



Suono e spettro



Spettro

Lo **spettro** di un suono ne caratterizza il **timbro**, ossia quell'insieme di proprietà che determinano la distinzione tra due suoni anche a parità di ampiezza e frequenza.

Quindi la voce umana, una chitarra e un pianoforte avranno un **timbro** diverso. Infatti anche emettendo la stessa nota, questi possono essere distinti con facilità.

La caratterizzazione è data dal numero e dal contributo delle varie frequenze nello spettro (diverse da quella che contribuisce maggiormente). Il timbro può essere usato per identificare il tipo della sorgente sonora.



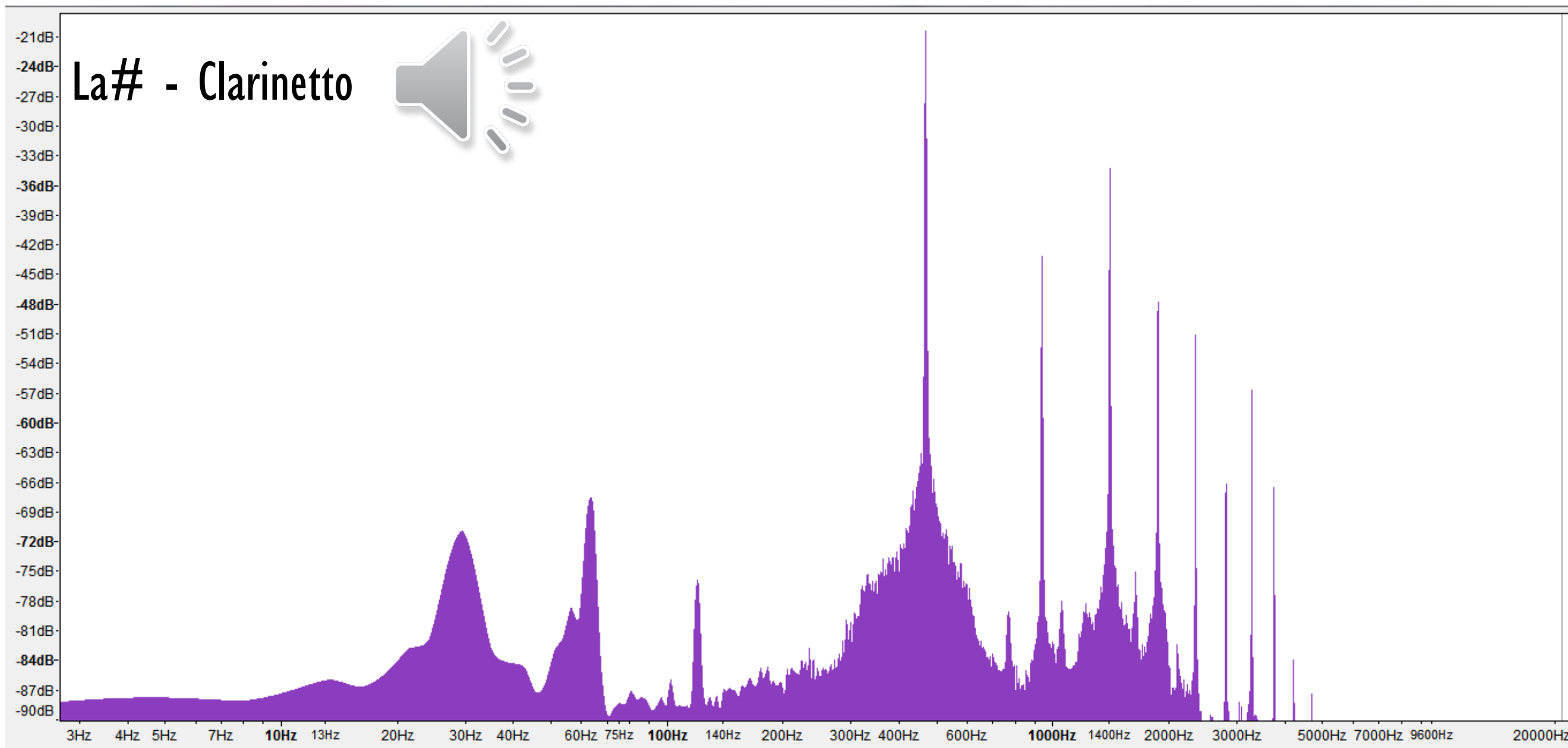
Spettro - Esempi

Ricordiamo che lo spettro è molto utile per la descrizione di suoni **complessi**. Tutti i fenomeni visti che interessano frequenza, ampiezza e lunghezza d'onda, continuano a valere. Ovviamente si applicheranno alle singole componenti.

Ad esempio la **diffrazione** si verificherà comunque, interessando maggiormente le lunghezze d'onda più grandi e meno quelle più piccole, producendo difatti una distorsione.

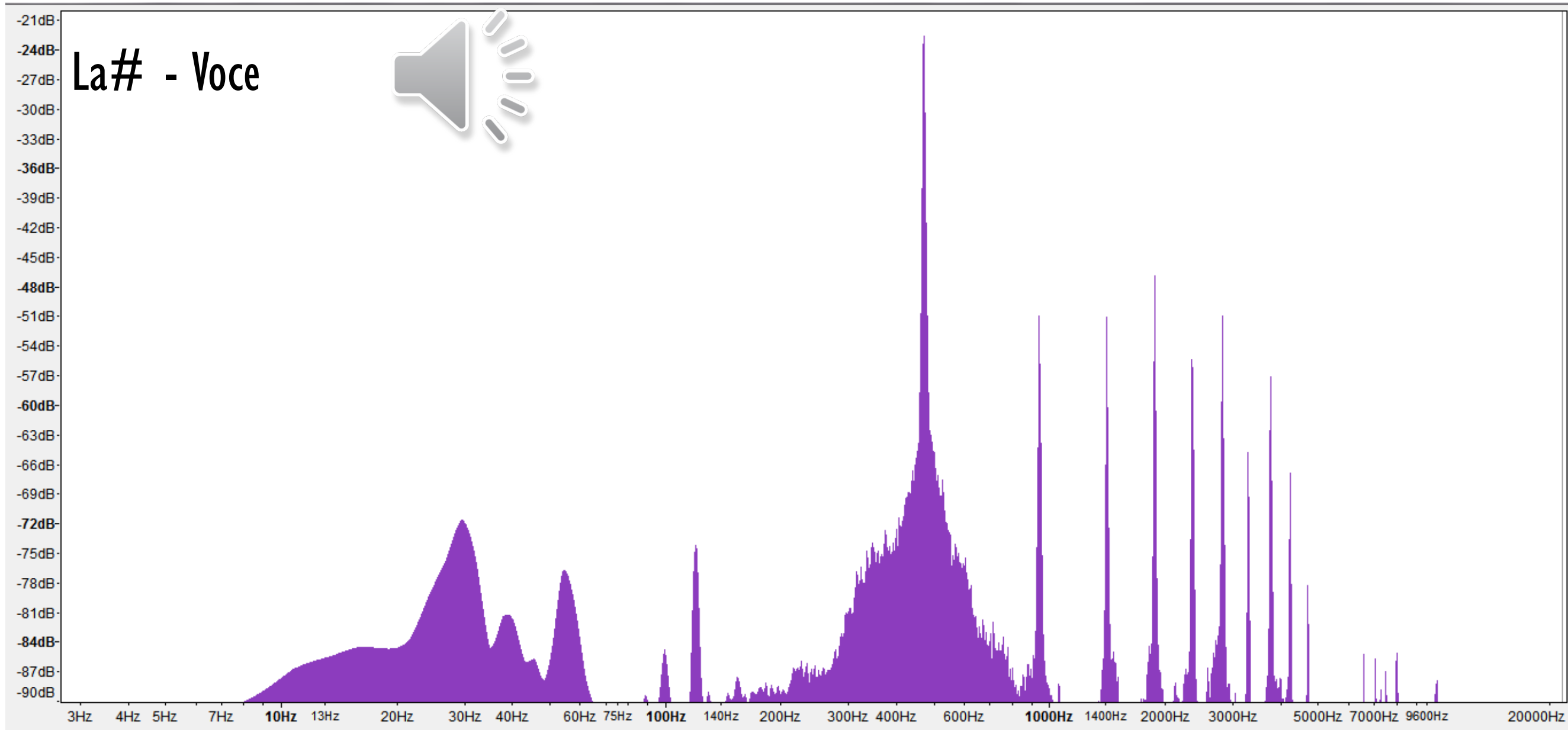


Spettro - Esempi





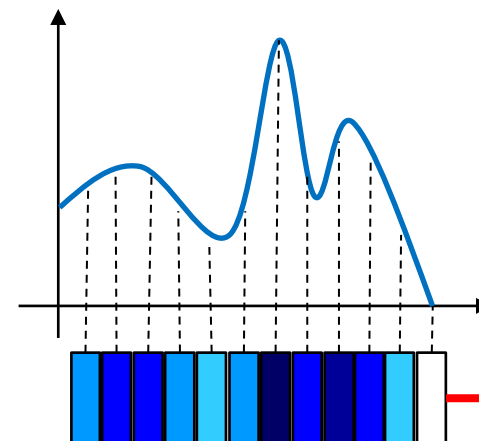
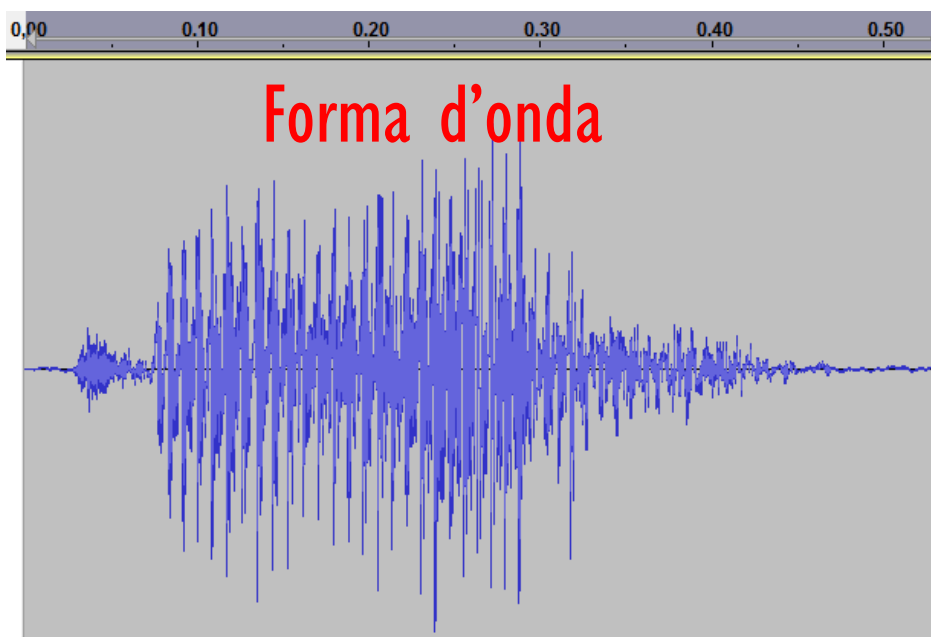
Spettro - Esempi



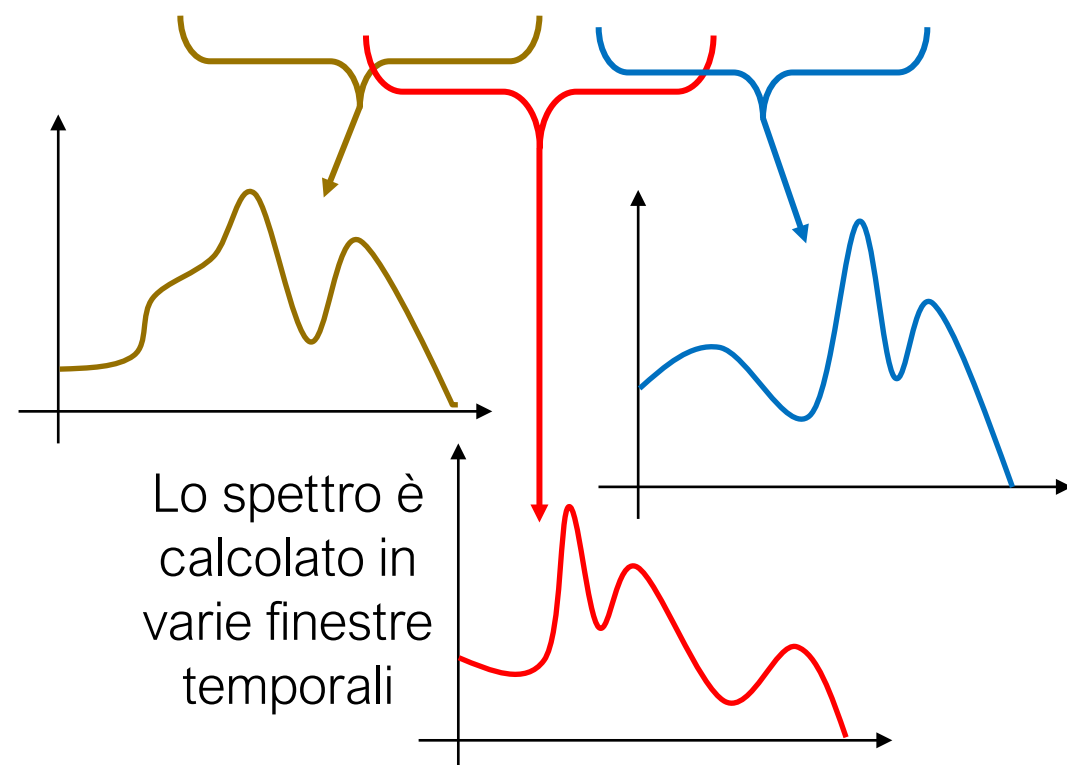


Altre rappresentazioni dello spettro

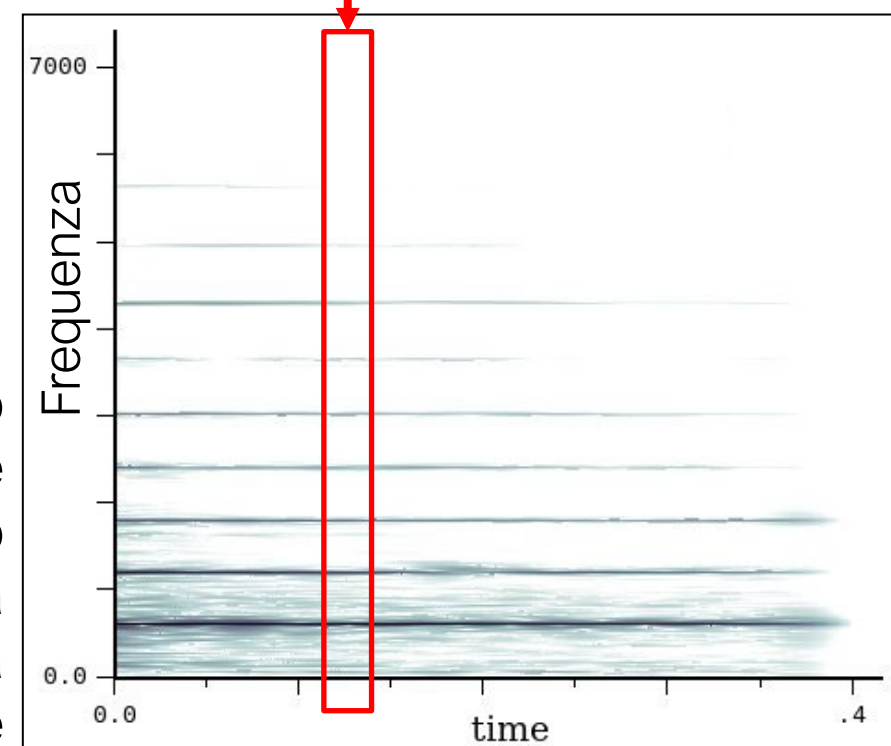
Spettro (continuo)



Se lo vedessimo... dall'alto
Colori più scuri → Valori più alti
Colori più chiari → Valori più bassi



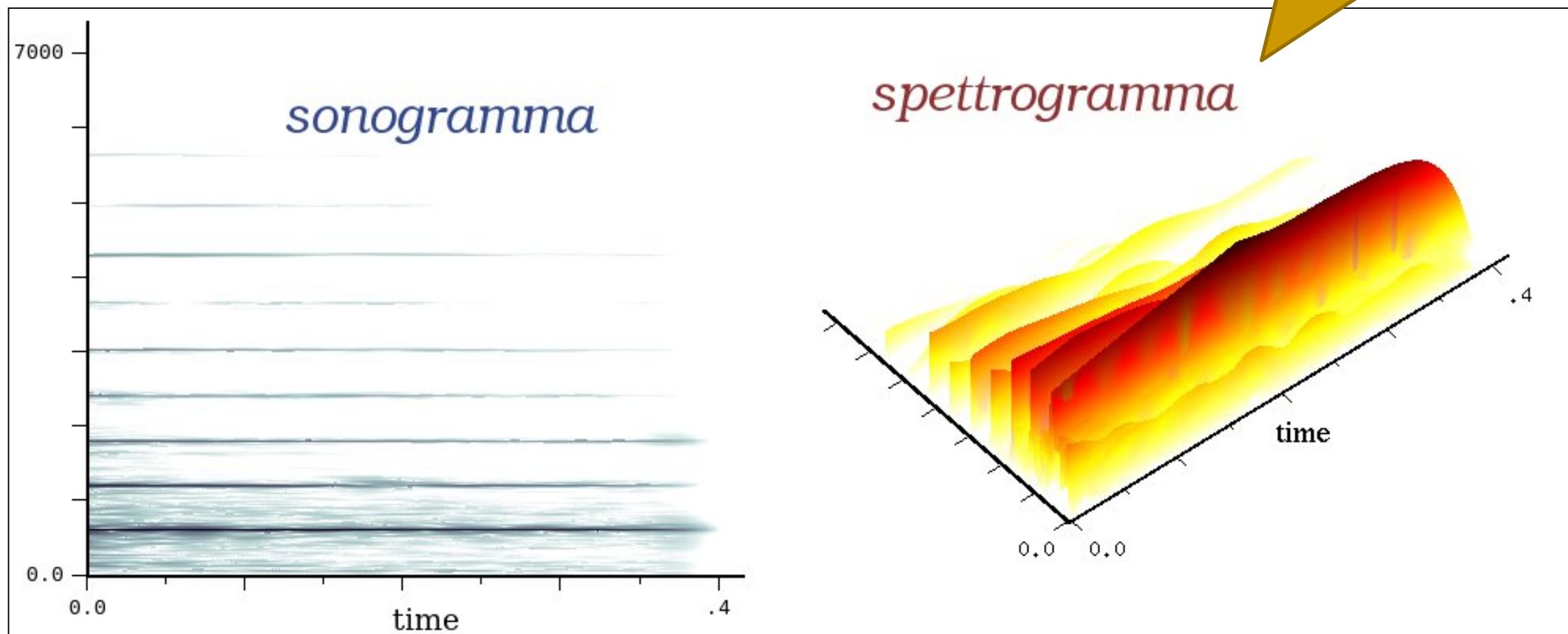
Ogni *colonna* nello spettrogramma è relativa ad uno spettro calcolato da una finestra temporale





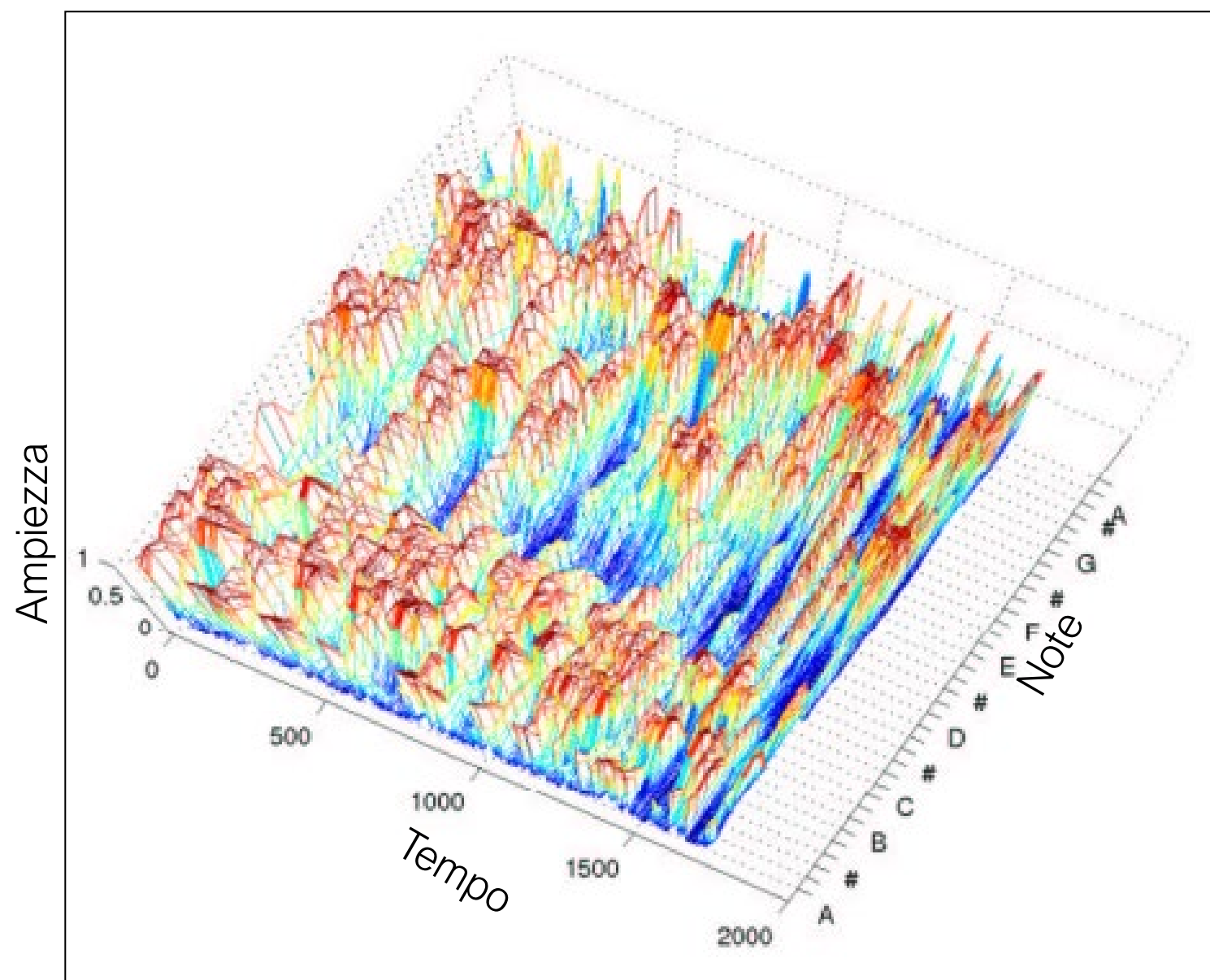
Altre rappresentazioni dello spettro

Sonogramma e
Spettrogramma
sono sinonimi





Altre rappresentazioni dello spettro





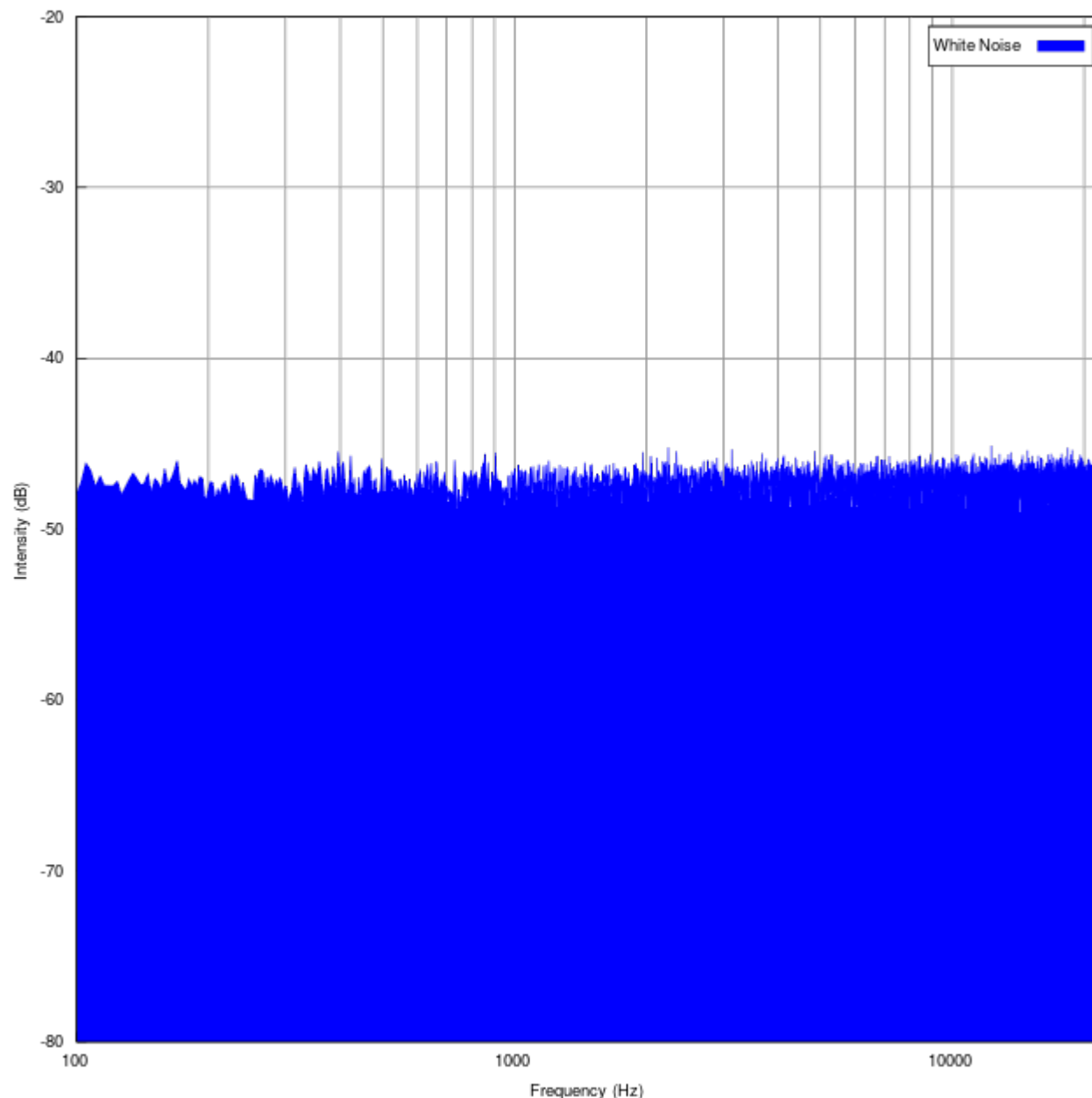
Spettro – Rumori colorati

Il **rumore**, in generale, è un segnale non desiderato e imprevedibile, che sommandosi ad altri segnali, li distorce in maniera più o meno intensa. Poiché nella maggior parte dei casi non è voluto, si cerca di attenuarlo il più possibile.

Tuttavia nell'acustica, esistono particolari onde sonore, con uno **spettro** ben noto che vengono chiamati *rumori*, ma solo perché caratterizzati da una componente *aleatoria*. In realtà questi *rumori* vengono studiati e utilizzati in maniera vantaggiosa. Vedremo il **rumore: bianco, rosa, marrone, blu, viola e grigio**.



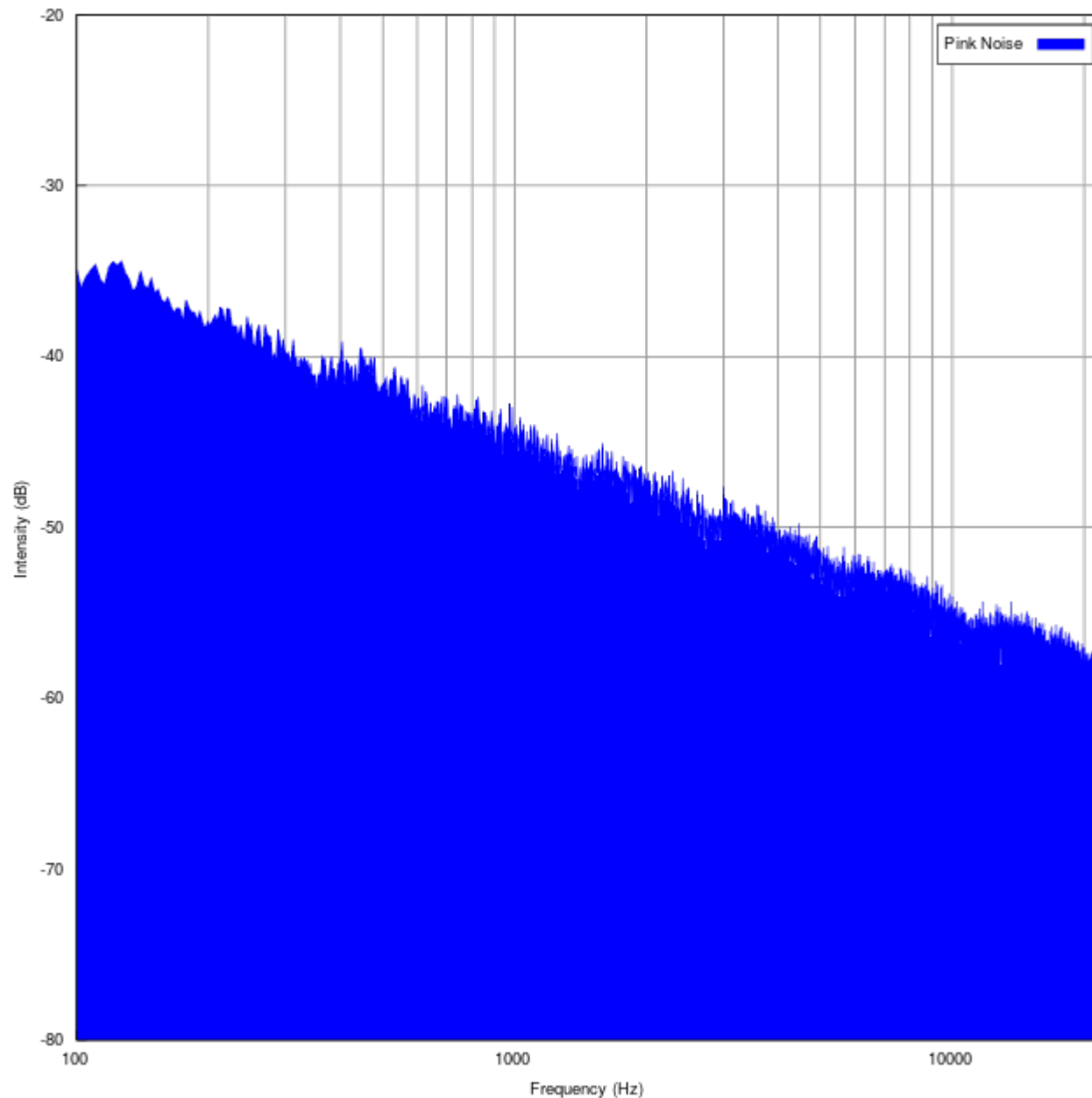
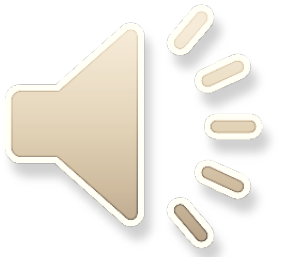
Rumore bianco



- Caratterizzato da valori di ampiezza del tutto casuali rispetto al tempo, e costanti rispetto alle frequenze (solo idealmente). **I valori seguono una legge di probabilità uniforme.**
- Esiste solo teoricamente, ma può essere approssimato digitalmente o osservando fenomeni naturali aleatori.
- Usi: test per la risposta in frequenza dei sistemi acustici, generazione di numeri casuali, rilassamento.



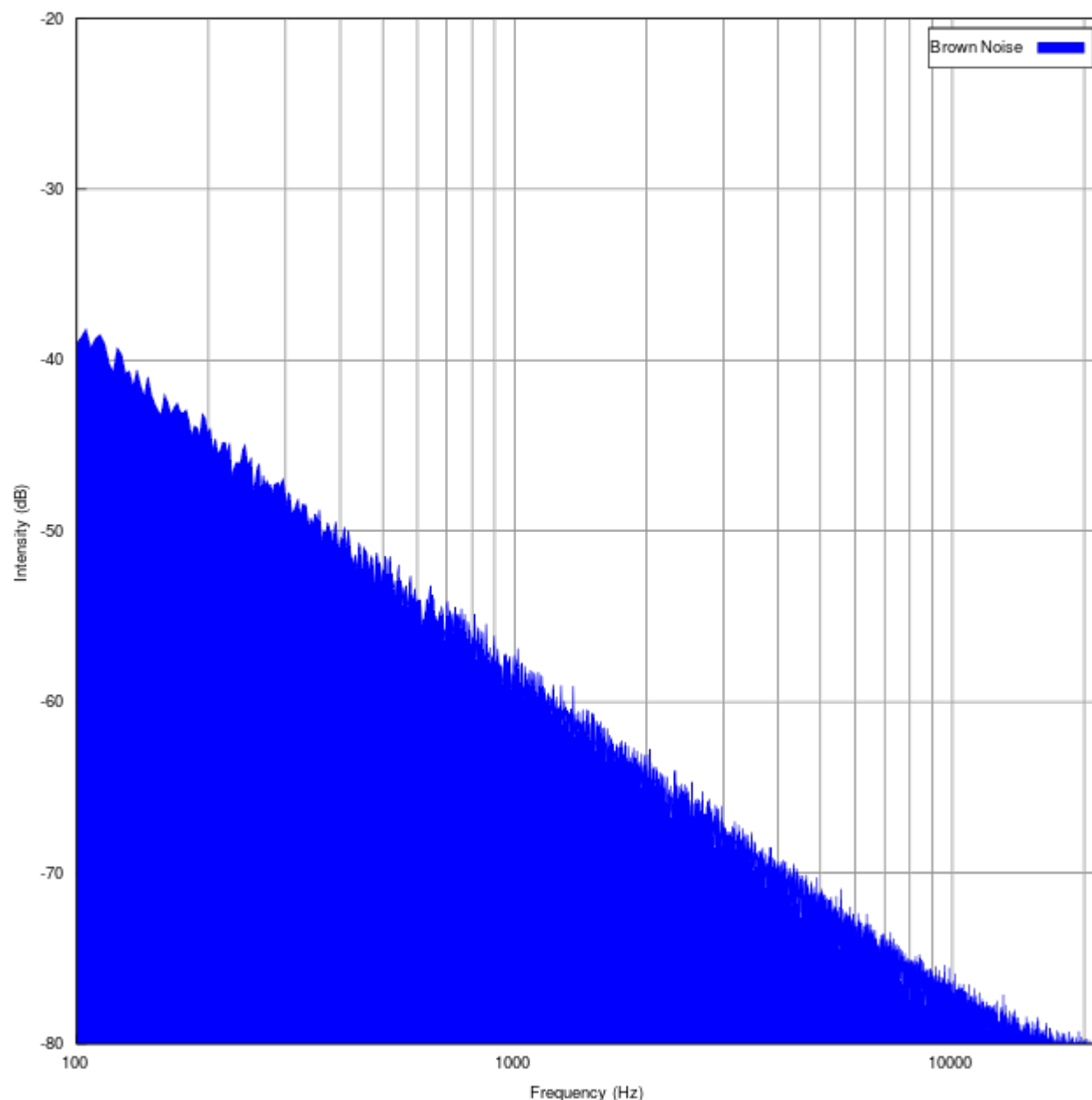
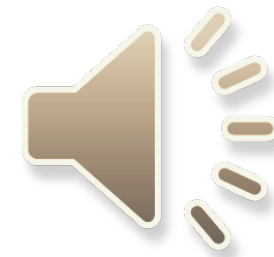
Rumore rosa



- Lo spettro presenta una relazione inversamente proporzionale tra frequenza e ampiezza.
- In particolare l'intensità si dimezza quando raddoppia la frequenza. Questo corrisponde ad un **decremento di 3 dB_{SIL} per ottava**.
- Generato da fenomeni naturali, a livello acustico ricorda il suono della pioggia. Viene usato come modello per l'equalizzazione della musica, cioè per amplificare maggiormente frequenze più basse e meno le alte.



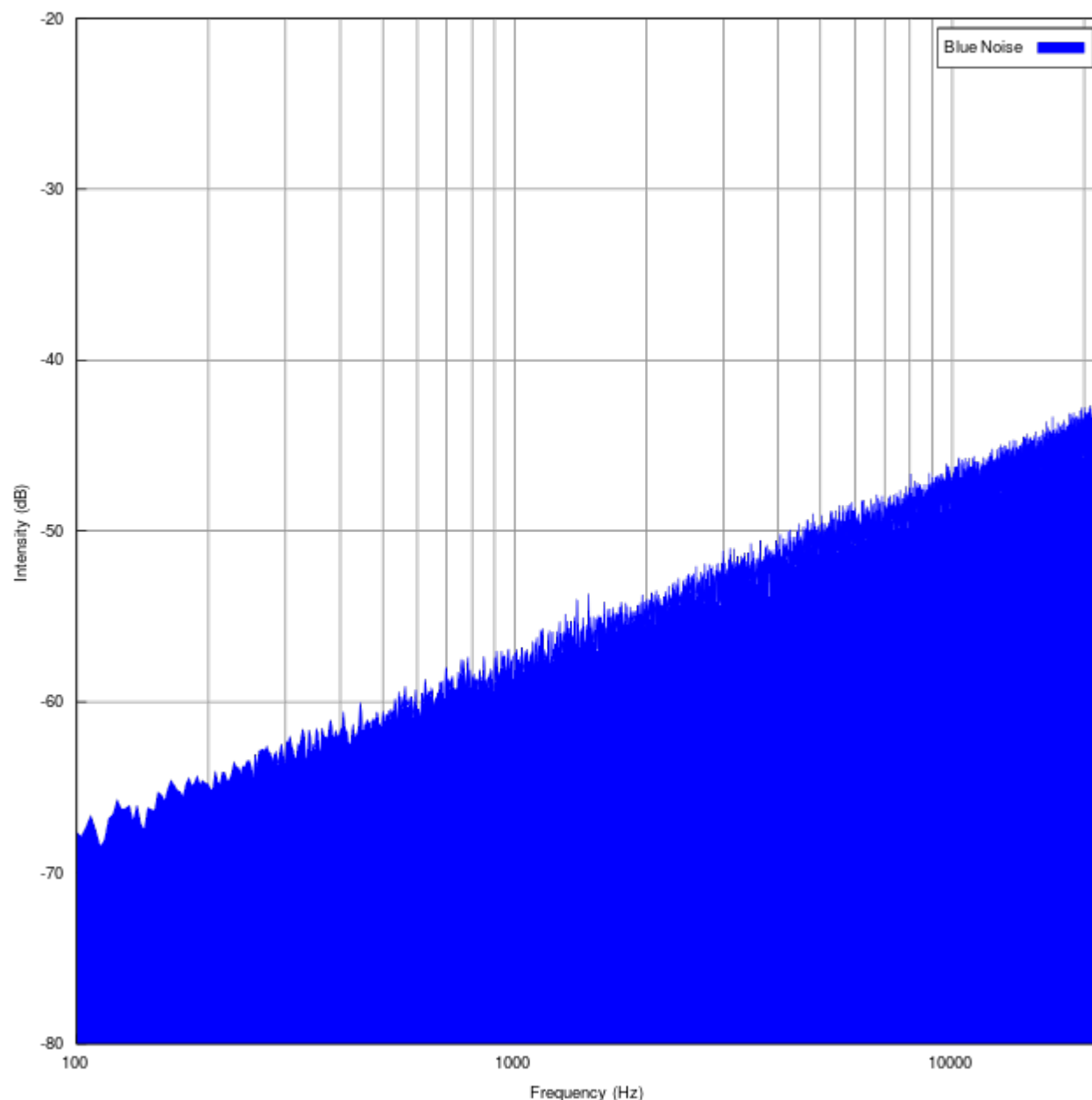
Rumore marrone



- Come il rumore rosa lo spettro presenta un relazione inversamente proporzionale tra frequenza e ampiezza.
- L'intensità si riduce però di un quarto quando raddoppia la frequenza. Questo corrisponde ad un **decremento di 6 dB_{SIL} per ottava**. Il decremento è quindi più rapido rispetto al rumore rosa.
- Segue la legge del moto Browniano delle particelle di un fluido. Ricorda il fragore delle cascate d'acqua.



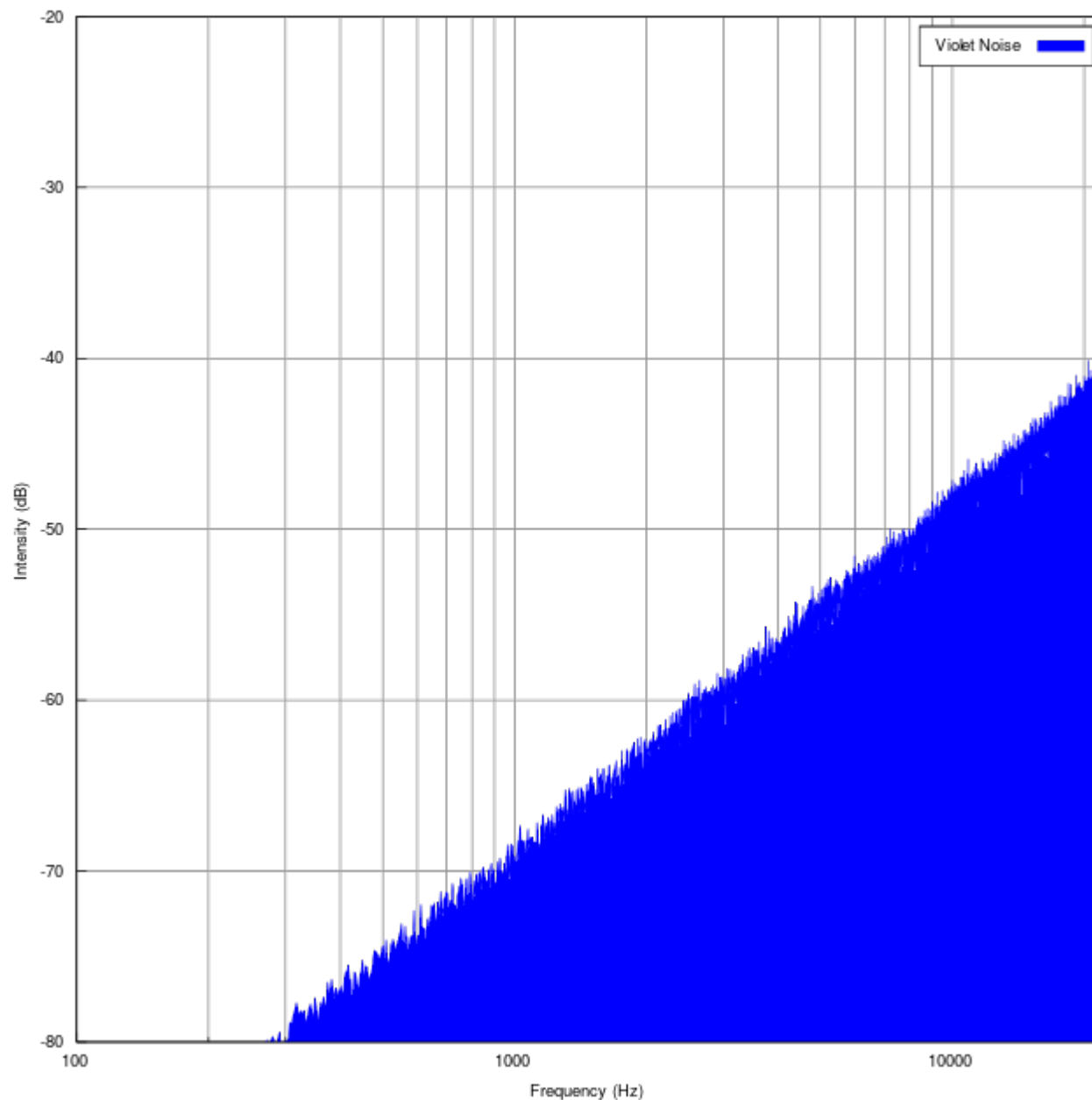
Rumore blu



- Lo spettro presenta una relazione direttamente proporzionale tra frequenza e ampiezza.
- In particolare si ha un **incremento di 3 dB_{SIL} per ottava**. E' quindi speculare al rumore rosa.
- Un rumore casuale con questo spettro è adatto al Dithering, un processo di riduzione della distorsione introdotta dalla *quantizzazione*.



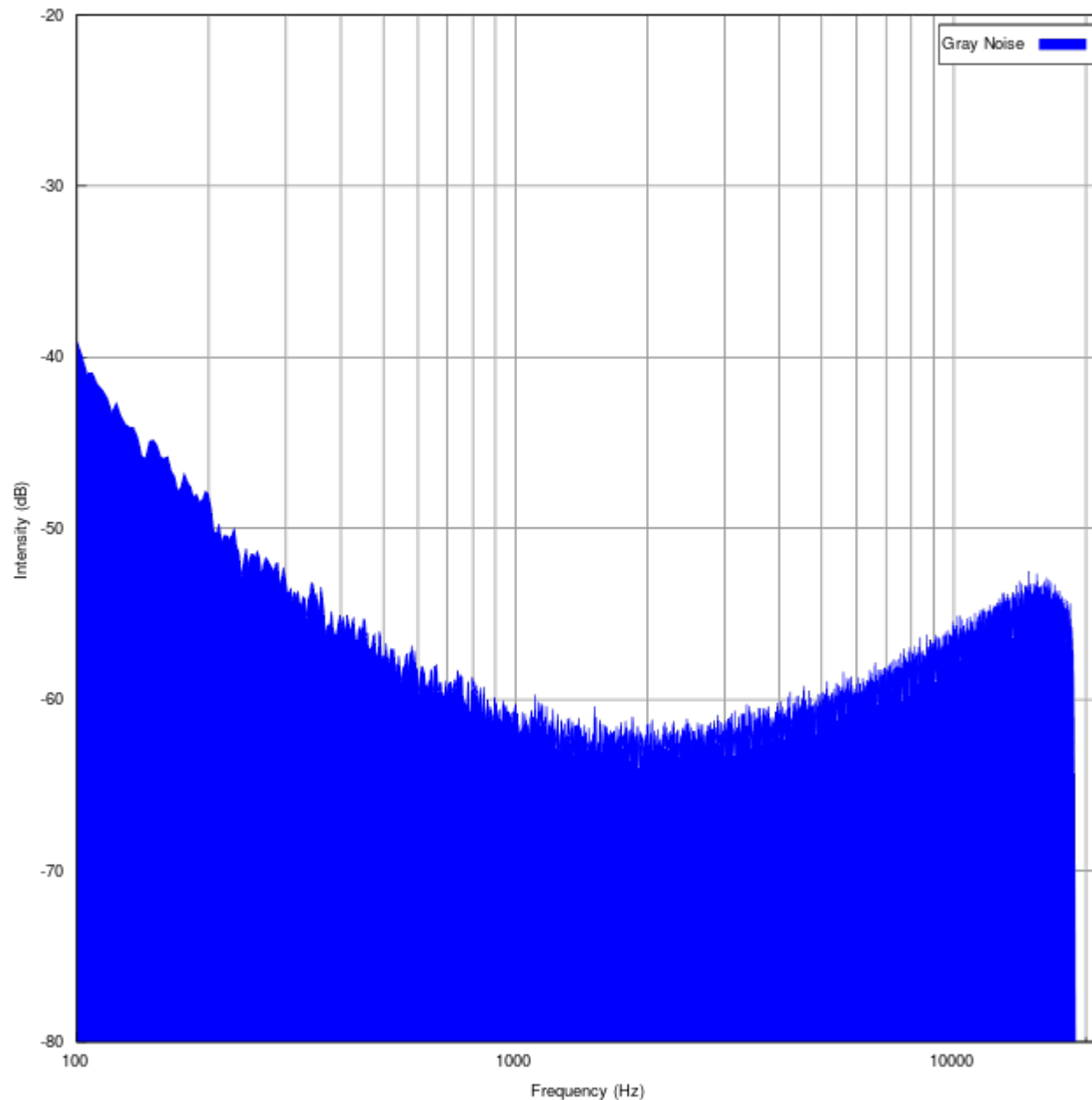
Rumore viola



- Come nel rumore blu lo spettro presenta un crescita in intensità all'aumentare della frequenza.
- Si ha un **incremento di 6 dB_{SIL} per ottava**, più grande rispetto al rumore blu. E' speculare al rumore marrone.
- Il rumore viola è un segnale adatto al trattamento degli acufeni (disturbi uditivi). Il suono prodotto ricorda quello di un getto di vapore.



Rumore grigio



- Caratterizzato da valori di ampiezza del tutto casuali come tutti gli altri rumori.
- Lo spettro segue le curve isofoniche. Viene utilizzato per equalizzare i segnali audio in modo tale che tutte le frequenze vengano percepite allo stesso volume da parte di un ascoltatore umano.



Timbro percepito (dal testo)

- Il timbro descrive la *qualità* di un suono, cioè quel parametro che permette di distinguere due suoni con la stessa altezza e volume
 - Il principale determinante fisico del timbro è la forma d'onda, cioè il contenuto armonico del suono (involuppo, transitori, e fenomeni di vibrato/tremolo)
 - Il contenuto armonico è particolarmente importante per il timbro soprattutto per suoni che rimangono costanti (sostenuti)
 - Nella lingua parlata, quali suoni possono essere sostenuti?



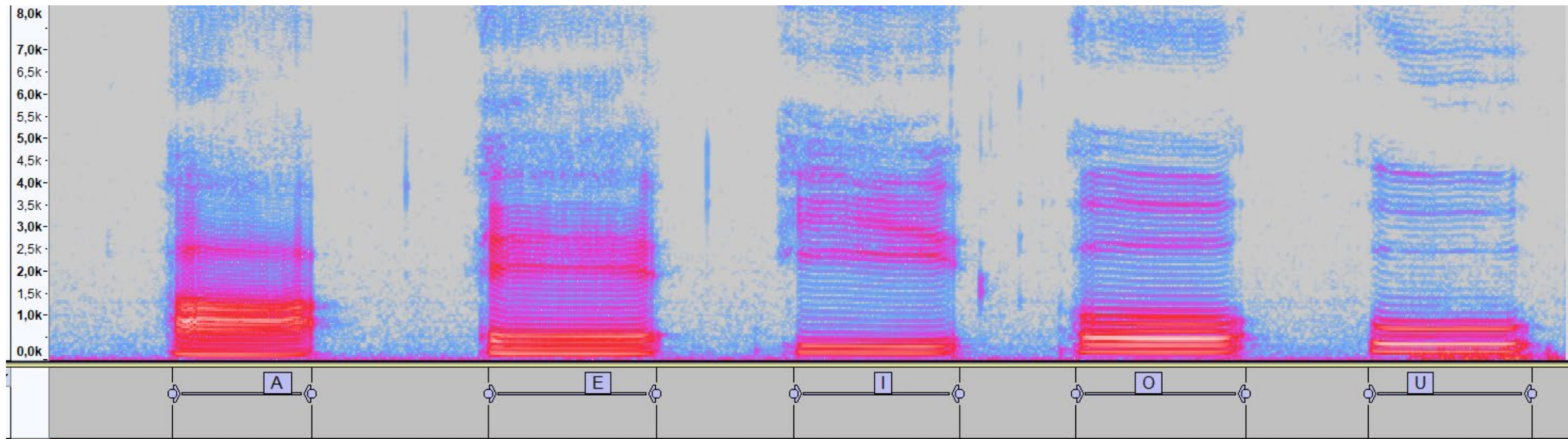
Timbro percepito

Le formanti delle vocali

- Le vocali (a differenza delle consonanti) possono essere sostenute
- Il contenuto armonico delle vocali è caratterizzato dalle **formanti**: specifiche distribuzioni di energia sulle frequenze, che caratterizzano ciascuna vocale



Spettrogramma vocali



- Osservare le principali regioni delle frequenze formanti:
 - A: 800-1200 Hz
 - E: 400-600 Hz e 2200-2600 Hz
 - I: 200-400 Hz e 3000-3500 Hz
 - O: 400-600 Hz
 - U: 200-400 Hz