



LA FISICA DELLA MUSICA

Tutor: Emilio Giovenale,
E-mail: emilio.giovenale@enea.it

Cos'è il suono

Il suono è una vibrazione prodotta da una sorgente, che si propaga nell'aria come un'onda (una variazione periodica di pressione) e viene percepita dalle nostre orecchie (che fungono da "trasduttore", esattamente come un microfono).

Le sorgenti di suono possono essere molteplici. Quella più comune è **la voce**: le nostre corde vocali vengono fatte vibrare dall'aria che esce dai polmoni e producono un suono. La nostra capacità di "modificare" la struttura della bocca e di tutto l'apparato polmoni-torace-bocca-lingua... permette di controllare il suono prodotto, permettendoci il linguaggio e il canto.



Cos'è il suono

Un'altra sorgente tipica è una **corda vibrante**, che può essere percossa (pianoforte), pizzicata (chitarra), strofinata con un archetto (violino).



Anche una **colonna d'aria** in oscillazione genera un suono: tutti gli strumenti a fiato, l'organo, producono suono con questo principio.

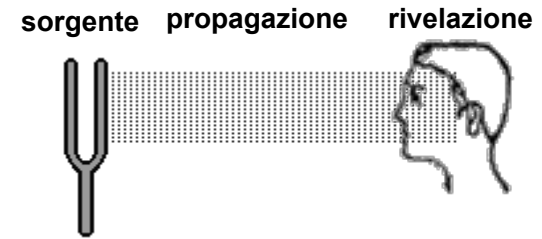


Una **membrana**, **una barra**, **un piatto** percosso producono un suono.



Caratterizzazione del suono

Il suono è quindi una variazione di pressione dell'aria, che si propaga come un'onda, raggiunge le nostre orecchie, dove viene convertito in un segnale elettrico che arriva al cervello e viene interpretato.



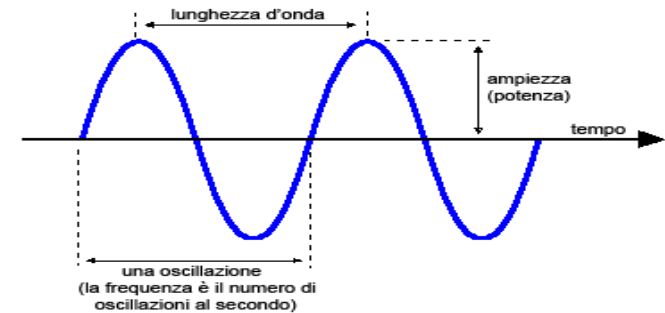
Tuttavia sappiamo per esperienza che esistono suoni diversi, acuti o bassi, con “colori” differenti che dipendono dallo strumento che li ha prodotti. E' necessario quindi capire in cosa differiscono questi suoni.

Dato che il suono è un'onda, possiamo provare a caratterizzarlo con i parametri utilizzati per classificare i diversi tipi di onde, di diverso tipo, così come facciamo ad esempio anche per la luce, che è un'onda elettromagnetica.

Innanzitutto la cosa che distingue un suono da un rumore è la «**periodicità**» dell'onda: l'oscillazione si ripete un gran numero di volte al secondo, ogni volta uguale a sé stessa (o molto simile). Quindi il suono può essere schematizzato con un'**onda periodica**, la cui forma più semplice è l'onda sinusoidale.

Il suono è un'onda periodica

Essendo il suono un'onda periodica, può essere identificato tramite i parametri che caratterizzano tutte le onde: la sua «**ampiezza**», che il nostro orecchio percepisce come «intensità» del suono e la sua «**frequenza**», che ci permette di distinguere i suoni acuti da quelli gravi

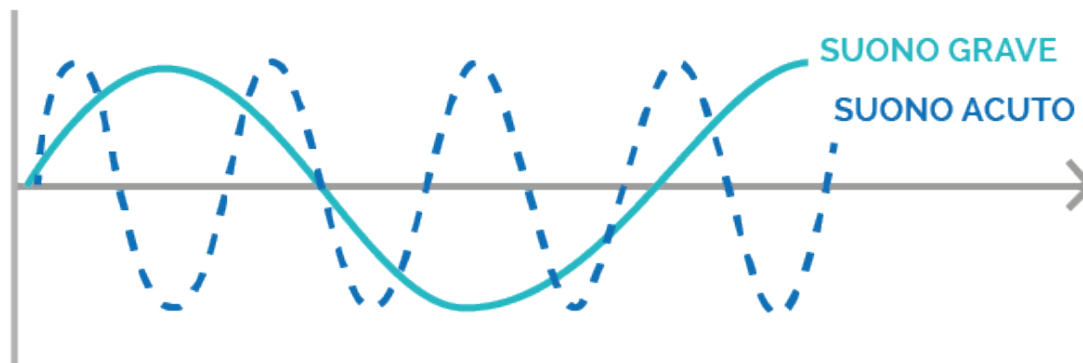


Per fare un esempio pratico se sulla riva del mare arrivasse il picco di un'onda ogni secondo, la sua frequenza sarebbe di 1 Hertz, se arrivasse ogni 10 secondi la frequenza sarebbe 0,1 Hertz. Quindi la frequenza è l'inverso del tempo necessario per fare una oscillazione completa ($1/10 = 0,1$)

Il suono ha frequenze più elevate di quelle delle onde del mare. In particolare il nostro sistema uditivo è virtualmente in grado di percepire le **frequenze da 20 Hz** (20 oscillazioni al secondo) **a 20.000 Hz**.

La frequenza di un suono

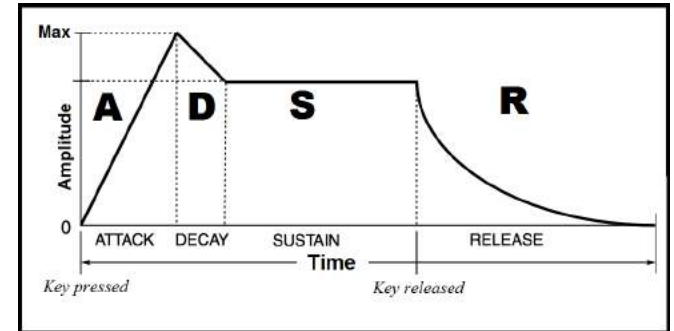
Quindi uno dei parametri che caratterizza un'onda sonora è la sua frequenza. Il nostro orecchio percepisce la frequenza di un onda distinguendo i suoni gravi (bassa frequenza) da quelli acuti (alta frequenza). In generale se sentiamo due suoni siamo in grado di dire quale sia il più acuto dei due e, se opportunamente educati, anche di quanto sia più acuto. Abbiamo quindi quello che si chiama «orecchio relativo». Una piccola percentuale di individui addirittura possiede il cosiddetto «orecchio assoluto» ed è in grado di identificare correttamente l'altezza di un suono senza fare confronti con altri suoni. Questa meravigliosa capacità dipende però dal perfetto funzionamento del sistema di trasduzione costituito dall'orecchio. Questo sistema subisce però i danni causati dall'invecchiamento! Si dà per scontato che l'orecchio umano sia in grado di percepire frequenze da 20 a 20.000 Hz. Ma questo è vero sempre? In che modo l'invecchiamento limita le nostre capacità uditive? Lo scopriremo fra poco con un esperimento...



L'inviluppo temporale

Ma se la frequenza fosse l'unico parametro per caratterizzare un suono, come farei a distinguere il suono di un pianoforte da quello di un violino, emessi alla stessa frequenza? **Un La a 440 Hz è molto diverso se suonato da un pianoforte o da un violino!** Uno dei parametri che caratterizza il suono di uno strumento è l'inviluppo temporale dell'intensità sonora (collegato all'ampiezza dell'onda)

A seconda del tipo di strumento che lo produce un suono ha una struttura temporale diversa: ad esempio in un pianoforte quando si preme il tasto e il martelletto colpisce la corda il suono viene prodotto immediatamente al massimo volume. Questo significa che ha un "attacco" rapido. Il suono raggiunge un massimo, per poi scendere un poco (decay)... se teniamo il tasto premuto la corda continua a vibrare ed il suono resta ad un certo livello (sustain), ma poi inizia a decrescere (release). Si può allungare il tempo di release tenendo premuto il pedale. Nel pianoforte non è possibile controllare il tempo di sustain, ma in altri strumenti si (organi, fiati, violino).

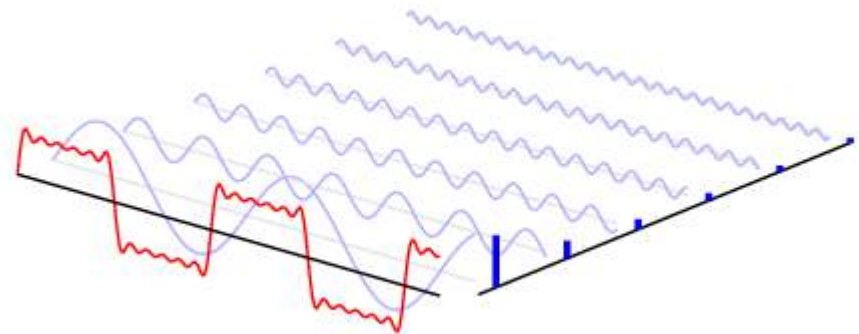
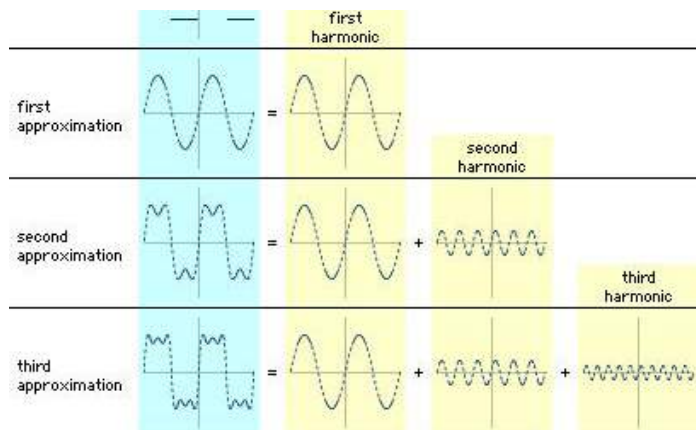


In definitiva il suono ha un andamento temporale come quello descritto nel disegno in figura, che si chiama grafico **ADSR** (Attack-Decay-Sustain-Release).

Il contenuto in frequenza del suono

Anche così però le cose non tornano: un organo ha lo stesso suono di un sax? Magari ha lo stesso grafico ADSR, ma il suono è diverso! Perché?

Per capire questa cosa è necessario capire che **un suono “puro” non esiste in natura**. Una onda perfetta viene rappresentata da una sinusoide, ma questa è solo una astrazione matematica. In natura quando il suono viene prodotto, ci sono tutta una serie di parametri meccanici e fisici che fanno sì che non venga solo prodotta la frequenza che ci interessa (detta fondamentale), ma **anche tutta una serie di multipli di quella frequenza, detti “armonici”**. L'ampiezza relativa di tutti questi armonici conferisce al suono un colore particolare, che ci permette di distinguerlo e che chiameremo «**timbro**» del suono. In questo caso l'onda resta periodica, ma aggiungendo gli armonici viene «distorta» rispetto ad una sinusoide pura e la forma d'onda diventa più complessa



Il contenuto in frequenza del suono

Uno stesso strumento può avere suono diverso, perché i materiali con cui è stato prodotto, o la sua forma e le sue dimensioni sono state studiate per esaltare o ridurre determinati armonici. Uno **Stradivari** suona in maniera divina perché gli smalti e le lacche utilizzate bilanciano gli armonici in maniera ottimale per la nostra percezione.

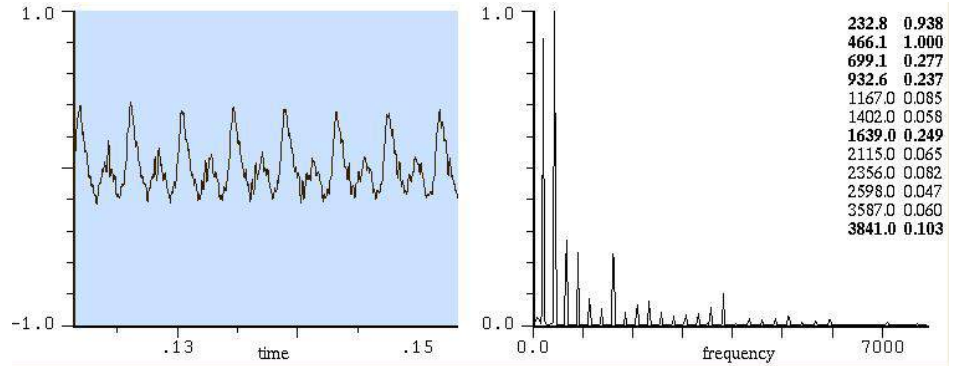


A complicare la situazione va aggiunto poi che ogni armonico ha il suo **involuppo ADSR**, che dipende anche dal livello sonoro, il che spiega perché il timbro di un pianoforte in un pianissimo sia molto differente dal timbro a pieno volume. E anche la risposta dei materiali è diversa a seconda della frequenza, per cui il timbro di un pianoforte nelle ottave alte è assai differente a quello delle ottave basse. Questo è il motivo per cui i moderni “**campionatori**” (strumenti elettronici digitali che simulano il comportamento di strumenti classici «registrandone» il suono per riprodurlo tramite tastiera) non si limitano a registrare una frequenza, per poi variarla a seconda della nota da riprodurre, ma, per esempio per il piano, registrano un suono diverso per ogni tasto del pianoforte, e per ogni tasto registrano almeno una dozzina di livelli di pressione del tasto.

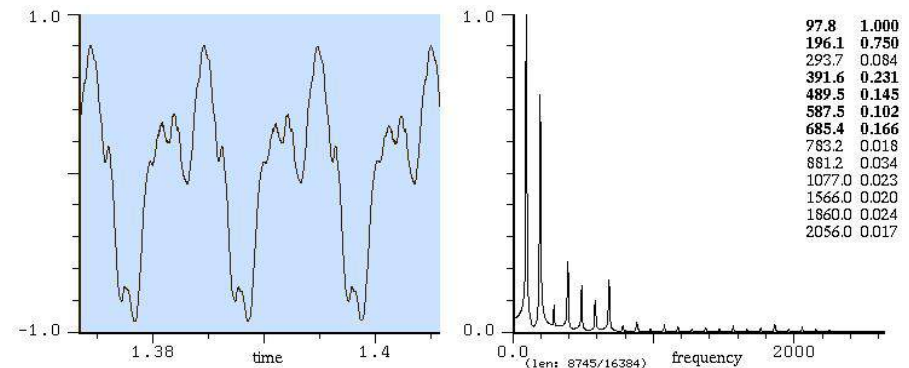
Il contenuto in frequenza del suono



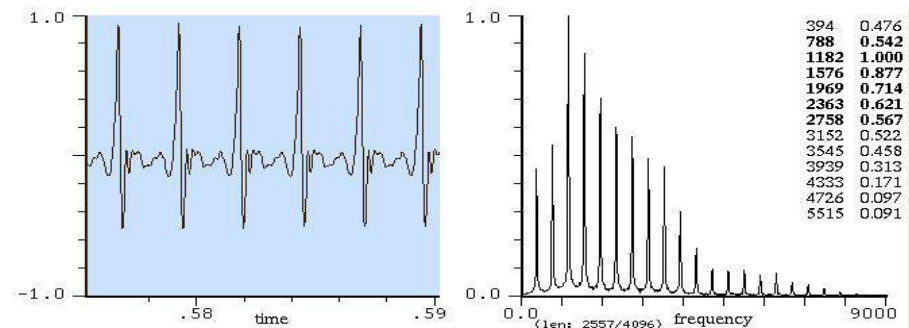
pianoforte



violoncello

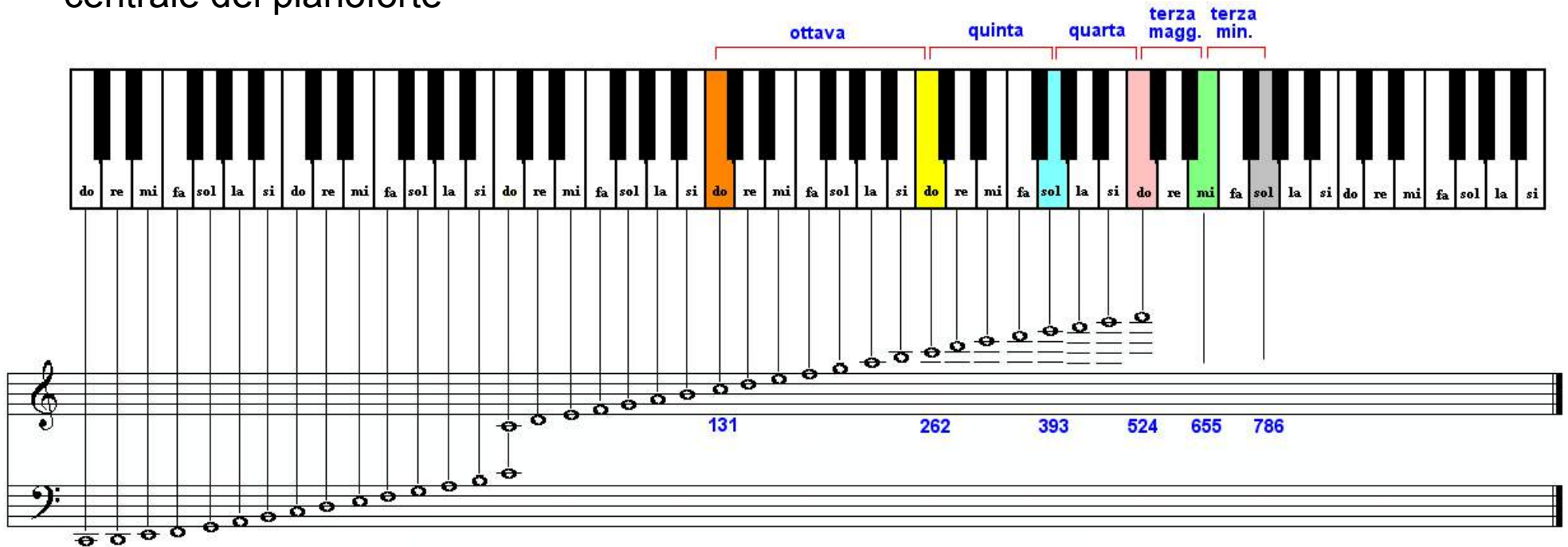


tromba



La serie Armonica

Proviamo ad analizzare in che rapporto stanno i vari armonici prodotti, in termini di «intervalli» tra le note. Partiamo per esempio da un Do a 131 Hz (quello sotto il Do centrale del pianoforte)



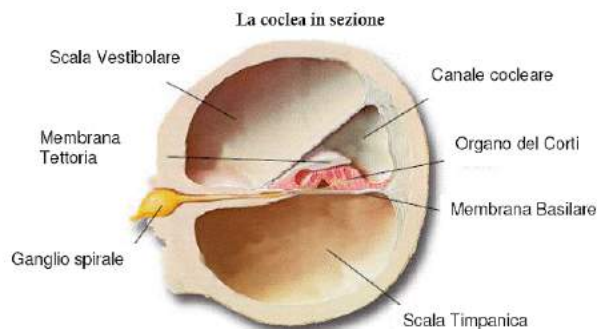
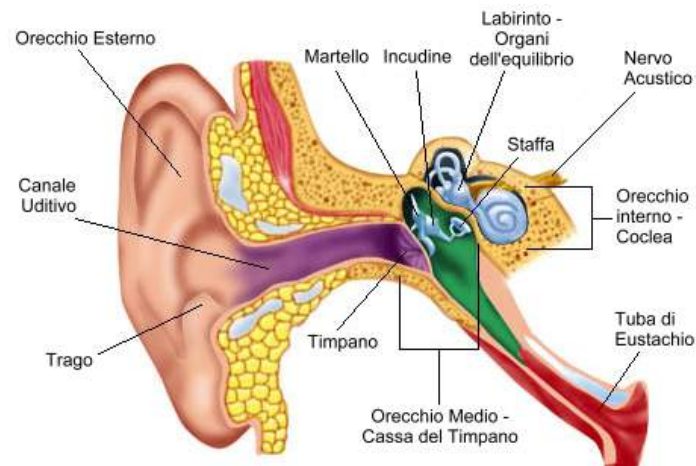
I primi 5 armonici corrispondono a Do, Sol, Do, Mi, Sol... tutte note che compongono la triade maggiore di Do! Questo è il motivo per cui un accordo maggiore risulta gradevole all'udito (corrisponde alla emissione naturale di armonici, cui ci siamo evolutivamente abituati).

La percezione del suono

Abbiamo detto che la «altezza» di un suono, acuto o grave, è associata alla sua frequenza, ed il suo timbro alla presenza contemporanea di più frequenze nel suono. Ma il nostro corpo come fa a distinguere le frequenze? Utilizza l'organo deputato a «sentire» i suoni: **l'orecchio!**

Da un punto di vista fisico/anatomico, l'orecchio è un trasduttore, cioè un organo che converte un tipo di energia (nel caso del suono, la pressione associata all'onda sonora) in un altro tipo di energia (l'impulso elettrico che passa attraverso il nervo acustico). Di fatto l'onda sonora esercita una pressione sul timpano, che attraverso una serie di trasmissioni meccaniche (Martello, Incudine e Staffa), progettate per amplificare la pressione, raggiunge la **Coclea**, nella quale si trova **l'Organo del Corti**, all'interno del quale ci sono numerose cellule ciliate, che

trasformano le onde meccaniche in segnali elettrici, che vengono inviate al cervello tramite il nervo acustico. La nostra capacità di «sentire» i suoni dipende da come questo insieme di raffinati componenti funziona.



«Vedere» il suono

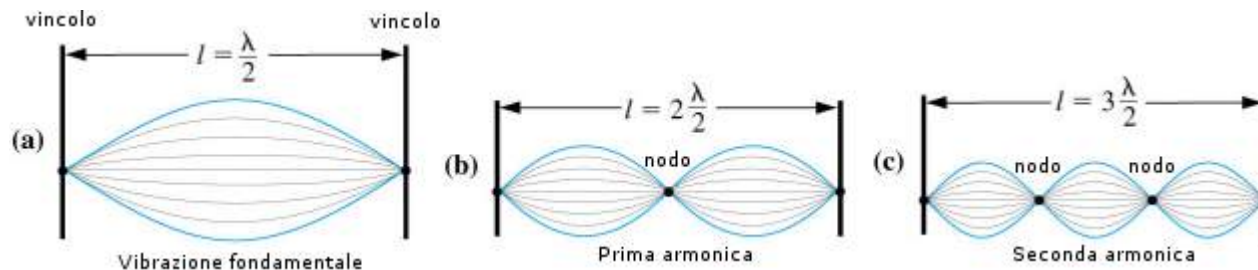
Il suono oltre ad essere ascoltato con le orecchie può anche essere visto: esso infatti è il prodotto di una oscillazione meccanica, che può essere visualizzata con qualche artificio.

Modi di una corda vibrante

Negli strumenti a corda, è la corda che oscilla che produce l'onda sonora. Con questa strumentazione è possibile visualizzare il moto della corda oscillante.

[foto apparato]

La corda assume la forma di una onda sinusoidale. Si può inoltre osservare che è possibile osservare diversi tipi di oscillazioni nella corda, che in fisica vengono detti «modi di oscillazione». I punti della corda che restano fissi si chiamano «nodi»



«Vedere» il suono

Visualizziamo i vari modi di oscillazione...

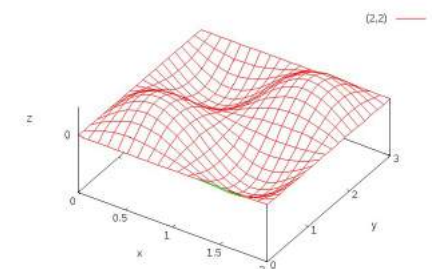
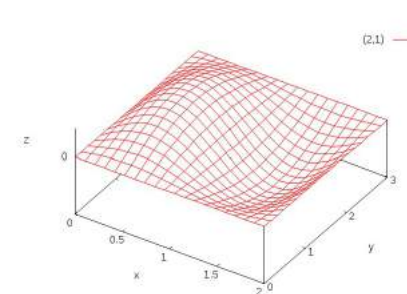
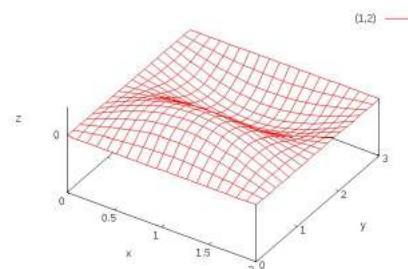
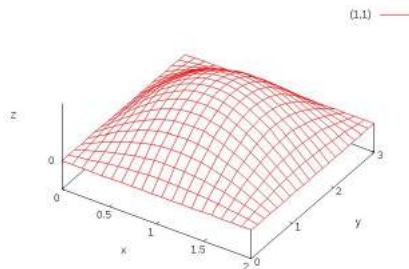
FONDAMENTALE

1^a ARMONICA

2^a ARMONICA

3^a ARMONICA

Se a vibrare non è un oggetto che si estende in una dimensione, come una corda, ma un oggetto bidimensionale, come una membrana di tamburo o una lastra di metallo, anche i «modi» sono bidimensionali.



«Vedere» il suono

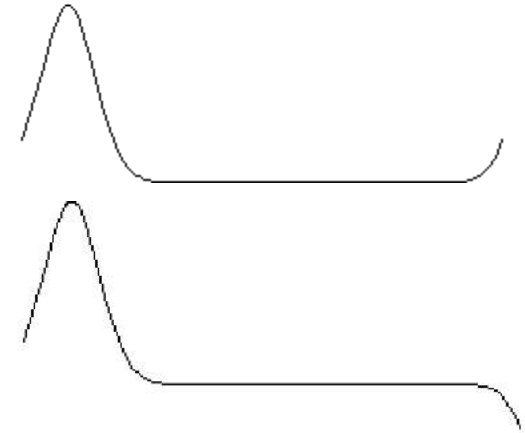
Per visualizzare i modi bidimensionali di una lastra di metallo possiamo far vibrare la lastra utilizzando un'archetto da violino. Strofinando l'archetto sul bordo della lastra eccitiamo una vibrazione che si propaga nella lastra facendola «suonare»... se metto della sabbia o della farina sulla lastra le vibrazioni metteranno in movimento i granelli, che si sposteranno, finchè non raggiungono un «nodo», che come ricordiamo è un punto che rimane fermo. Sul nodo i granelli non sono quindi soggetti ad una forza e restano fermi, col risultato che la sabbia si accumula sulle linee nodali, «disegnando» la forma dei modi bidimensionali della lastra metallica.



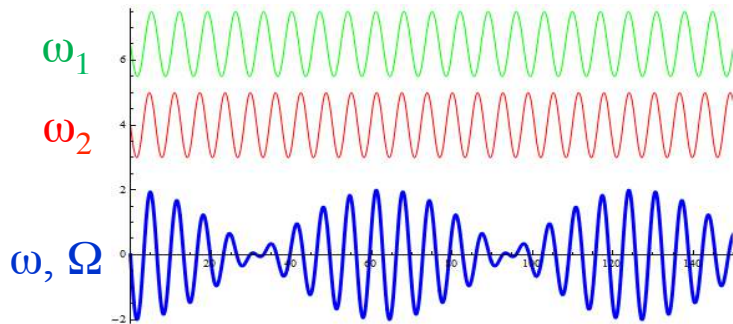
Mescolare i suoni

Cosa succede quando due suoni «si incontrano»?

Quando due onde si incontrano vale il cosiddetto principio di sovrapposizione: gli spostamenti prodotti dalle due onde si sommano punto per punto tra loro dando origine ad una nuova onda. Questo può produrre una crescita del segnale o una sua soppressione.



Battimenti



Se vengono sommati due suoni con una piccola differenza in frequenza, il risultato è un suono ad una frequenza intermedia tra le due, ma che «vibra» (è modulato in ampiezza) ad una frequenza pari a metà della differenza tra le due frequenze.

$$W = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$$

$$W = \frac{\omega_1 - \omega_2}{2}$$

Se la prima frequenza è 440 Hz e la seconda 430 Hz, il suono risultante sarà a 435 Hz, e sarà modulato in ampiezza con una frequenza di 5 Hz (effetto vibrato)

Il terzo suono di Tartini

Con **terzo suono di Tartini**, detto anche suono risultante o suono di combinazione, ci si riferisce a un particolare fenomeno acustico evidenziato da Giuseppe Tartini all'inizio del XVIII secolo, ma con ogni probabilità conosciuto già prima.

Nel 1714 il violinista Giuseppe Tartini, durante il periodo in cui insegnava violino al Teatro della Fenice di Ancona, scoprì che se sul suo violino, perfettamente intonato, si producevano contemporaneamente due suoni a un intervallo di quinta, ossia con rapporto 3:2 (bicordo), automaticamente era udibile anche un terzo suono, di minima intensità e quindi più grave, avente frequenza ben determinata, un'ottava sotto la nota più bassa.

Il terzo suono, nel basso, è una nota la cui frequenza è la differenza fra quelle dei due suoni originari. Ad esempio, eseguendo un suono da 400 Hz e contemporaneamente uno da 600 Hz, si sentirà anche un suono, più grave, da 200 Hz (un'ottava sotto la fondamentale a 400 Hz e pari proprio alla differenza tra 600 Hz e 400 Hz). Il terzo suono è ottenibile eseguendo bicordi anche ad altri intervalli, non solo terze e quinte. Il fenomeno era già conosciuto almeno dal XVI secolo e veniva sfruttato principalmente nell'arte organaria, in modo da poter dare agli strumenti una maggiore estensione nel basso senza dover costruire canne eccessivamente lunghe e costose.

14 TRATTATO DI MUSICA.

te intunati. Si sentirà un terzo suono affatto di-
stinguibile, e sarà il sottoposto segnato in note
chiuse mufi- cali.



Lo stesso succederà, se faranno suonati gli esposti intervalli da due suonatori di Violino distanti tra loro cinque, o sei passi, suonando ciascuno la sua nota nello stesso tempo, e sempre con arcata forte, e sostenuta. L'uditore posto nel mezzo rispettivo de' due suonatori sentirà molto più questo terzo suono, che vicino a ciascuno de' due suonatori: segno fisico



GIUSEPPE TARTINI
1694 - 1770

SONATA DEL DIAVOLO
(TRILLE DEL DIAVOLO)
Realizzata per Violino e Pianoforte
a cura di G. CARLINI - Concerto d'Introduzione
di ERRODO PIGO

SONATE DU DIABLE (TRILLE DU DIAVOLE) DEVIL'S SONATA (DEVIL'S TRILLS)

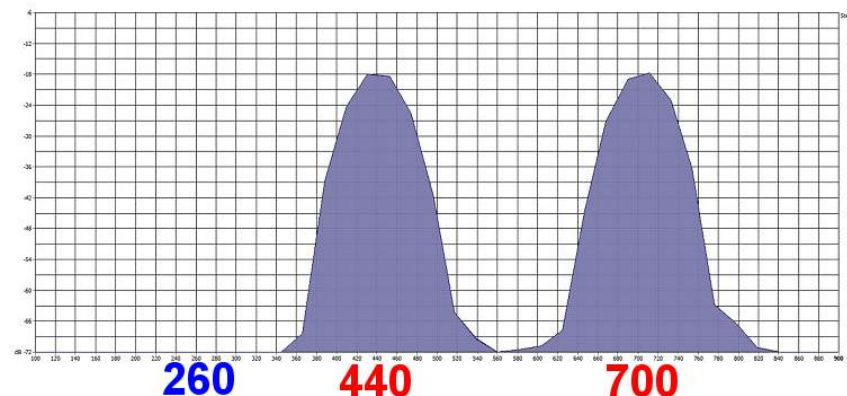
TROCCO
TR



Il terzo suono di Tartini

Questo fenomeno è stato interpretato come una prova del **comportamento non lineare dell'orecchio umano**: se l'orecchio non si comporta linearmente (cosa che avviene per intensità elevate del segnale di ingresso), esso può distorcere il segnale. Questo significa che l'orecchio può «**aggiungere**» al segnale in ingresso frequenze che non appartengono al segnale stesso. Tali frequenze **non sono illusorie**, ma esistono fisicamente all'interno dell'orecchio, e corrispondono quindi a massimi fisici dell'onda di pressione cocleare. Questo fenomeno ha il suo parallelo in elettronica e nell'ottica non lineare, per cui a partire da due frequenze è possibile generarne una terza pari alla differenza tra le prime due. Sottolineiamo che **sono le nostre orecchie**, in virtù della loro non linearità, **a generare il terzo suono nella coclea**, mentre uno strumento elettronico che analizzi lo spettro dei suoni emessi non è in grado di rilevare il terzo suono.

Nel caso in esame è stato suonato un **La a 440 Hz** e un **Fa a 700 Hz**. Il terzo suono dovrebbe quindi essere un **Do a 260 Hz**, che non appare sullo spettrogramma!



Percezione della frequenza

Istruzioni per il pubblico

Stiamo generando un suono per mezzo di un generatore di funzioni, che è uno strumento in grado di produrre un'oscillazione elettrica con una frequenza nel range acustico (da 20 a 20.000 Hz). Questo è collegato, tramite un opportuno amplificatore, ad un altoparlante, che è, come l'orecchio, un trasduttore: converte il segnale elettrico oscillante in un'oscillazione meccanica del cono dell'altoparlante, che mette in movimento la massa d'aria a suo contatto, generando l'onda sonora. Iniziamo dalle frequenze più basse, che vengono percepite come suono grave, per salire pian piano verso quelle più acute....

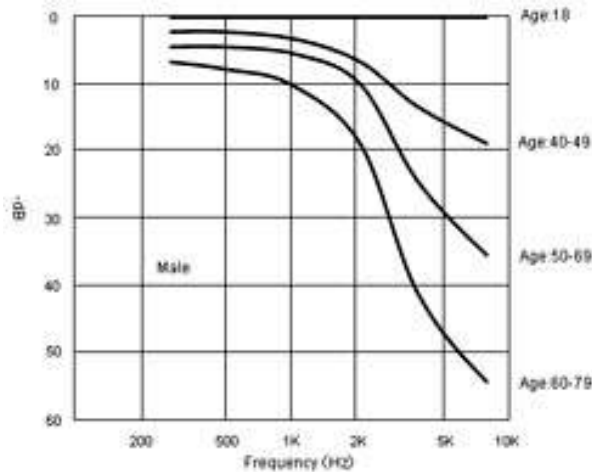


Chiediamo a tutti coloro che sentono il suono emesso di alzare la mano, e di abbassarla quando, andando verso le note più acute, smettono di sentire il suono...

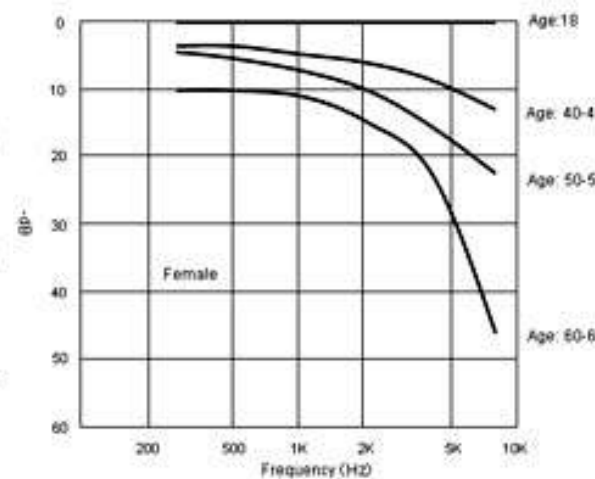
Risultati

Ecco che quando saliamo oltre il valore di 14.000-15.000 Hertz, restano alzate solo le mani dei più giovani!!! Perché? Una serie di studi (condotti in maniera molto più rigorosa di questo!) hanno confermato che solo i giovani riescono a percepire le frequenze più alte e che l'invecchiamento ha un effetto più rilevante per gli uomini che per le donne:

uomini



donne



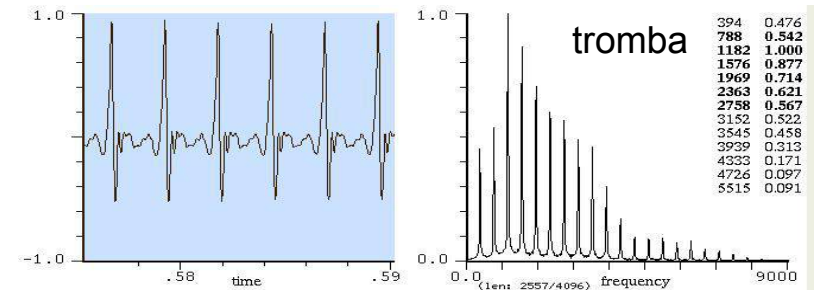
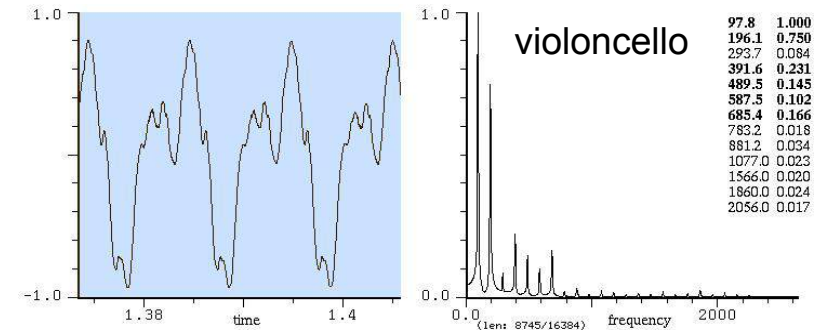
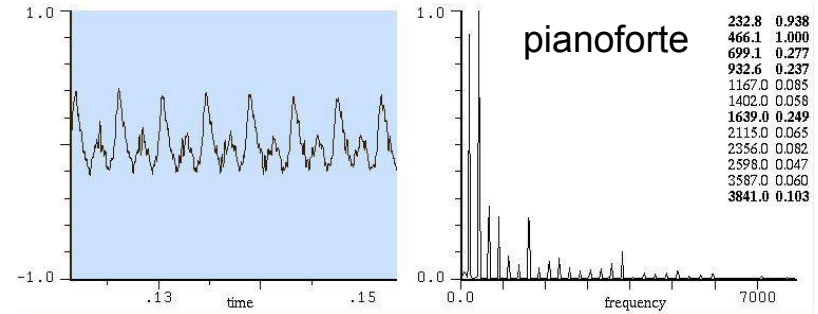
Questo fenomeno prende il nome di **presbiacusia**, e può essere causato dalla combinazione di diversi fattori:

- Indebolimento dei piccoli muscoli che gestiscono l'elasticità degli ossicini dell'orecchio medio.
- Progressiva perdita di cellule ciliate esterne nella coclea, che permettono l'amplificazione e la discriminazione dei suoni
- Degenerazione dei neuroni del ganglio spirale (perdita di connessioni con le cellule ciliate)

Conseguenze

Fortunatamente la perdita di sensibilità delle alte frequenze non costituisce una menomazione particolare, anche perché **i suoni a cui siamo abituati si trovano tutti nella zona intorno ad 1.000 Hz**. Si pensi che la fondamentale corrispondente al tasto più acuto di un pianoforte si trova a 4.186 Hz, quindi molto più basso dei limiti che abbiamo osservato in questo esperimento.

In realtà abbiamo imparato che quando sentiamo il suono di uno strumento questo non è una frequenza «pura», ma oltre alla frequenza base (detta fondamentale) vengono generate frequenze multiple di quella base (doppia, tripla, quadrupla...) ed anche altre frequenze, in proporzioni differenti è che queste compongono il TIMBRO specifico di uno strumento musicale. Quindi invecchiando probabilmente non avremo problemi a capire una persona che ci parla, ma non saremo più in grado di apprezzare appieno le sfumature timbriche in un concerto di musica classica.



L'illusione del tritono

Verificato che almeno fino a 10.000 Hz tutti in platea sono in grado di distinguere un suono, immagino che tutti voi siate in grado, sentendo una sequenza di due suoni, di capire se il primo è più grave del secondo (sequenza ascendente), o se il secondo è più grave del primo (sequenza discendente).

Ora vi farò sentire alcune di queste sequenze, e **chiederò se secondo voi sono ascendenti o discendenti** (per favore non «copiate» dal vicino.... non si vince nulla! 😊)

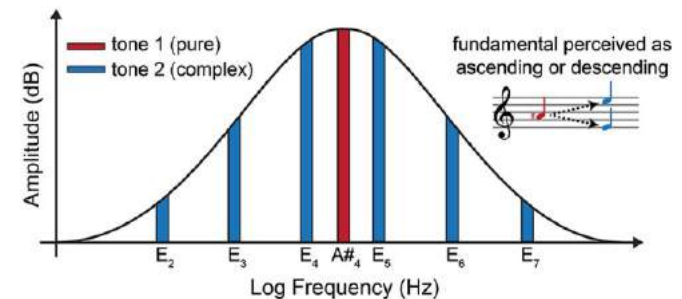
Confusi? Alcuni sentono le sequenze ascendenti e altri discendenti? E' NORMALE!!! Per due motivi



- 1) Gli intervalli sono dei cosiddetti «tritoni», che corrispondono esattamente a mezza ottava. Per cui se la nota di partenza è un La#, l'intervallo ascendente ci porta al Mi dell'ottava superiore, quello discendente al Mi dell'ottava inferiore.

MA E' SEMPRE UN MI!

- 2) Perché ci è difficile capire se l'ottava è quella superiore o quella inferiore? Il motivo è il TIMBRO del secondo suono, che si chiama «suono di Shepard». E' composto da più frequenze distribuite ad un'ottava di distanza una dall'altra con ampiezze distribuite con una distribuzione gaussiana!



Di fatto stiamo imbrogliando: la seconda nota è la somma di tanti Mi, ma chi ascolta è confuso dalla sequenza che non segue la serie armonica

La fondamentale mancante

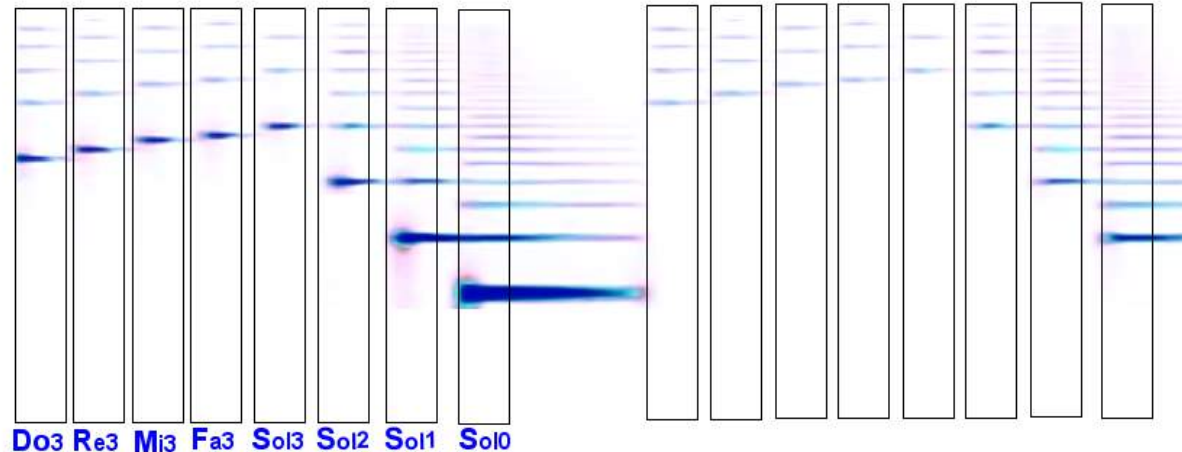
La precedente illusione funziona perché **il nostro cervello elabora l'informazione sonora ricavando la frequenza fondamentale anche partendo dagli armonici...** addirittura in alcuni casi utilizzando esclusivamente gli armonici. Questo è dimostrato dalla illusione seguente: Vi farò ascoltare la stessa sequenza di note (Do₃-Re₃-Mi₃-Fa₃-Sol₃-Sol₂-Sol₁-Sol₀) ripetuta due volte.

Le note sono le stesse?

Sembra la stessa melodia, con le stesse note, ma suonata da due strumenti diversi (il secondo con un timbro più acuto «metallico»).



E invece non è così, la seconda sequenza è fatta con gli stessi suoni della prima, **dai quali è stata eliminata la frequenza fondamentale**, che è quella che dovrebbe farci riconoscere l'altezza del suono!!! Eppure, anche senza fondamentale, non esitiamo a riconoscere che le note sono le stesse!



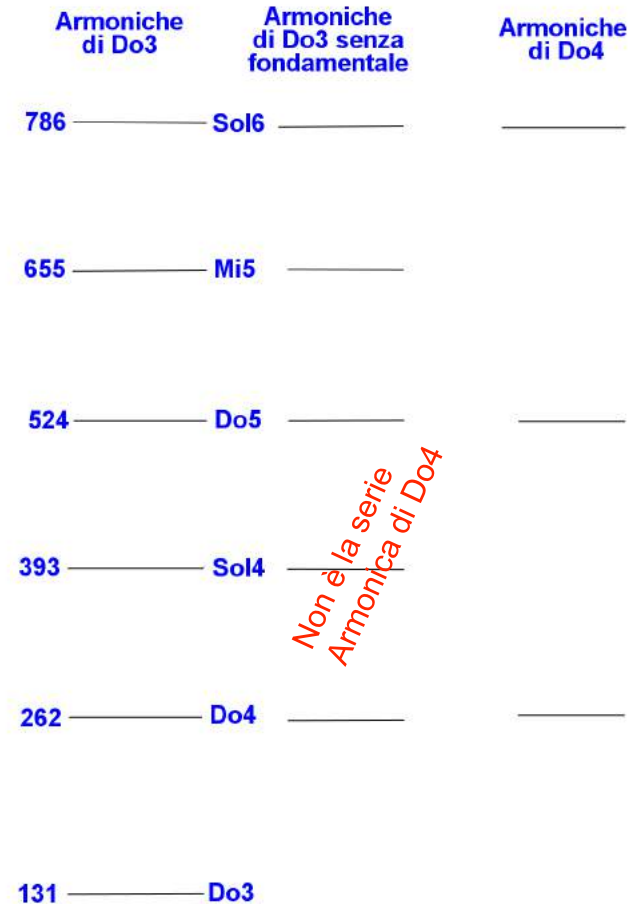
La fondamentale mancante

Come mai l'illusione funziona? Se tolgo la fondamentale dovrei sentire la prima armonica, un'ottava più in alto e quindi sentire una sequenza con le note spostate verso l'alto, ma questo non succede!

Il motivo è semplice: **le armoniche sono tutte multiple della fondamentale**, per cui se considero la prima nota, che è un Do₃ a 131 Hz, la sua seconda armonica si trova a 262 Hz, la terza armonica a 393 Hz e così via.

Se elimino la fondamentale resta la seconda armonica a 262 Hz, e la terza a 393 Hz **CHE PERO' NON E' UN MULTIPLO DI 262 Hz!** Quindi il cervello fatica a interpretare i 262 Hz come fondamentale (Do₄), perché si aspetterebbe di sentire il suo primo armonico a 525 Hz, invece trova 393 Hz (che non è un Do, ma un SOL₄, a distanza di 5^a dalla fondamentale e pertanto «ricostruisce» la fondamentale mancante a partire dai suoi armonici.

Nell'occasione faccio notare che i primi armonici sono le note di una triade maggiore (per il Do, Do-Mi-Sol)



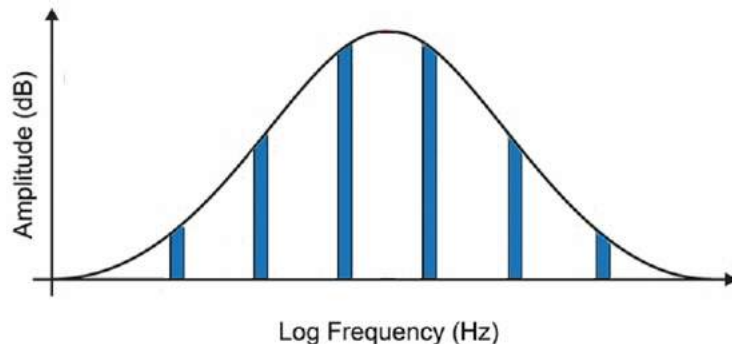
La scala infinita di Shepard

Vorrei ora farvi ascoltare un'illusione chiamata "scala infinita di Shepard".

Lascio i commenti a dopo...



La sensazione è che il suono salga (o scenda) all'infinito... ovviamente non è così. Anche questo è un "trucco" legato alla peculiare struttura timbrica del campione sonoro utilizzato. Si tratta anche qui del **suono di Shepard** descritto in precedenza. Le barre azzurre rappresentano le frequenze che lo compongono, tutte a distanza di un'ottava una dall'altra.



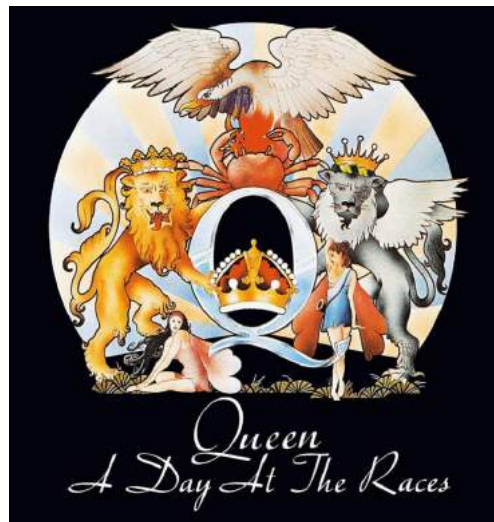
Quando il suono inizia a salire le barre scorrono verso destra (acuti). Gli armonici più acuti si attenuano e quelli più gravi si rinforzano e dopo lo scorrimento di un'ottava ci troviamo di nuovo nella situazione di partenza: Il nostro cervello però ha sentito salire il suono, e se mettiamo in loop il campione abbiamo l'impressione di una salita infinita.

La scala infinita di Shepard

In realtà questi “giochetti” erano ben noti ai musicisti: basta ascoltare questo brano per organo di Bach. Si sentono distintamente la linea di basso che scende all’infinito e gli accordi acuti che contemporaneamente salgono. L’organo è lo strumento ideale per questi effetti, grazie alla sua ricchezza timbrica, con molti armonici.



Bach non è stato l’unico a usare questi effetti... ascoltate questo frammento della canzone «Teo Torriatte» (Let us cling together) dei Queen, tratta dall’album «A day at the races» del 1976:



Mi piace far vedere l’illusione ottica che potrebbe essere considerata l’analogo della scala di Shepard: l’illusione dell’insegna di barbiere



L'illusione ritmica di Risset

In realtà esiste un'altra illusione che è l'analogo della scala di Shepard, ma che, invece che sul timbro, gioca sul senso del ritmo... ascoltate bene:



Sembra che la sequenza acceleri all'infinito... anche qui il “trucco” è analogo al precedente: ci sono due strutture ritmiche sovrapposte, una a velocità doppia dell'altra. Si aumenta il tempo di entrambe simultaneamente, e pian piano si abbassa il volume di quella più rapida, mentre si aumenta il volume di quella più lenta. Nel contempo dal basso entra una terza sequenza da basso volume con ritmo dimezzato rispetto alla seconda, finchè la prima scompare, la seconda prende il posto originario della prima e la terza prende il posto originario della seconda... e siamo tornati al punto di partenza.

Mettendo il tutto in loop si ha l'effetto desiderato.

Riconoscere le melodie

Abbiamo visto che è possibile ingannare i nostri sensi giocando con timbri e duplicazioni. Ci si chiede allora quali siano i meccanismi che permettono di “riconoscere” un brano musicale. Ascoltate la seguente sequenza e ditemi se la riconoscete... vi do uno spunto: le note sono giuste, ma sono state “spalmate” su ottave differenti



L'avete riconosciuto? Temo di no... eppure è facilissimo se si suonano le stesse note, ma nell'ambito della stessa ottava



Questo piccolo esperimento ci dice che la nostra capacità di riconoscere un brano deriva dalla capacità di riconoscere un intervallo tra due note. Questo compito è facile se le note sono vicine, difficilissimo se le note sono lontane tra loro.

Memoria a breve termine

Quindi per riconoscere una melodia dobbiamo saper mettere in relazione tra loro note vicine. Ma il nostro cervello fa connessioni tra note successive e va in crisi se il sistema diventa anche poco più complesso: vi farò sentire due suoni separati da 5 secondi e mi dovete dire se secondo voi sono la stessa nota o meno



Facile vero? Guardate cosa succede se tra i due suoni inserisco altre 6 note...



Diventa difficile confrontare il primo e l'ultimo suono, perché quelli intermedi ci hanno “confuso”. Notate che, almeno per chi ha buon orecchio musicale, la cosa è più facile se i suoni intermedi hanno una relazione armonica e i suoni non sono dissonanti tra loro: il nostro cervello memorizza la linea melodia e riesce a riportare alla memoria la prima nota. Questa “distrazione” funziona però solo con la musica: se tra i due suoni recito una serie di numeri la cosa non mi confonde, il che dimostra che l'area del cervello adibita al riconoscimento dei suoni è differente da quella adibita al riconoscimento del linguaggio



L'illusione del canto

(speech to song illusion)

Vi presento questa illusione che vi farà capire cosa significa davvero “avere un motivetto nella testa...”

L'illusione è in inglese, ma credo sia facilmente comprensibile: si fa sentire una frase pronunciata da una persona, e poi un paio di secondi di quella frase vengono ripetuti una mezza dozzina di volte.

Ecco la frase... vi pare normale? Un normale discorso, pronunciato da una persona con una voce normale



Ora sentiamola con le ripetizioni...



Sembra che stesse cantando vero? Risentiamo la frase originale...



Scommetto che arrivati al punto cruciale non potete fare a meno di sentire il parlato trasformarsi in musica!!!

Senso sonoro e senso musicale

Vediamo ora come il cervello interpreta una melodia ben nota, ma suonata con le note in ordine inverso, dalla fine verso l'inizio: Sentiamo chiaramente che lo strumento è un pianoforte, ma non siamo in grado di riconoscere la melodia (qualcuno con buona sensibilità musicale potrebbe riuscirci, ma è difficile)



Ecco la melodia originale: The Entertainer, di Scott Joplin, dalla colonna sonora del film "La Stangata"



Sentiamo ora cosa succede se invece suoniamo le note nel giusto ordine, ma "invertendo" la forma d'onda del campione sonoro...



Questa volta la melodia è riconoscibile, ma il timbro è irriconoscibile! Questo dimostra che il nostro sistema uditivo elabora le informazioni sonore in modo differente per riconoscere il brano (senso musicale), e riconoscere lo strumento (senso sonoro).