



Psicoacustica

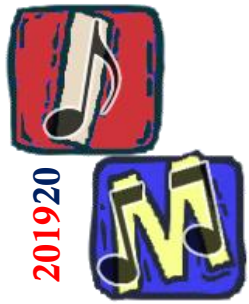
Parte 3

Prof. Filippo Milotta
milotta@dmi.unict.it



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

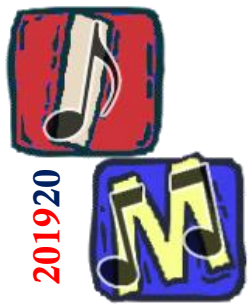
- Le vocali (a differenza delle consonanti) possono essere sostenute
- Il contenuto armonico delle vocali è caratterizzato dalle **formanti**: specifiche distribuzioni di energia sulle frequenze, che caratterizzano ciascuna vocale
- Esercizio 2.6.3 →



Esercitazione Pratica

(dal testo)

- 2.6.3 – Registrare una vocale e individuare le formanti
In un editor audio registrare in successione le vocali usando un microfono
 - Visualizzare la traccia come sonogramma
 - 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



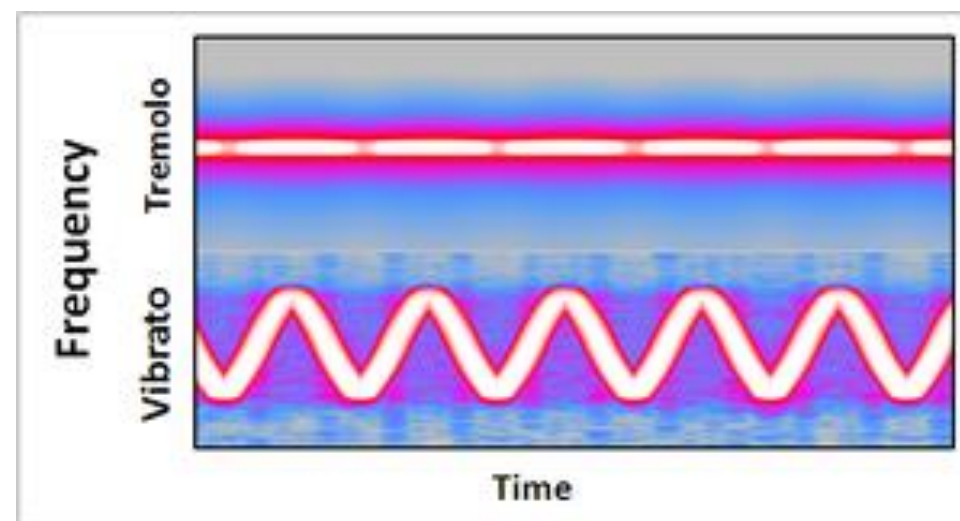
Timbro percepito

Vibrato e Tremolo

- Oltre che dai transitori e dal contenuto armonico, i contributi fondamentali al timbro possono essere modificati dall'eventuale presenza di vibrato / tremolo
- **Vibrato:**
 - Variazione periodica dell'altezza di una nota (modulazione di frequenza)
- **Tremolo:**
 - Variazione periodica dell'ampiezza di una nota (modulazione di ampiezza)



Esempi audio di vibrato
su Wikipedia



Esempi audio di tremolo
su Wikipedia



Risoluzione in Frequenza

- L'orecchio ha un funzionamento tonotopico
- In teoria, ogni zona dell'orecchio dovrebbe rilevare una specifica frequenza, tuttavia
 - I suoni che giungono all'organo di Corti non sono mai perfettamente puri
 - La zona di attivazione sulla membrana basilare non è puntiforme:
 - Più frequenze ricadono nella stessa regione
- Si parla allora di Risoluzione in Frequenza
 - Capacità discriminativa del sistema uditivo

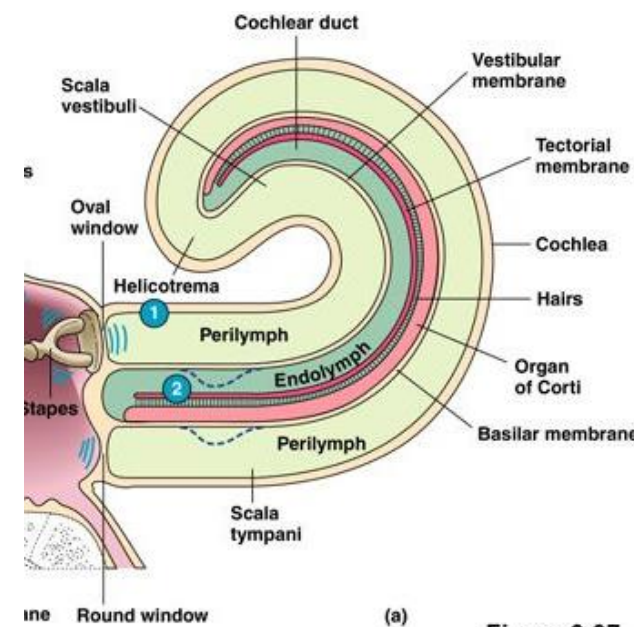


Figure 6-37



Mascheramento e Banda Critica

(dal testo)

- Come calcolare l'ampiezza di banda dei filtri uditivi?
 - Il fenomeno psicoacustico che permette la rilevazione è detto **Mascheramento**
 - Un segnale forte maschera un segnale debole
 - Un effetto simile è la **Cattura**, che si verifica nella radio
- L'ampiezza di banda con cui lavorano i filtri uditivi ha assunto il nome di **banda critica** (Fletcher...)



Mascheramento e Banda Critica

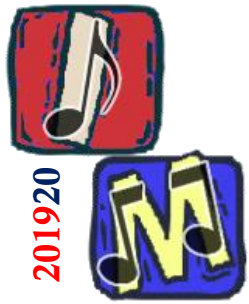
(dal testo)

- Un piccolo esempio:
 - Dato un tono a 2kHz, qual è la sua banda critica?
 - Generiamo un rumore composto da un insieme di frequenze in un intervallo centrato su 2kHz e raggio variabile
 - Cioè avente banda variabile attorno al tono 2kHz
 - Variazioni dell'intensità sonora del suono originale sono apprezzabili solo con rumori aventi larghezza di banda inferiore a 250Hz
 - Pertanto, la larghezza di banda critica del segnale da 2kHz è 250Hz



Esercitazione Pratica (dal testo)

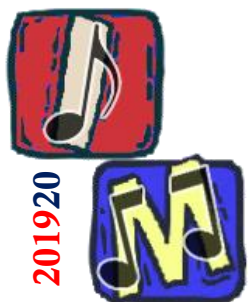
- 2.6.4 – Mascheramento nelle bande critiche
In un editor audio generare i seguenti segnali
 - [T] Tono puro da 2000Hz, ampiezza 0.2
 - [R] Rumore bianco (banda larga), ampiezza 0.8
 - Testare il mascheramento in questi vari test
 - Riducendo l'ampiezza di T gradualmente fino a -30dB
 - Duplicando R e filtrandolo con questi filtri:
 - [R1] Passa-alto=1500, Passa-Basso=2500 (Banda=1kHz)
 - [R2] Passa-alto=1875, Passa-Basso=2125 (Banda=250Hz)
 - [R3] Passa-alto=1995, Passa-Basso=2005 (Banda=10Hz)



Mascheramento e Banda Critica

(dal testo)

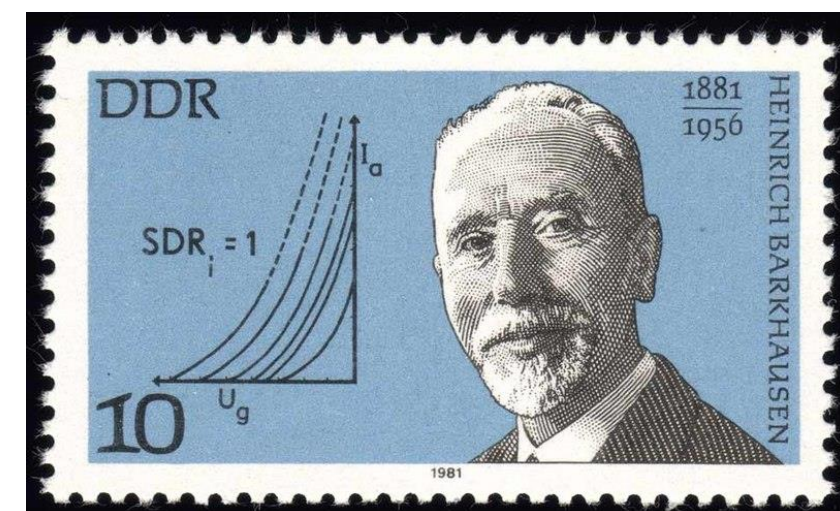
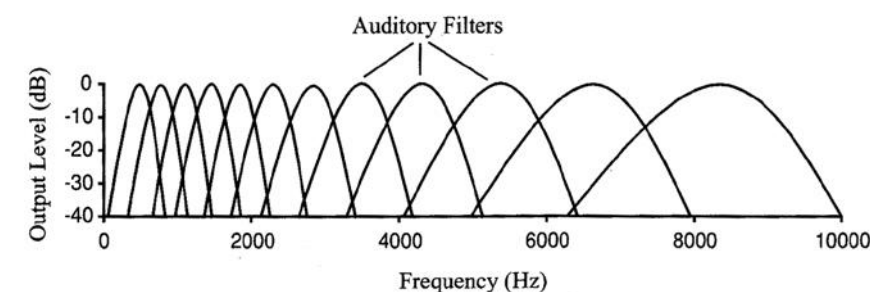
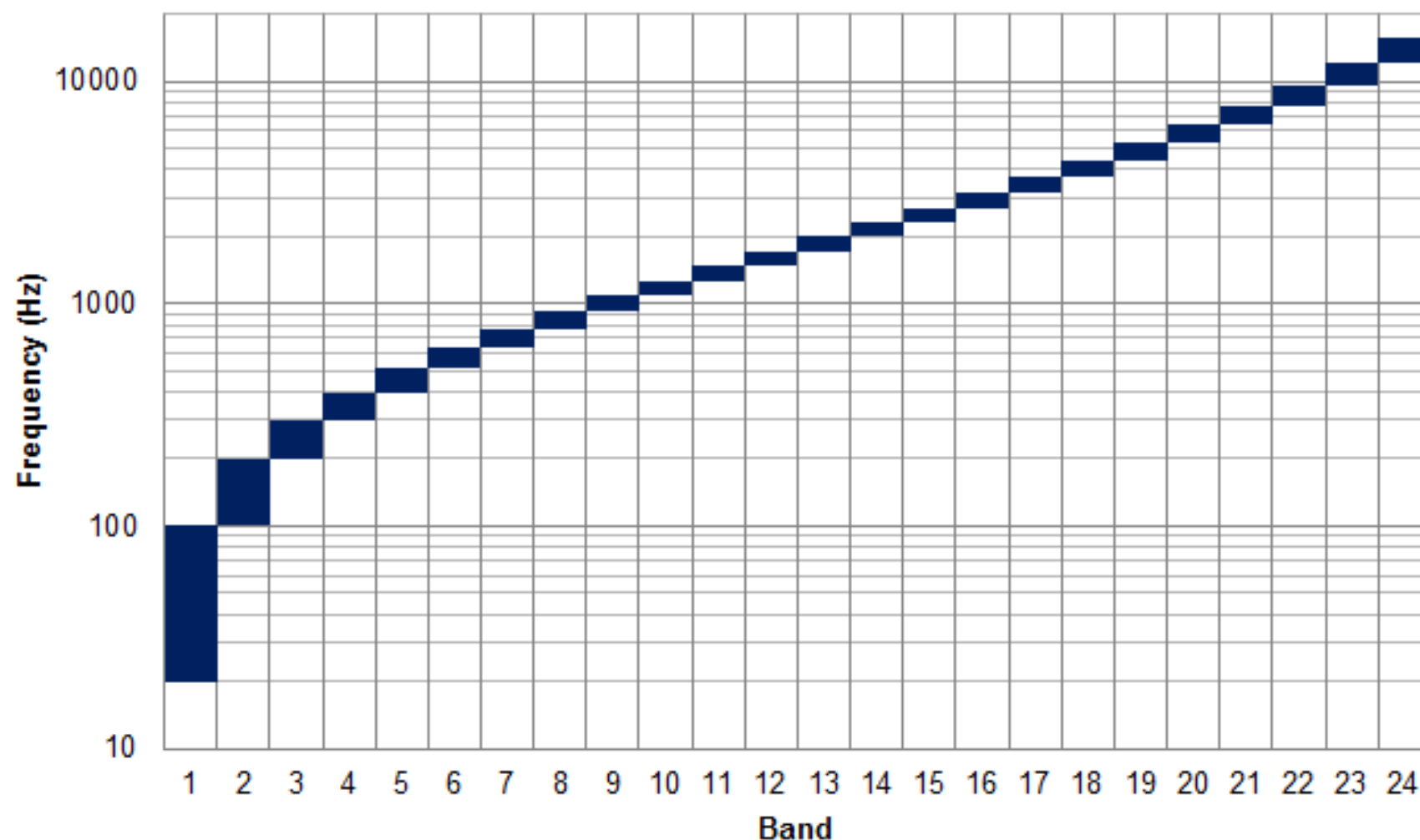
- Le bande critiche hanno larghezza di banda variabile, a seconda della frequenza
 - Frequenza $< 500\text{Hz}$
 - Larghezza di banda critica: circa 100Hz
 - Frequenza $> 500\text{Hz}$
 - Larghezza di banda critica: circa 20% della Frequenza
 - Frequenze molto alte
 - Larghezza di banda critica: circa 6500Hz

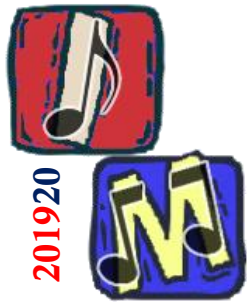


Mascheramento e Banda Critica

Scala di Bark

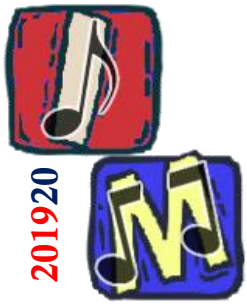
- L'intera gamma delle frequenze udibili viene ripartita in 24 bande critiche





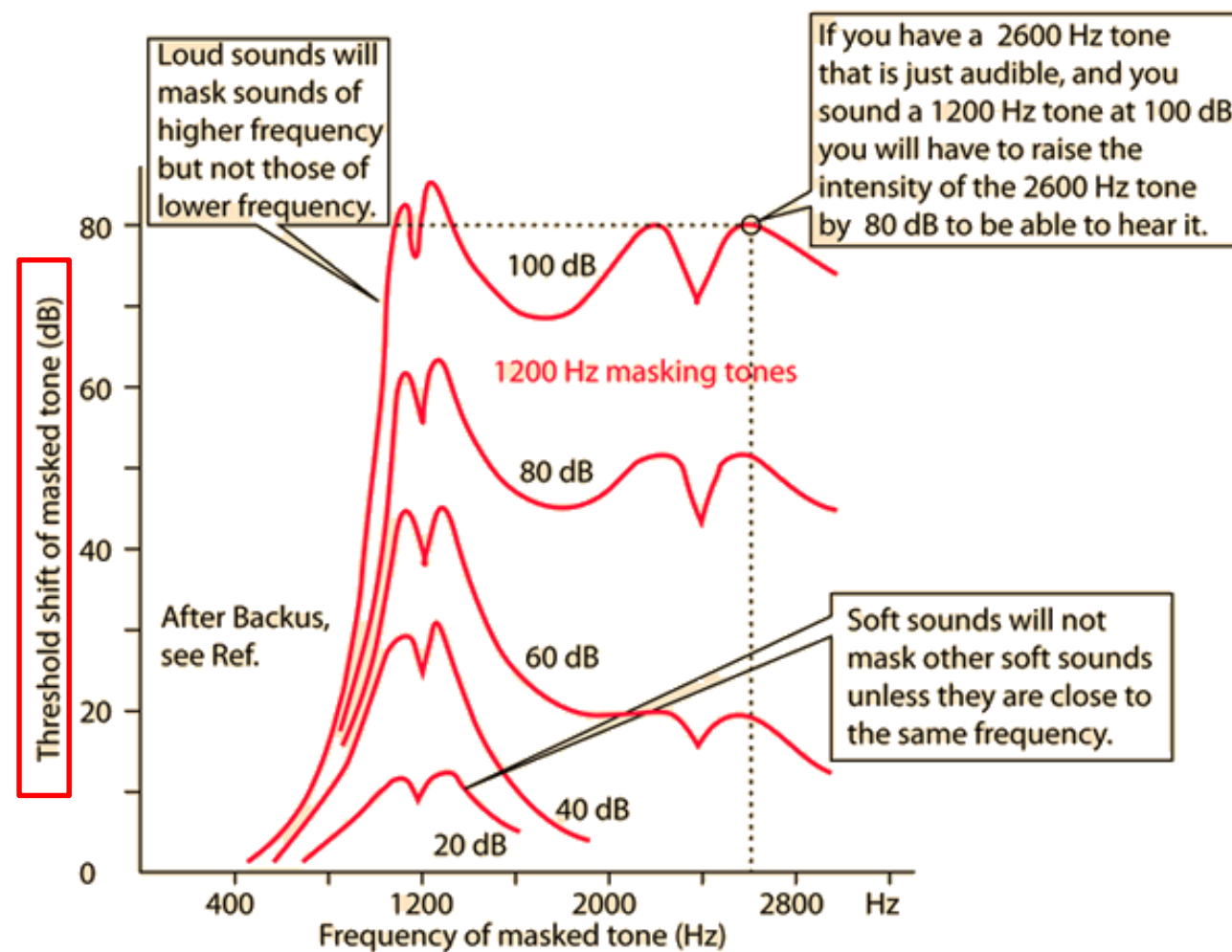
Soglia di mascheramento (dal testo)

- La **soglia di mascheramento** di un *tono mascherato* è il livello di intensità al quale esso si riesce ad ascoltare anche in presenza di un *tono mascheratore*
- La **quantità di energia mascherata** è la differenza fra la soglia di mascheramento e la soglia assoluta di udibilità
 - Vedi curve isofoniche: curva a 0 foni
- Distinguiamo mascheramento tonale e non tonale



Mascheramento Tonale

- Nello spettro del suono mascheratore è possibile individuare un tono

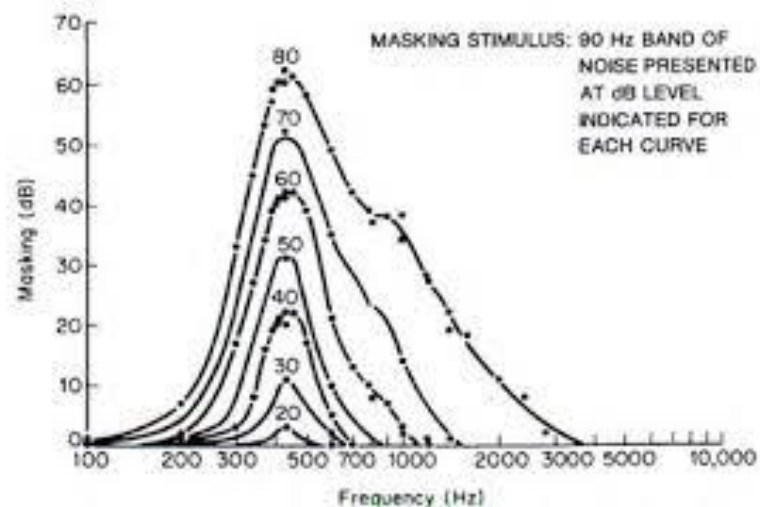


Suono mascheratore di 1200 Hz

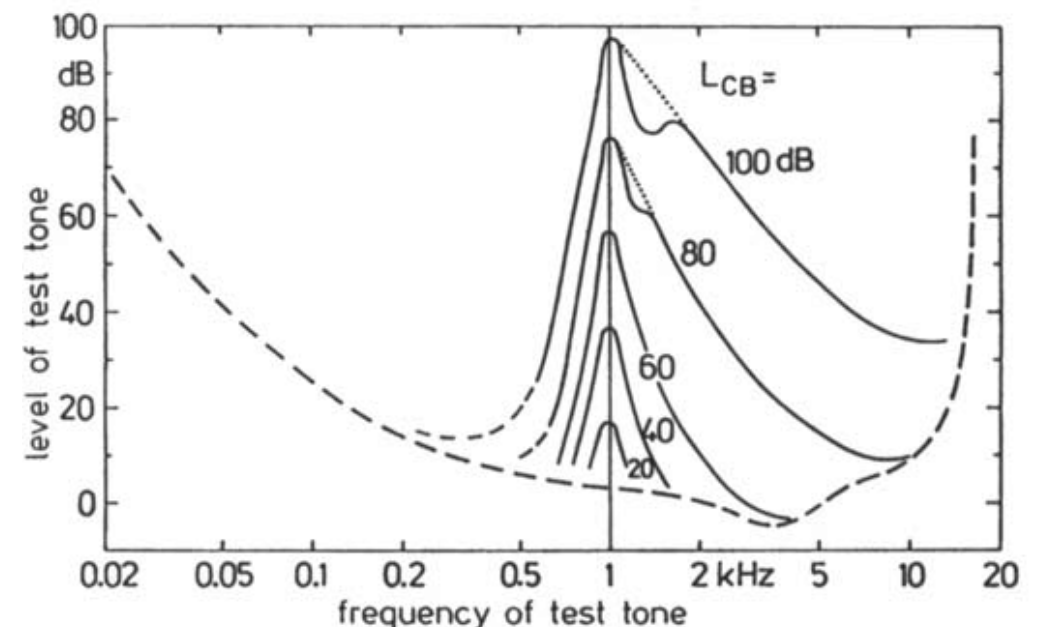


Mascheramento Non Tonale

- Il suono mascheratore è una forma di rumore a banda più o meno larga in cui non è possibile individuare un tono specifico

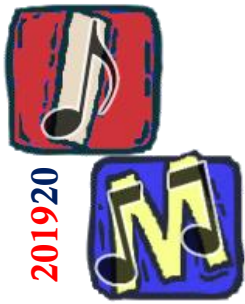


Suono mascheratore di 410 Hz
con banda di 90 Hz



Suono mascheratore di 1000 Hz
con banda di 200 Hz

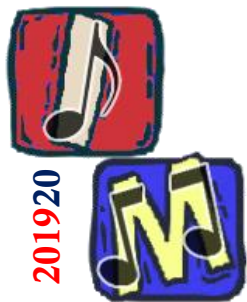
- Il mascheramento non tonale impone una soglia più alta, ma è meno efficace per le alte frequenze



Mascheramento

- Negli esempi precedenti abbiamo assunto che tono mascherato e mascheratore fossero emessi nello stesso istante:
 - **Mascheramento Simultaneo**
 - Esistono anche fenomeni di *Mascheramento Temporale*
- Il mascheramento può essere sfruttato per la compressione del segnale audio, eliminando parti del segnale che non verrebbero percepite dal nostro apparato uditivo





Esercitazione Pratica (dal testo)

■ 2.6.5 – Mascheramento Tonale

In un editor audio generare i seguenti segnali

- [T1] Tono puro da 1000Hz, ampiezza 0.5
- [T2] Tono puro da 1300Hz, ampiezza 0.5
 - Ascoltare le due tracce mixate
 - Ridurre l'ampiezza di T2, gradualmente, fino a -30dB
 - Notare come T1 maschera T2



Esercitazione Pratica (dal testo)

- 2.6.6 – Mascheramento Non Tonale (simile a 2.6.4)
In un editor audio generare i seguenti segnali
 - [T] Tono puro da 400Hz, ampiezza 0.5
 - [R] Rumore bianco (banda larga), ampiezza 0.5
 - Testare il mascheramento in questi vari test
 - Riducendo l'ampiezza di T gradualmente fino a -30dB
 - Filtrare R con Passa-alto=350, Passa-Basso=450 (Banda=100Hz)
 - Aumentare l'ampiezza di R (senza superare il clipping)



Approfondimenti

- *Wikipedia [EN]: Auditory Masking*

https://en.wikipedia.org/wiki/Auditory_masking#Critical_bandwidth

- [EN] HyperPhysics

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>

- [EN] Jass SDK

<http://persianney.com/kvdoelcsubc/jass/>