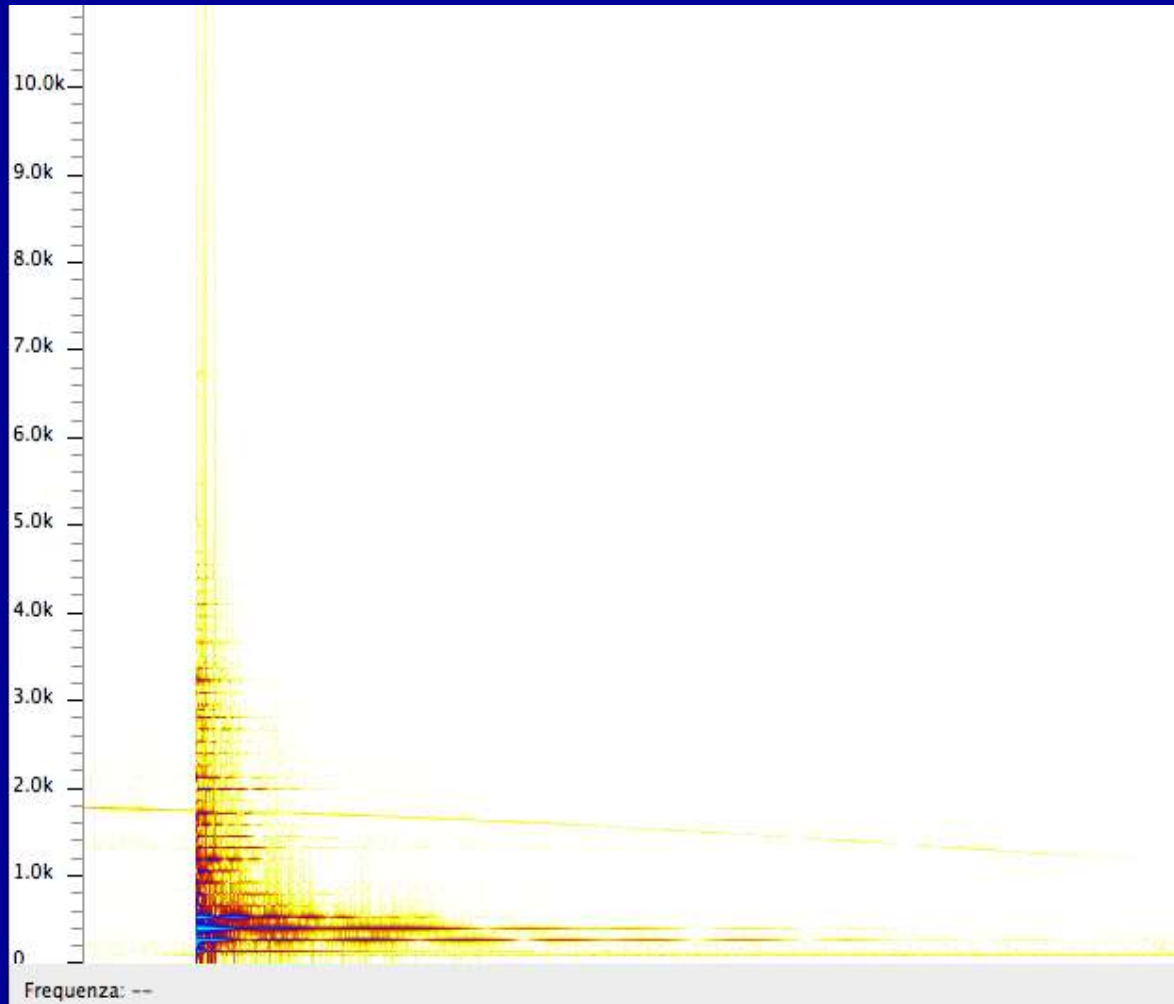


Do 1 - 65,406

A conferma di quanto affermato fin ora, dal grafico possiamo rilevare la presenza di molteplici suoni più acuti che si generano unitamente al suono fondamentale **f1**, con ampiezza disuguale.

Si può inoltre notare come i segmenti relativi agli armonici sono distribuiti in maniera equidistante sull'asse delle frequenze, essendo questi multipli esatti di f1.

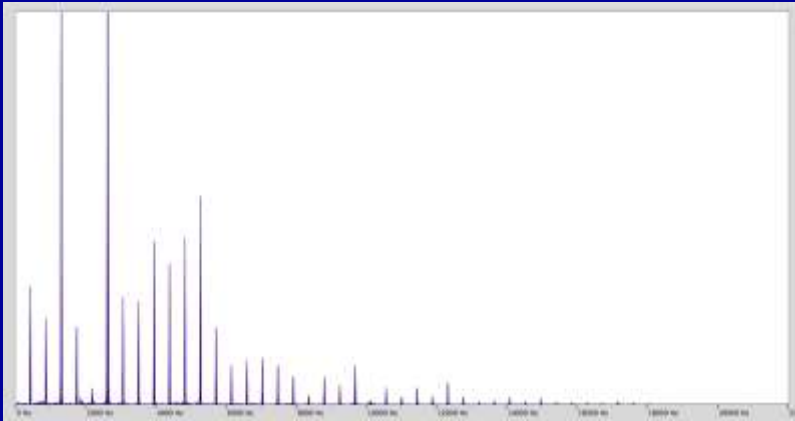
Per osservare l'andamento nel tempo delle componenti armoniche di un suono possiamo usare un altro grafico chiamato **sonogramma**.



Dal grafico si può notare come determinate frequenze presentano un decadimento più rapido. L'ampiezza degli armonici viene indicata attraverso le diverse gradazioni di colore.

Ciò che determina sostanzialmente la differenza *timbrica* tra gli strumenti è la **conformazione, ovvero l'ampiezza, di tali armoniche.**

Mettendo a confronto la stessa nota, La 3 - 440,00 Hz, emessa da due strumenti diversi, possiamo notare come trattandosi dello stesso suono fondamentale, si generano in entrambi i casi le stesse componenti armoniche (cioè con la stessa frequenza), ma presentano ampiezza diversa.



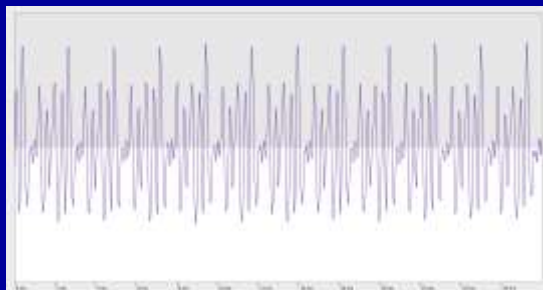
La 3 440,00 Hz - Violino



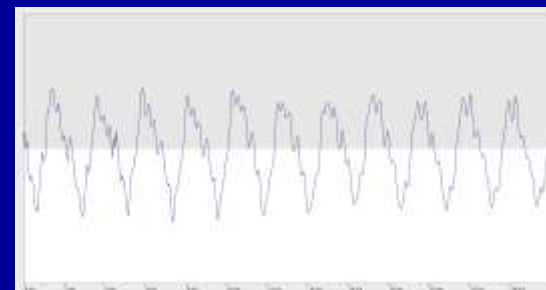
La 3 440,00 Hz - Pianoforte

Dai due grafici possiamo inoltre riscontrare come il violino sia più ricco di armonici.

Lo stesso è riscontrabile dall'analisi della forma d'onda che risulta essere più frastagliata nel caso del violino, in quanto risultante dalla somma di più sinusoidi (più armonici).



La 3 440,00 Hz - Violino



La 3 440,00 Hz - Pianoforte