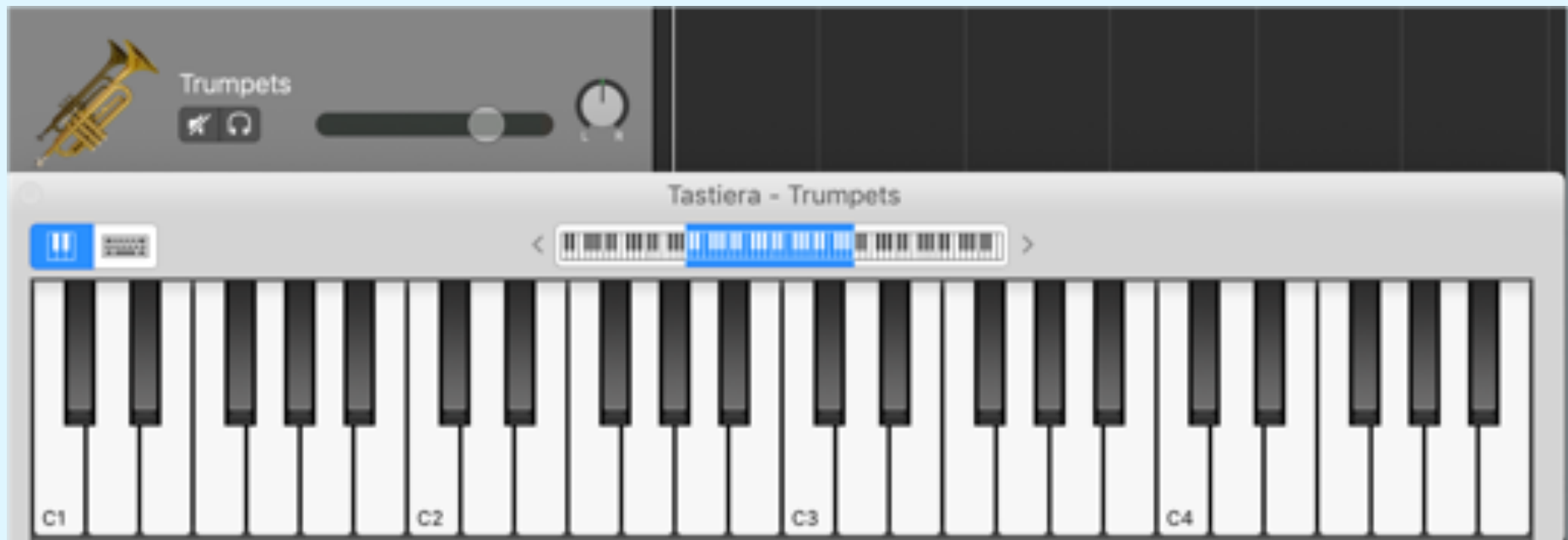


# Musica e serie di Fourier

# Dal suono alla musica

Passiamo dal suono alla musica con l'aiuto di una tastiera musicale virtuale



# Intensità di un suono nella musica

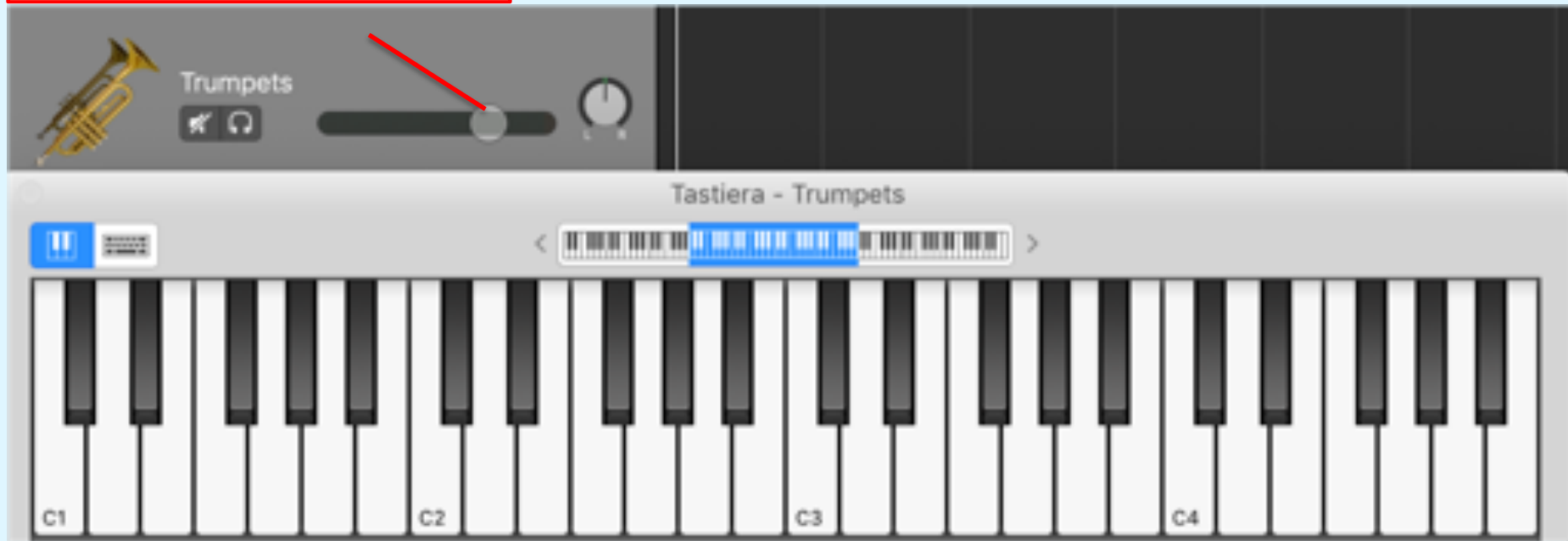
## Attenzione al linguaggio:

‘**volume**’ = **intensità** della musica

‘volume **alto**’ = musica suonata **forte**

‘volume **basso**’ = musica suonata **piano**.

Per regolare il volume



# Frequenza di un suono in musica

## Attenzione al linguaggio

### ‘Nota’ legata alla frequenza

‘nota bassa’ = suono grave = frequenza piccola

‘nota alta’ = suono acuto = frequenza grande



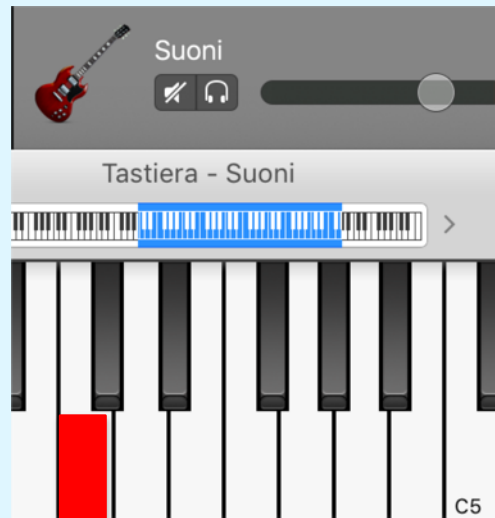
Nota ‘La centrale’

# Il timbro

Un'altra caratteristica importante del suono: quella che fa distinguere la nota emessa da un flauto dalla stessa nota emessa, con la stessa intensità, da un pianoforte o da una tromba o da una voce umana. È il **timbro**.



Pianoforte



Chitarra



Tromba



**Stessa nota, emessa con lo stessa intensità (o volume).  
Tre strumenti diversi. Cambia il timbro.**

# Il timbro

Esaminiamo anche questa caratteristica attraverso il simulatore.

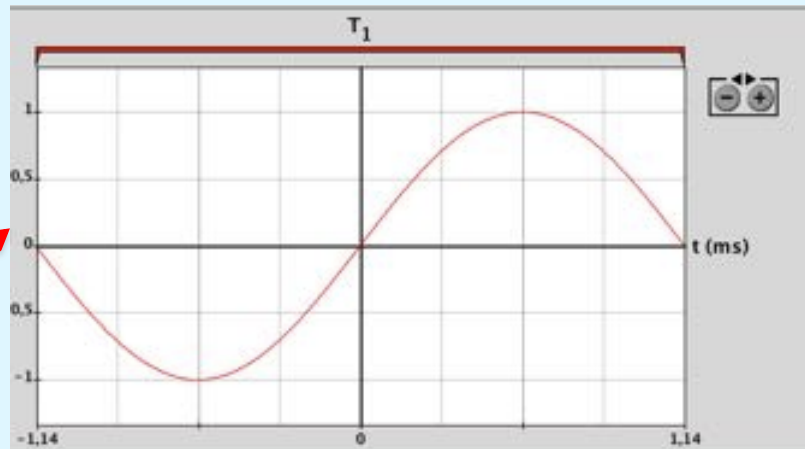
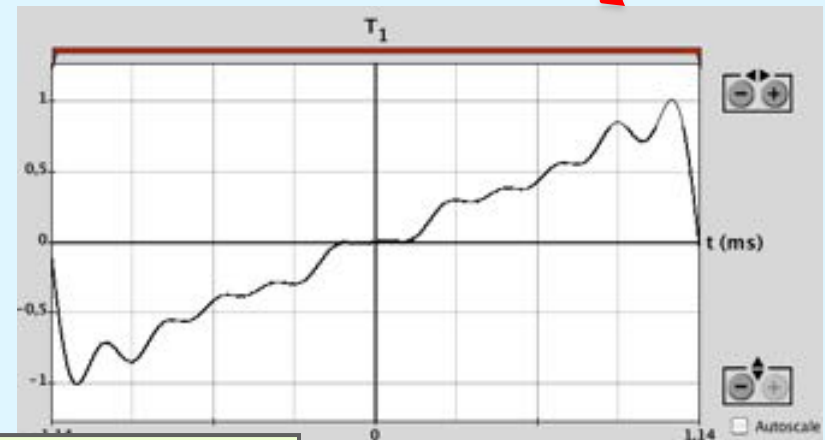
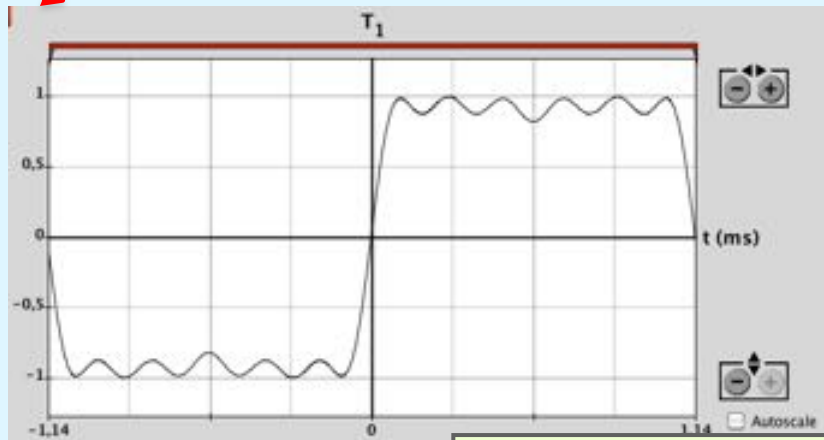


Grafico sinusoidale  
Diapason

C'è una relazione  
fra i due grafici?

C'è una relazione  
fra i due grafici?

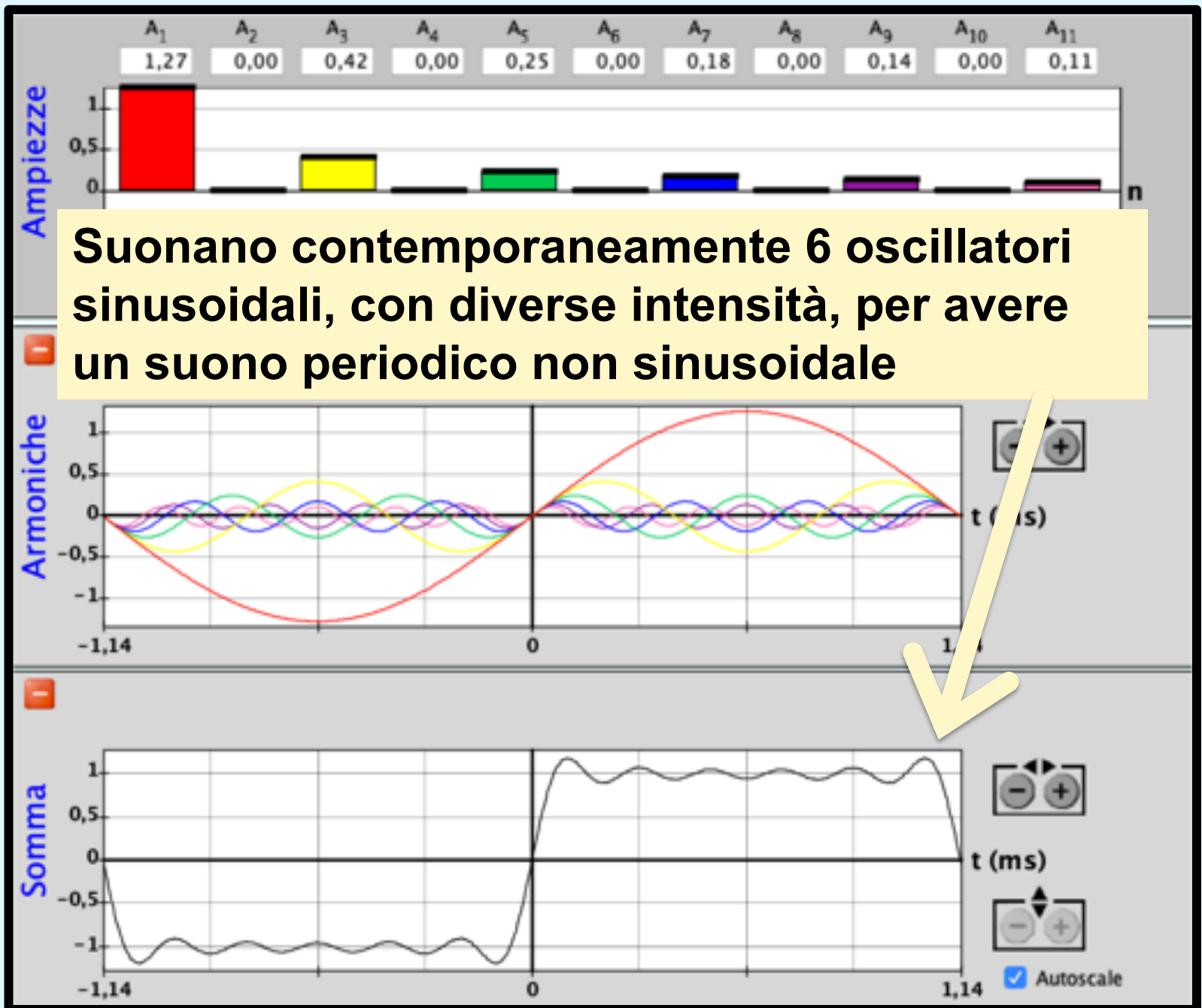


Grafici periodici non sinusoidali

**Suoni** con uguali intensità e frequenza, ma **TIMBRO DIVERSO**.  
**Grafici** con uguali ampiezza e periodo, ma **NON SINUSOIDALI**

# Il timbro

**Il simulatore mostra anche qualcosa di inaspettato, insieme al grafico 'periodico non sinusoidale'**



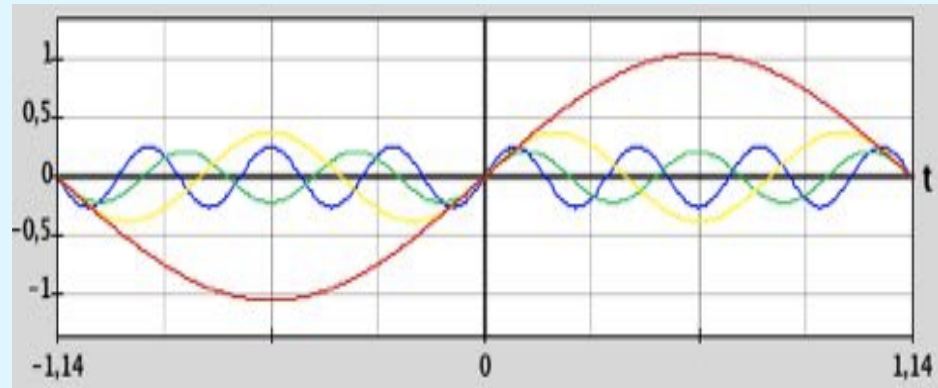


# Teorie sul suono



**Jean Baptiste Fourier**  
1768 – 1830  
Matematico e fisico

**Solo intorno al 1930  
compaiono gli oscillatori  
sinusoidali.  
Ma è già di due secoli prima  
l'idea di comporre sinusoidi di  
frequenze e ampiezze diverse.**



# Esperienze sul suono



**Hermann von Helmholtz**  
**1821 – 1894**

**Medico, fisico, fisiologo**



# I 'risuonatori' di Helmholtz

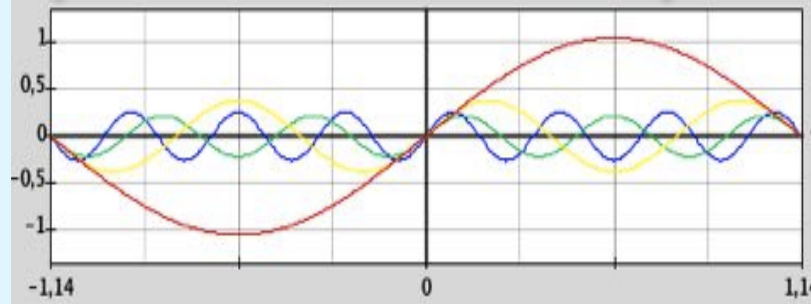
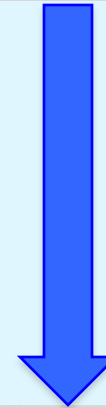
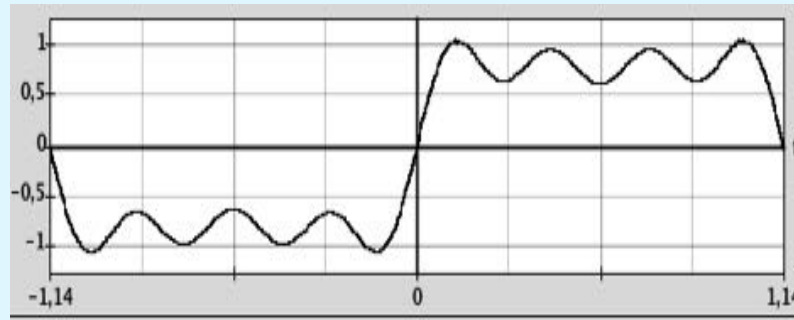
# Teorie ed esperienze di analisi dei suoni

**Jean Baptiste Fourier**  
1768 – 1830

Una funzione  
periodica di periodo  $T$

Può essere ottenuta

Con una somma di  
funzioni sinusoidali,  
ciascuna con periodo  
 $T_n = T/n$  e ampiezza  
 $A_n$  opportuna.



**Hermann von Helmholtz**  
1821 – 1894

Il suono emesso da uno  
strumento musicale.

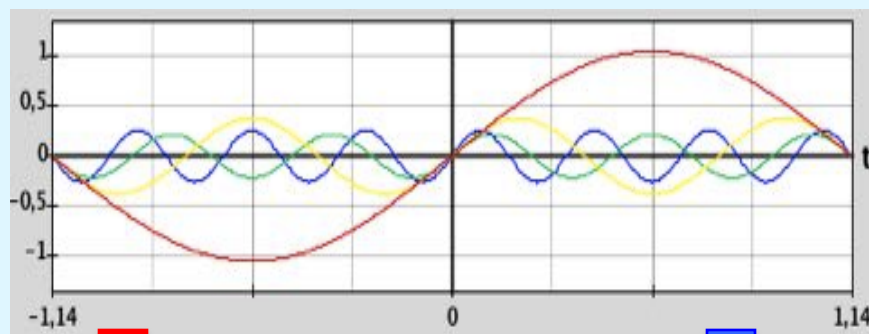
Può essere analizzato  
con i 'risuonatori'



Risulta composto da  
suoni sinusoidali,  
detti **ARMONICHE**

# Sintesi additiva dei suoni

Addiziono funzioni sinusoidali, ciascuna con periodo  $T_n = T/n$  e ampiezza  $A_n$  opportuna.

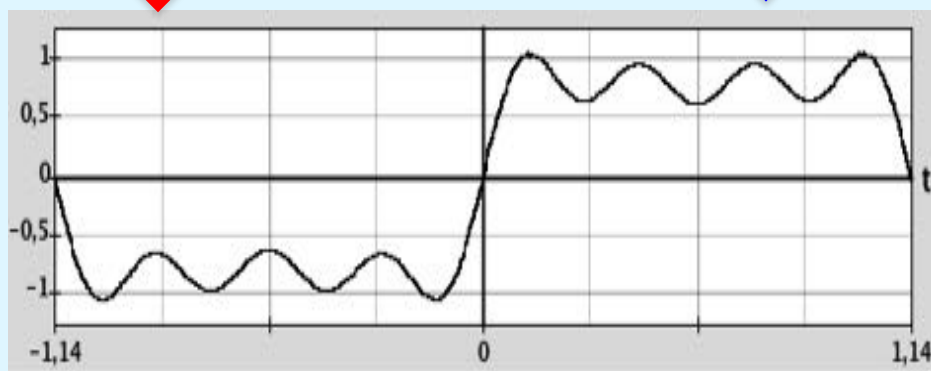


Emetto, nello stesso momento, più suoni sinusoidali di periodo e ampiezza opportuni

Ottingo

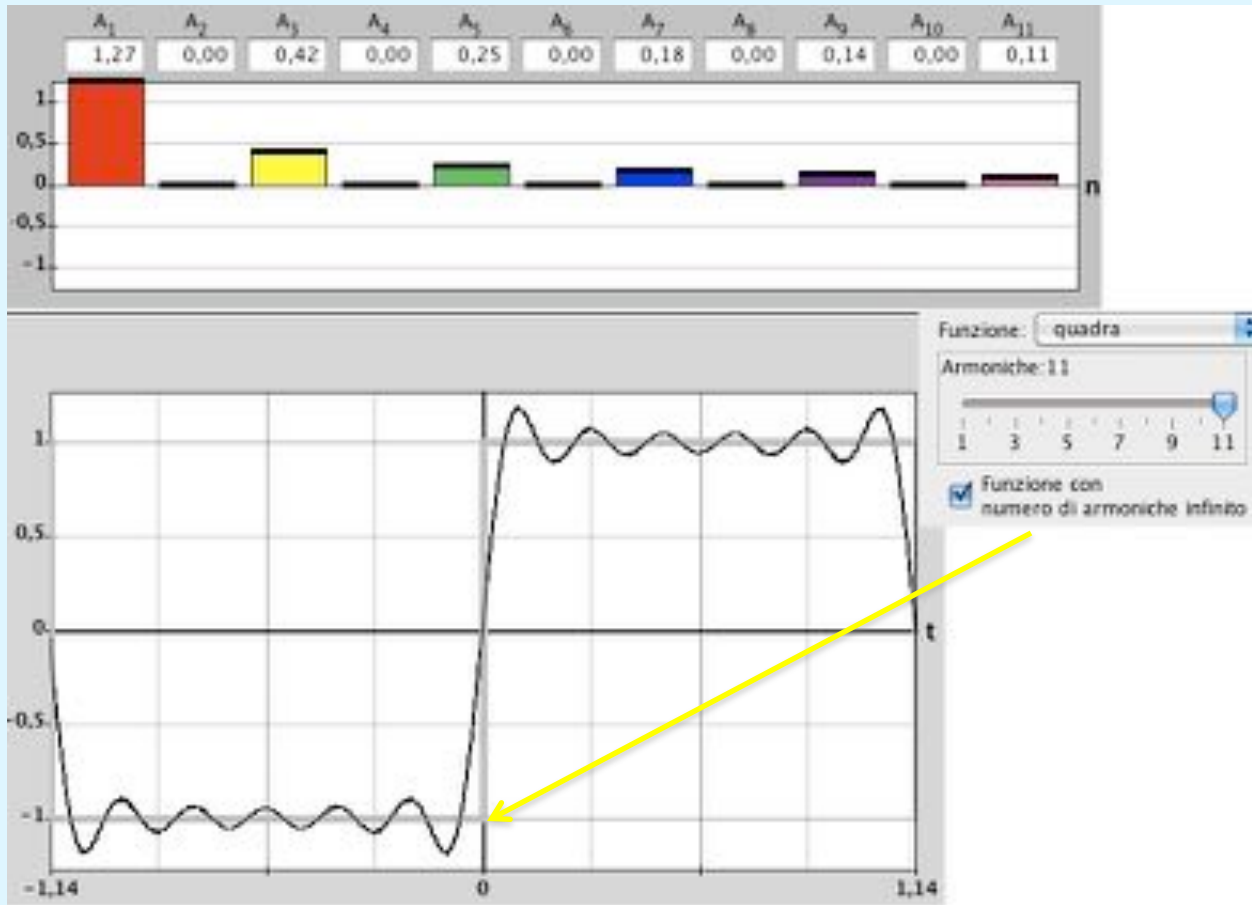
Posso ottenere

Una funzione periodica di periodo T



Il suono emesso da uno strumento musicale.

# Serie di Fourier con simulatore di segnali

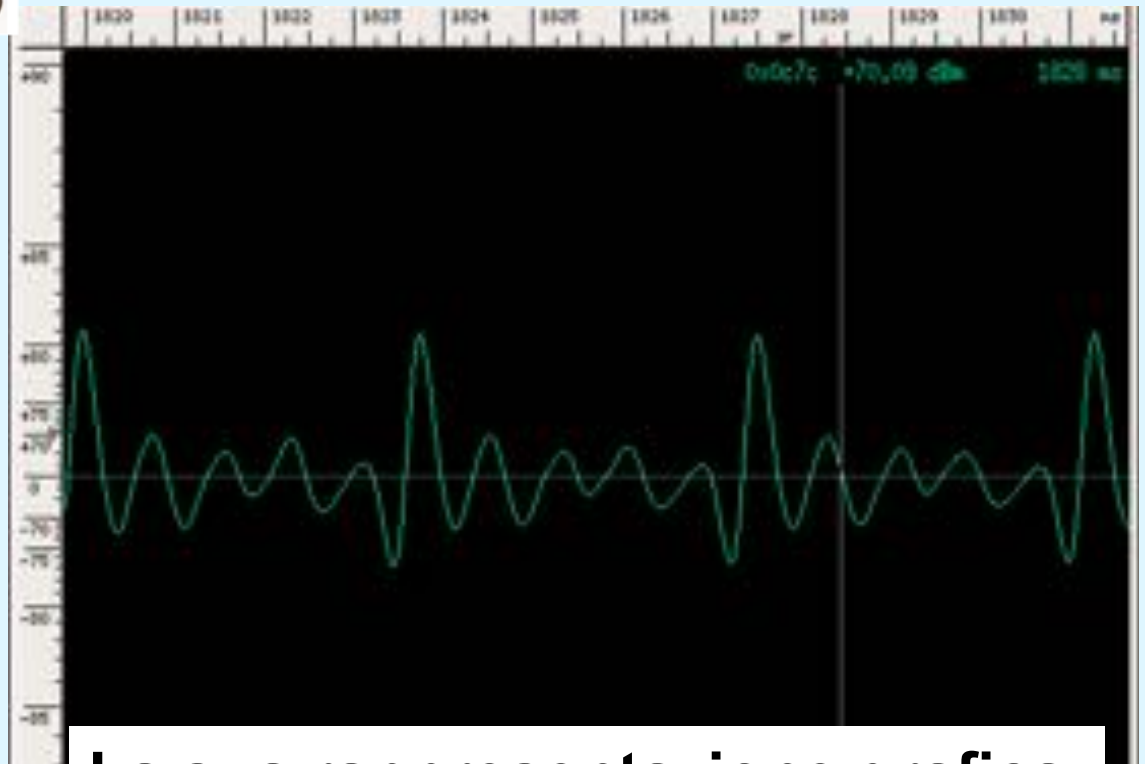


**Per ottenere il grafico grigio dovrei sommare infinite sinusoidi.  
La curva nera, somma di 11 sinusoidi, ne è un'approssimazione.  
All'aumentare del numero di sinusoidi, migliora l'approssimazione.**

# 'Riprodurre' il suono di uno strumento acustico con il simulatore di segnali

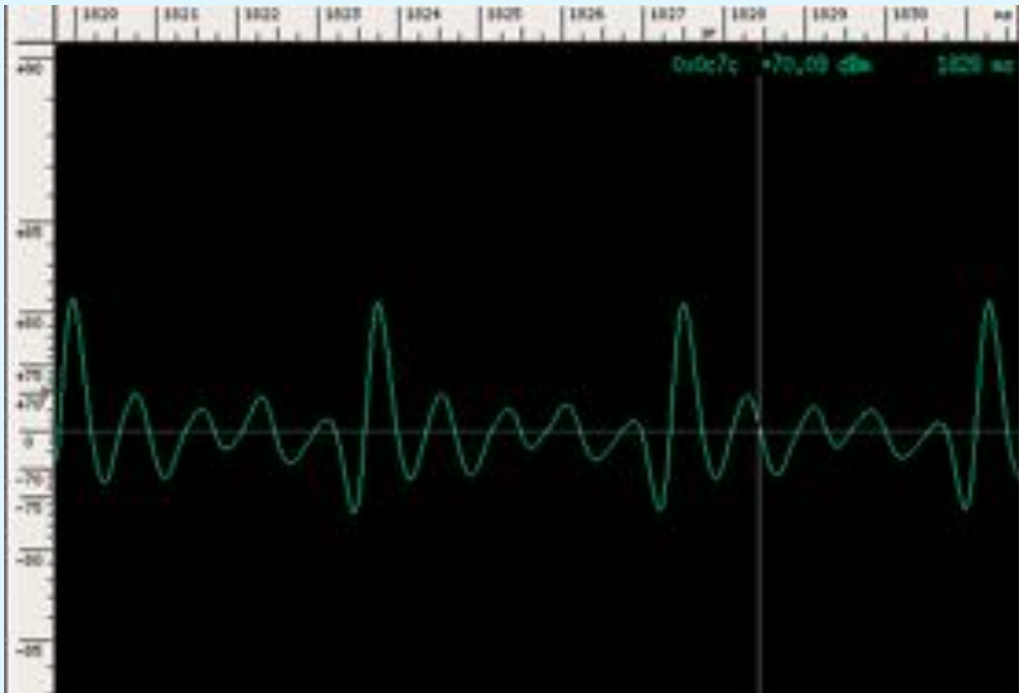


**Il suono di un oboe**



**La sua rappresentazione grafica**

# ‘Riprodurre’ il suono di un oboe



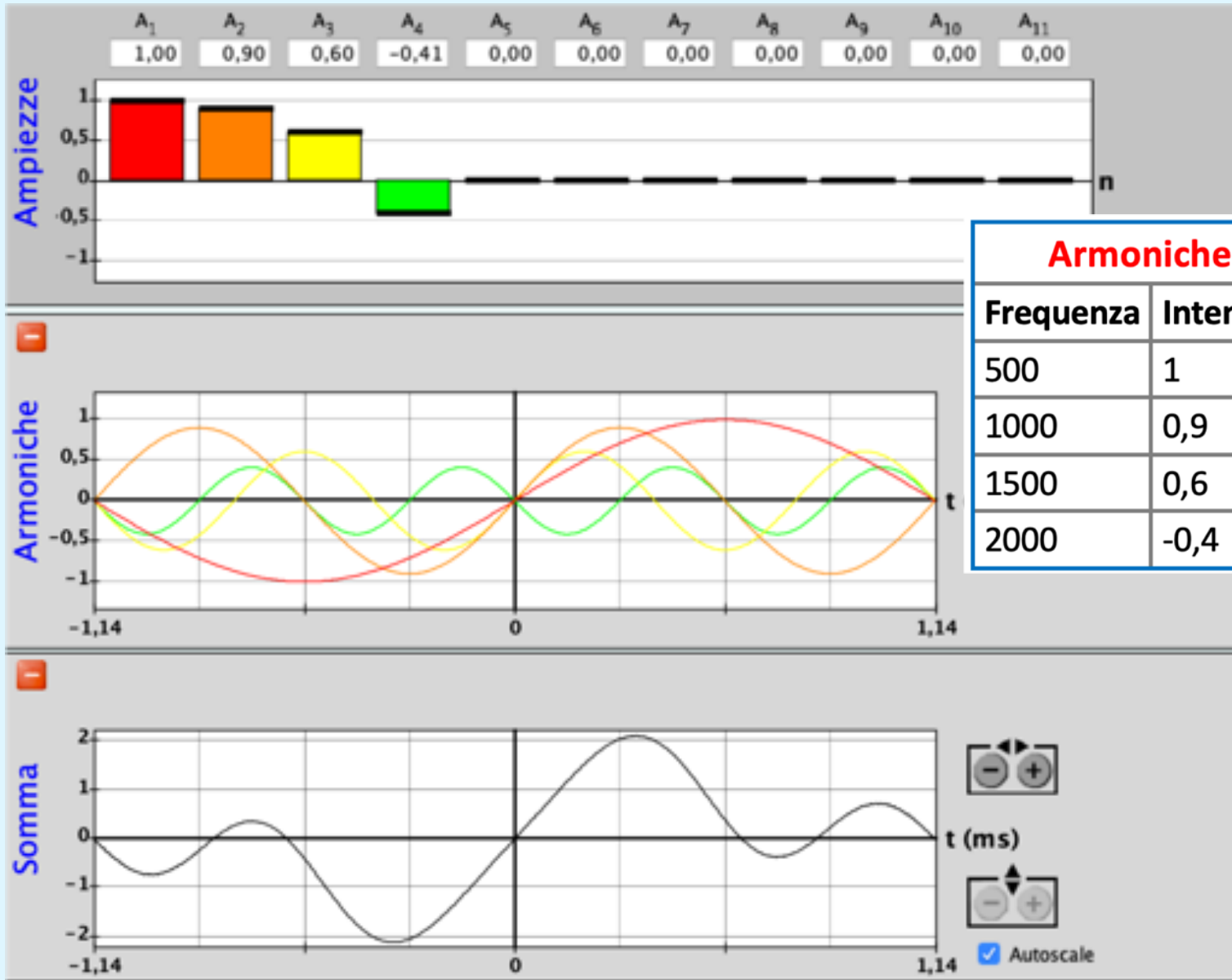
**Analizzo il suono e trovo le prime quattro armoniche.**

**Riproduco il suono con il software**

<b>Armoniche</b>	
<b>Frequenza</b>	<b>Intensità</b>
500	1
1000	0,9
1500	0,6
2000	-0,4

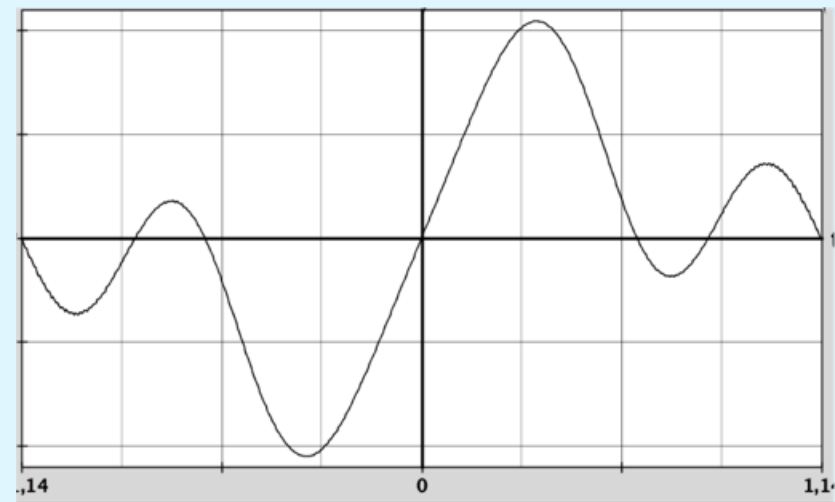


# ‘Riprodurre’ il suono di un oboe



# ‘Riprodurre’ il suono di un oboe

**Il suono elettronico non è identico al suono dello strumento acustico, ma ... ci somiglia. E ho utilizzato solo 4 armoniche! Con un maggior numero di armoniche l'approssimazione migliorerebbe.**



# Sintesi additiva dei suoni

A partire dal 1930 elettricità ed elettronica per generare segnali sinusoidali.

Organi Hammond,  
strumenti elettronici, ...



# Tastiere

**La scelta di tastiere oggi è molto ricca.  
Una tastiera produce suoni di tanti strumenti  
acustici, ma crea anche suoni che nessuno  
strumento tradizionale può creare.**

**I segnali sinusoidali di frequenza e ampiezza  
da scegliere più liberamente diventano uno  
strumento di creatività per generare suoni.**



# Una 'tastiera a 360°'

