

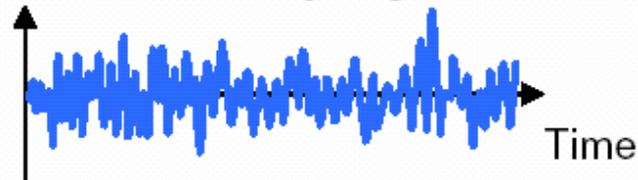
3

**Lezioni di acustica**

# **Analisi del segnale sonoro**

## Diversi tipi di suoni

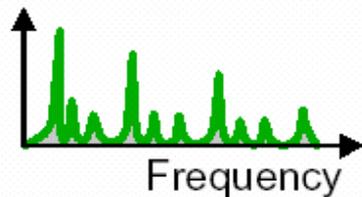
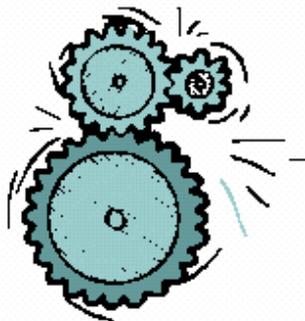
### Stationary signals



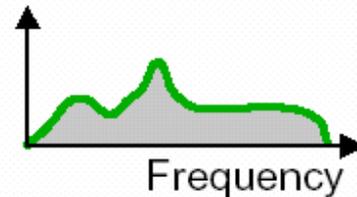
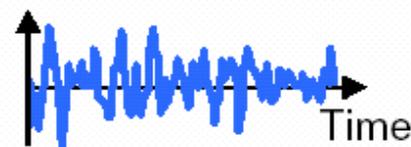
### Non-stationary signals



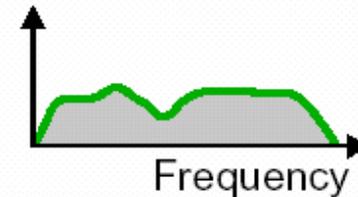
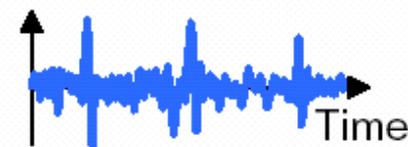
### Deterministic



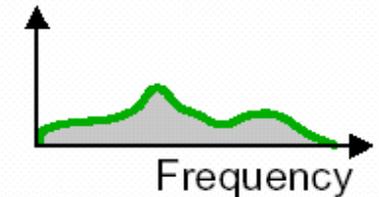
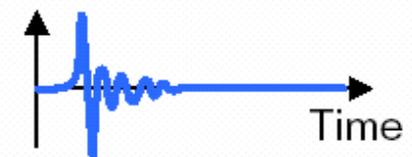
### Random



### Continuous



### Transient

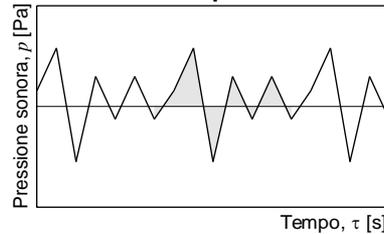


# Diversi tipi di suoni

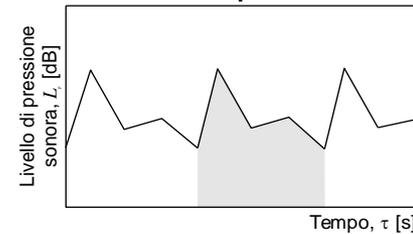
## Segnali deterministici stazionari

(es. motori, organi meccanici, pale, ecc.)

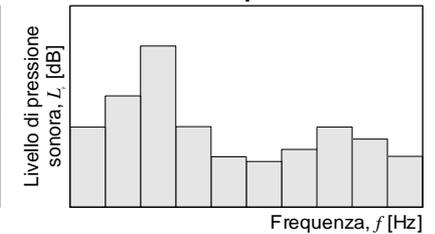
Andamento della  
pressione sonora nel  
tempo



Andamento del livello  
di pressione sonora nel  
tempo

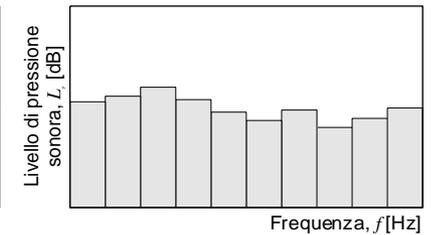
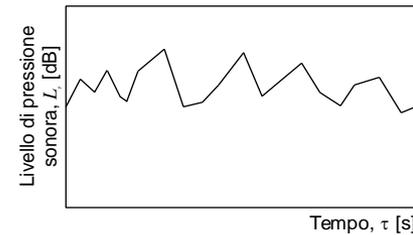
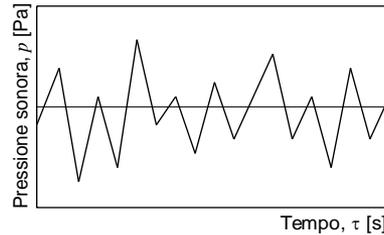


Andamento del livello  
di pressione sonora in  
frequenza



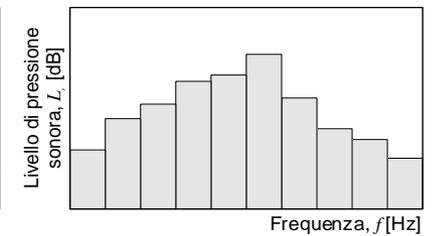
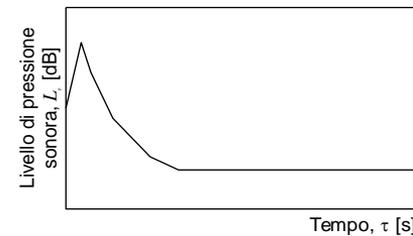
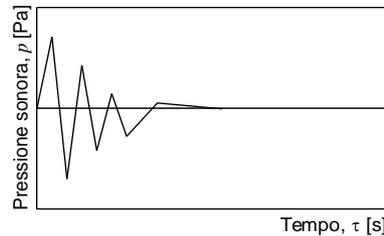
## Segnali casuali

(es. pioggia, vento)



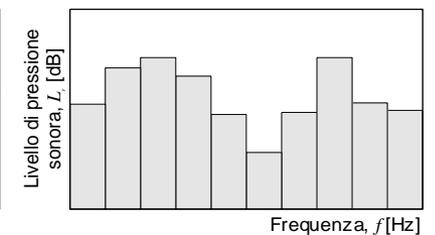
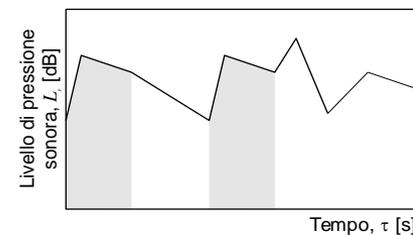
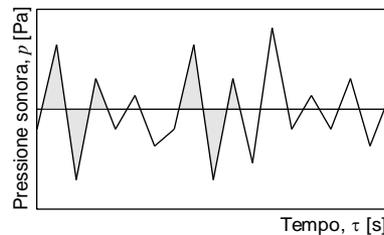
## Segnali transienti

(es. rumori da impatto)



## Segnali continui non stazionari

(es. martello pneumatico)

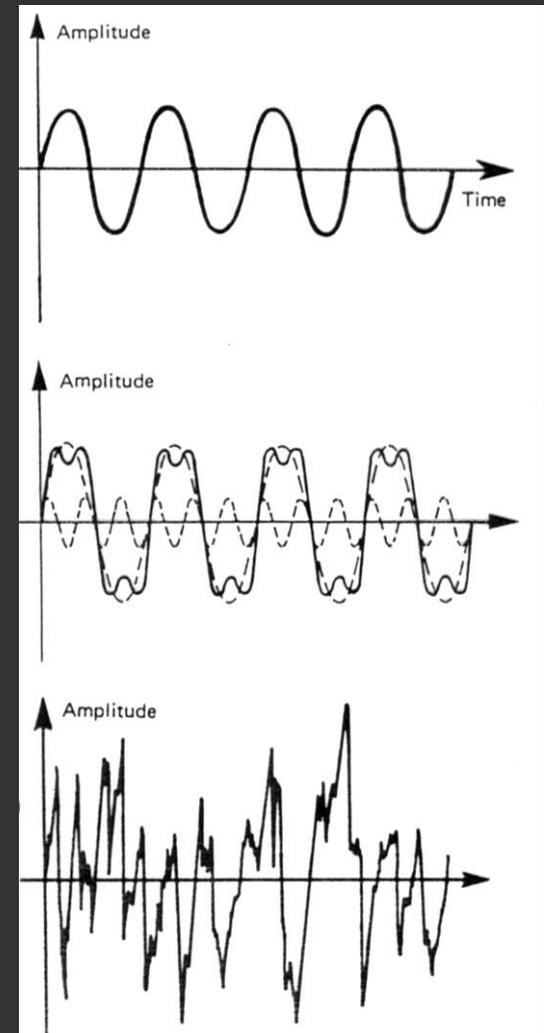


## Suoni puri e suoni complessi

Si dicono **suoni puri** o toni puri i suoni caratterizzati da un'onda di **una sola frequenza** (es. note strumenti musicali).

Nella realtà raramente i suoni sono puri, non sono caratterizzati da un'unica frequenza ma in essi possono essere individuate numerose componenti. Si parla di **suoni complessi**.

Se le componenti sono così numerose da costituire praticamente un continuo si parla di spettro a **larga banda**.



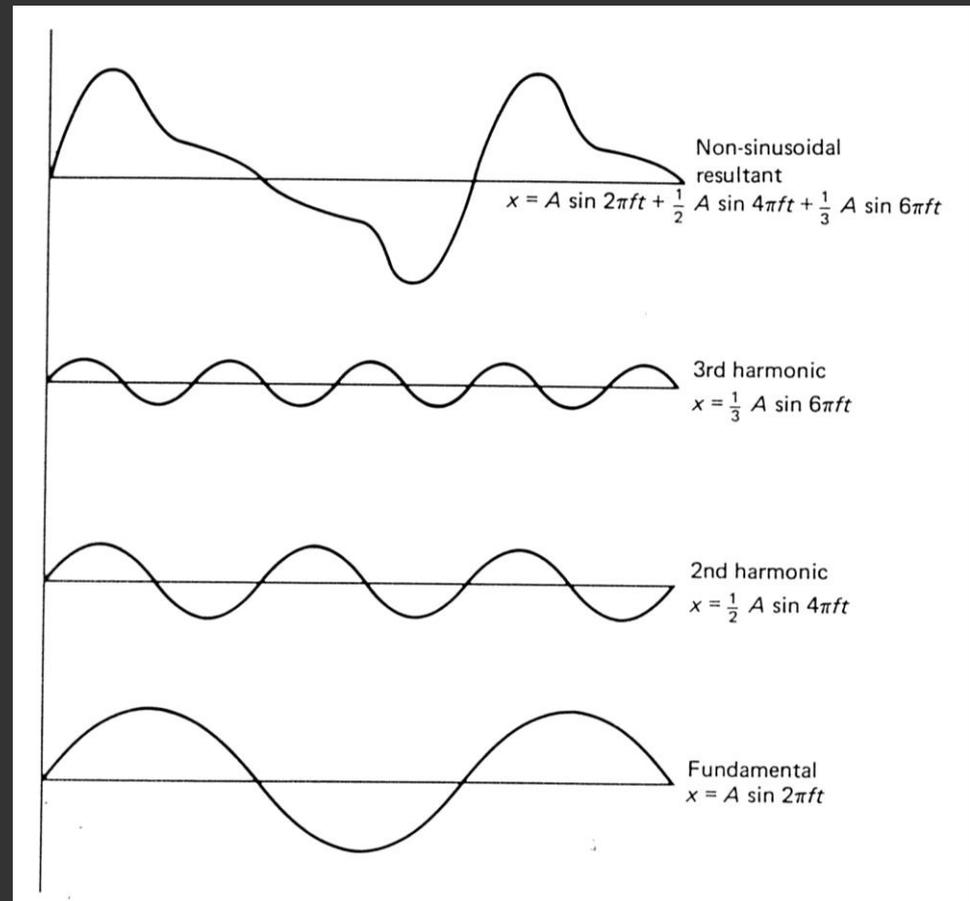
## La decomposizione di un segnale acustico in serie di Fourier

A partire da un suono complesso è possibile individuare le sue componenti tonali.

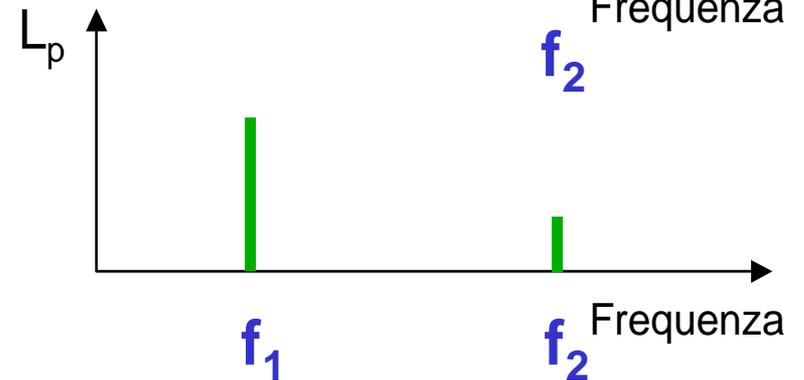
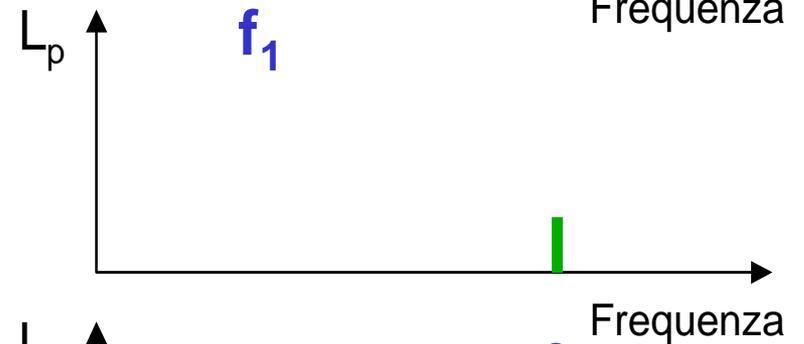
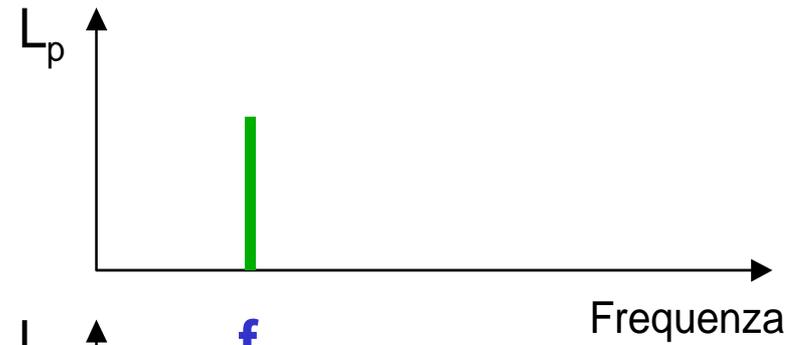
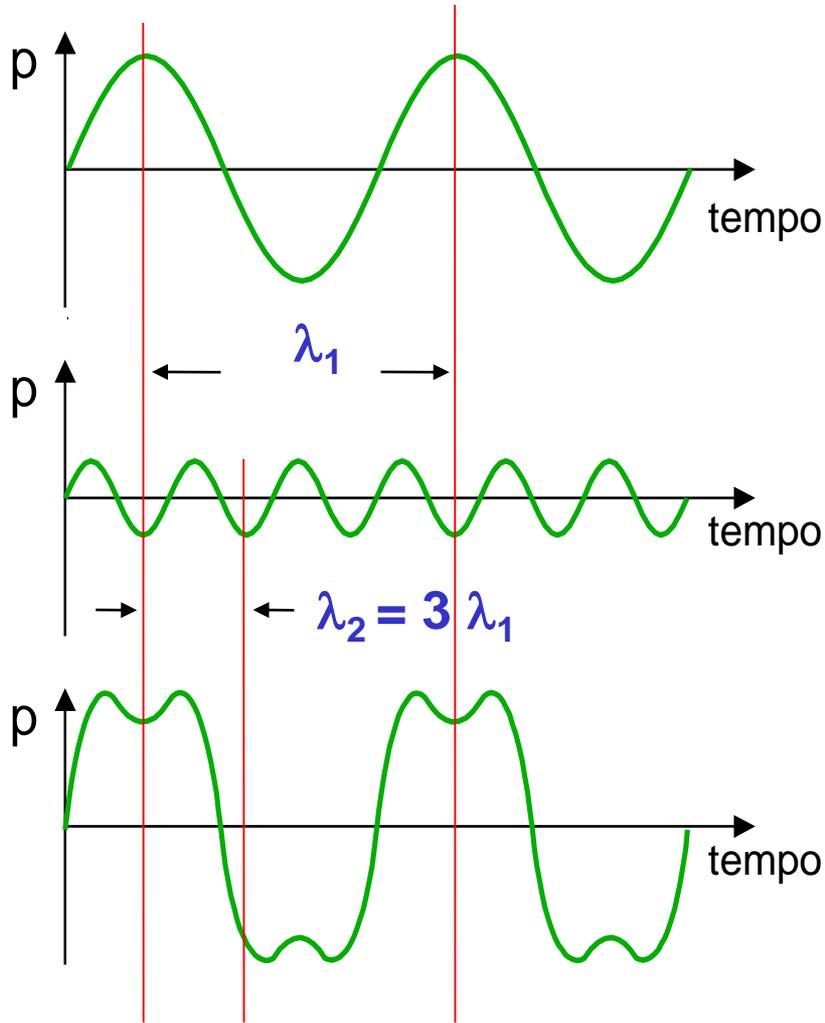
In termini matematici è possibile sviluppare in serie di Fourier la funzione che rappresenta un suono.

In alcuni casi la somma delle diverse componenti tonali porta esattamente al suono complesso considerato.

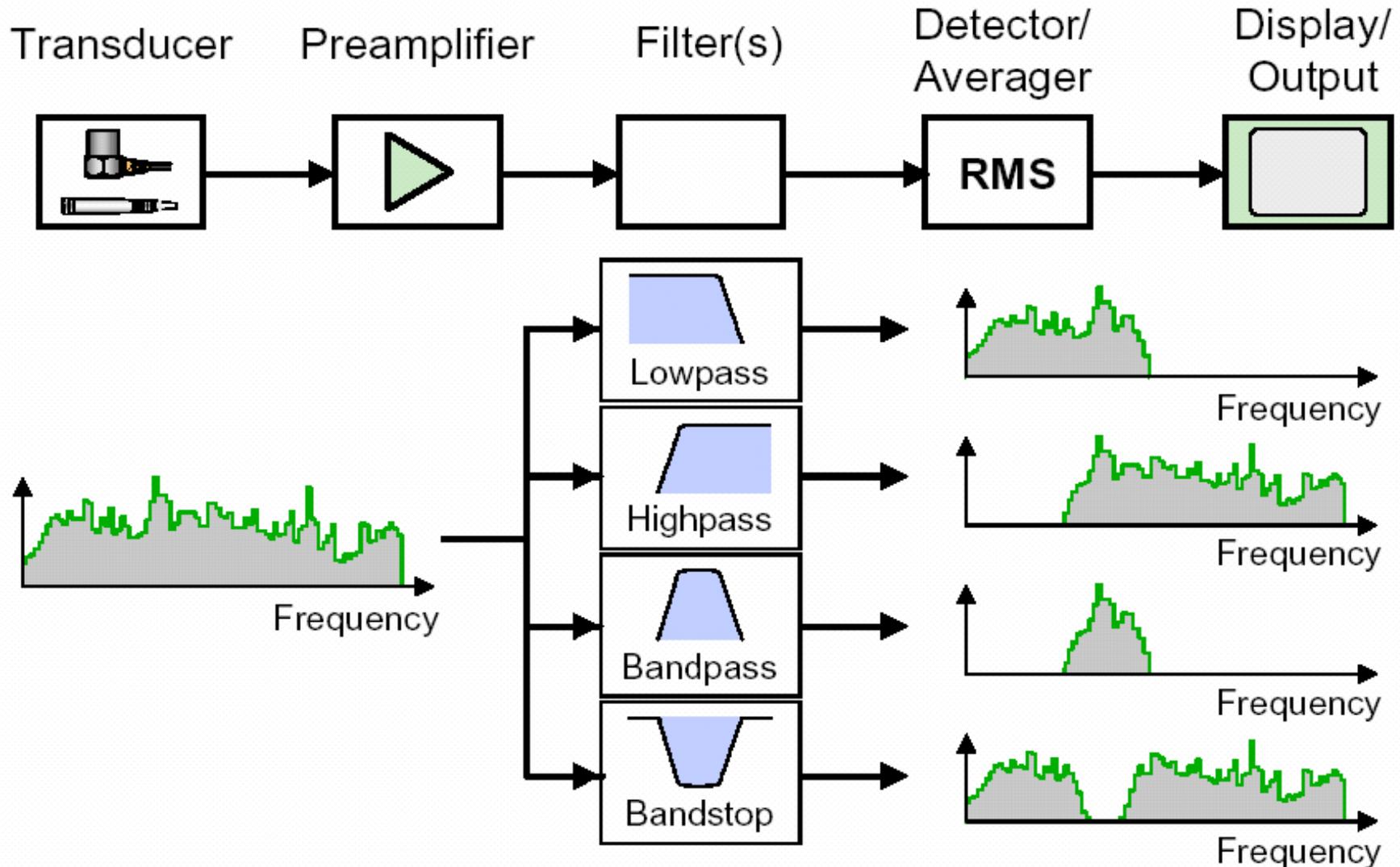
Si individuano così la prima, seconda, ..... armonica del suono, funzioni trigonometriche rispettivamente con frequenza crescente.



## Analisi in frequenza



# L'analisi di un suono complesso

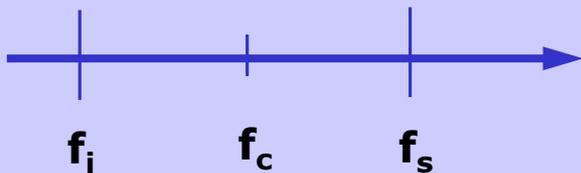


\*) *Root mean square* - valore efficace di un segnale (valore quadratico medio)

## Bande di frequenza

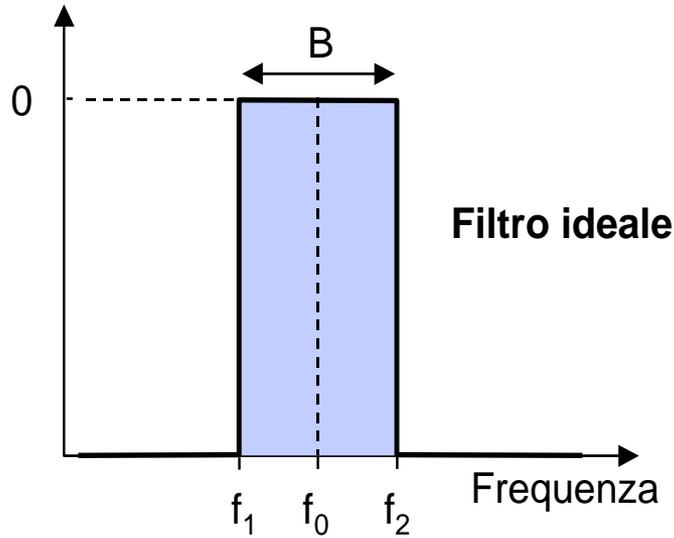
Il livello di pressione sonora può essere valutato con riferimento all'intero campo delle frequenze udibili: si parla di **livello globale di pressione sonora**

Quando è utile valutare **la distribuzione in frequenza** dell'energia sonora si ricorre all'**analisi spettrale**; si determina cioè il livello di pressione sonora entro intervalli contigui di frequenza che ricoprono l'intero campo di interesse. Questi intervalli vengono denominati in gergo **bande**.

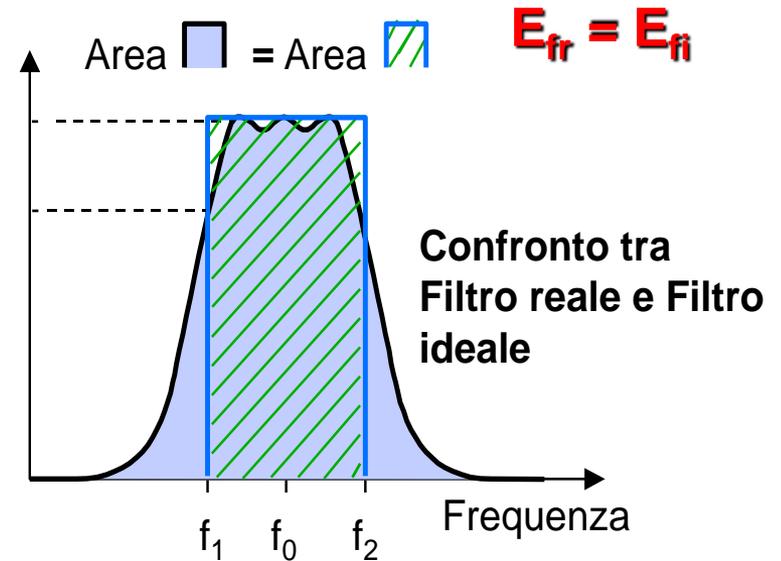
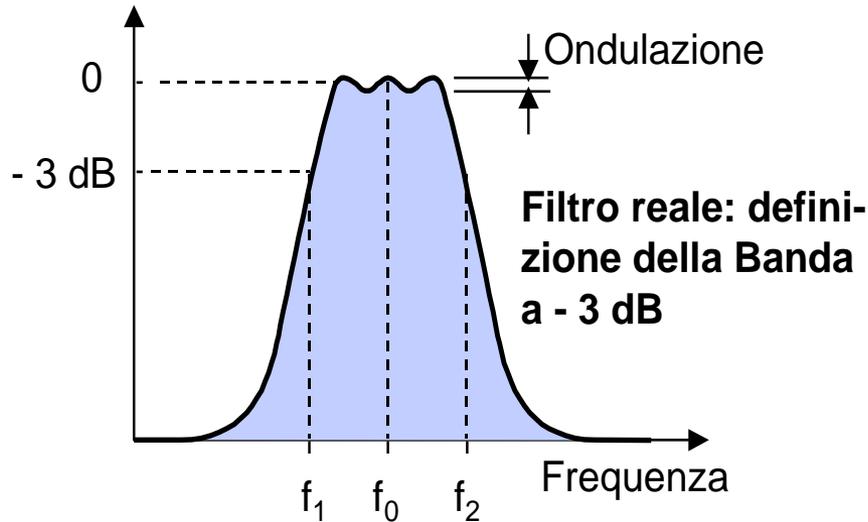


$f_s =$	<b>frequenza di taglio superiore</b>
$f_i =$	<b>frequenza di taglio inferiore</b>
$\Delta f = f_s - f_i$	<b>ampiezza di banda</b>
$f_c =$	<b>frequenza centrale o nominale</b>
$f_s / f_i =$	<b>intervallo di banda</b>

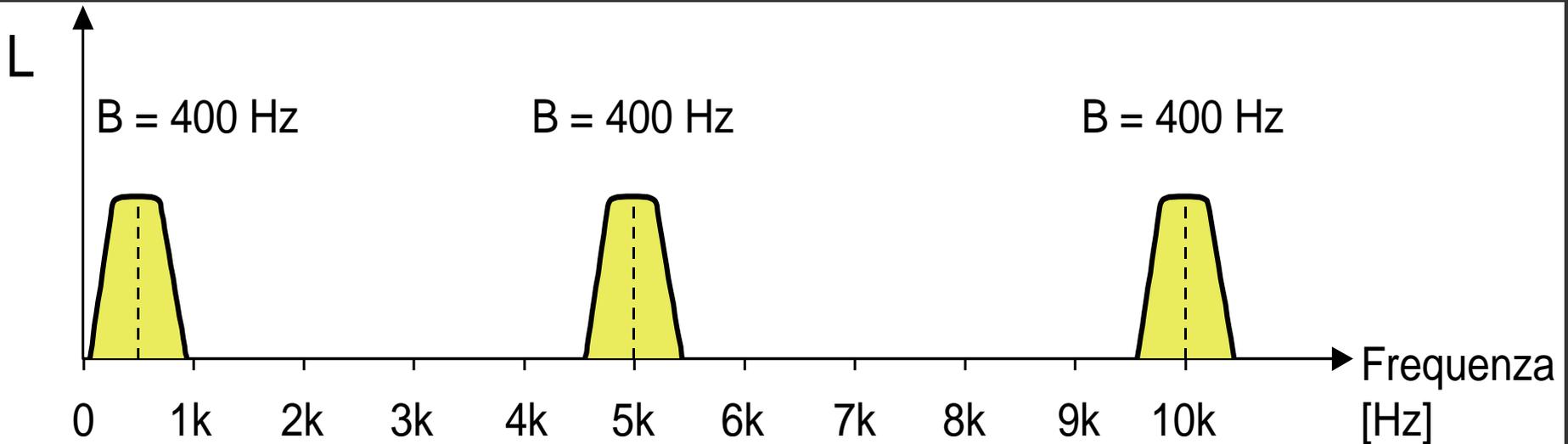
# I filtri



Banda =  $f_2 - f_1$   
 Centro Frequenza =  $f_0$

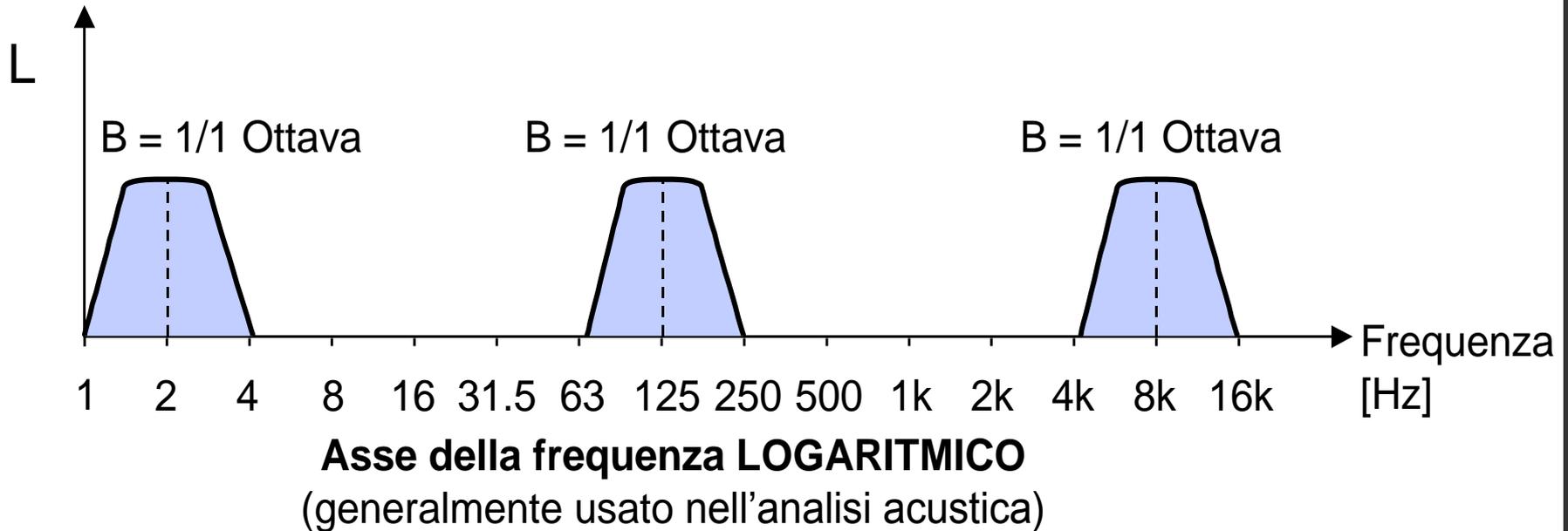


L'analisi dello spettro può essere fatta considerando intervalli con la stessa ampiezza (5 Hz, 1000 Hz, etc.) ossia ad **ampiezza di banda costante**



**Asse della frequenza LINEARE**  
(generalmente usato nell'analisi delle vibrazioni)

In alternativa l'analisi può essere effettuata con **ampiezza di banda percentuale costante**



**Banda d'ottava:**

$$f_s = 2 f_i$$

$$f_c = \sqrt{f_i f_s} = f_i \sqrt{2}$$

$$\frac{\Delta f}{f_c} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,71$$

**Banda di terzo d'ottava:**

$$f_2 = 2^{1/3} f_1$$

L'origine delle bande d'ottava è nel campo della musica. Infatti un intervallo tra due note di frequenza l'una doppia dell'altra è detto ottava. Si dice in questo caso che l'intervallo di banda  $f_1/f_2$  vale 2.

Nella musica classica si usano i suoni di frequenza compresa tra 30 e 4000 Hz. La tastiera del pianoforte presenta 8 ottave e la nota di riferimento è il LA 4 (della quarta ottava) corrispondente a 440 Hz.

Le bande d'ottava possono essere qualsiasi, l'ISO ha normalizzato le bande da adottare nell'analisi dei suoni. Si è diviso lo spettro sonoro in modo che una banda avesse come frequenza nominale 1000 Hz.

Le bande di terzi d'ottava sono state definite in modo da inserire tre bande in ogni banda di ottava.

## Bande di ottava

frequenza nominale $f_c$ [Hz]	frequenza inferiore $f'$ [Hz]	frequenza superiore $f''$ [Hz]
31,5	22,4	45
63	45	90
125	90	180
250	180	355
500	355	710
1000	710	1400
2000	1400	2800
4000	2800	5600
8000	5600	11200



