




Sabato 17 Maggio 2014
11:00 / 13:00

LA QUALITÀ ACUSTICA DELLE CONTROL ROOM

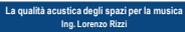
Ing. Lorenzo Rizzi



Intro (1)



- Il business della produzione musicale oggi sposta molte fasi di lavoro in studi personali e in project studio, che spesso sono costruiti in appartamenti.
- Questo fatto ci dà delle stanze sempre più piccole da analizzare, che sono difficili da ottimizzare dal punto di vista acustico (area calpestabile $\leq 10 - 30 \text{ m}^2$)
- In Italia è prioritario pensare alla qualità acustica degli spazi che si usano per la musica, ogni genere vorrebbe la sua acustica, ma nel caso di musica amplificata è opportuno tenere bassi tempi di riverbero


Intro (2)



- La fisica acustica e il DSP ci danno alcuni strumenti che possiamo usare, vedremo la loro utilità e i loro limiti
- Questa lezione è sull'ottimizzazione di spazi esistenti
- Iniziamo dalla teoria.





Intro (3)



RIFERIMENTI TECNICI

ITU-R BS.1116-1 Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems including multichannel sound systems

EBU Tech.3276 Listening conditions for the assessment of sound programme material: monophonic and two-channel stereophonic





Part 1



BACKGROUND THEORY





Il suono al chiuso (1)

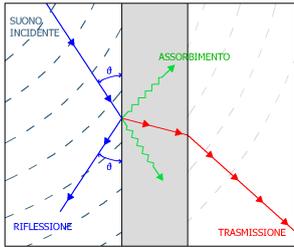


Teorema della conservazione dell'energia, **nulla si crea e nulla si distrugge**.
Cosa succede quando un'onda sonora impatta su un oggetto, su una parete?

- **Riflessione** dell'onda nel mezzo da cui proviene;
- **Assorbimento** nel materiale colpito;
- **Trasmissione** attraverso il mezzo colpito.

$$E_{inc} = E_r + E_a + E_t$$

Dividendo tutto per l'energia incidente si ottengono i tre coefficienti:

$$1 = r + a + t$$






Il suono al chiuso (2)

NOTA BENE
Solitamente $t < 0,001$
a compreso (0,1 - 0,99)

Oggi ci concentreremo su **a**

Che in laboratorio si misura con
Il coefficiente α : coefficiente di fonoassorbimento per incidenza Casuale (ISO 354)

Questi è espresso in ottave di frequenza
E più raramente in terze d'ottava

E' compreso tra 0 e 1
BISOGNA DIFFIDARE DI VALORI > 1

Audio Engineering Society Italian Section | La qualità acustica degli spazi per la musica | Ing. Lorenzo Rizzi | FIM FERRA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA | www.fimferra.it

Il suono al chiuso (3)

NOTA BENE
Solitamente $t < 0,001$

Sembra piccolo?

Se lo leggiamo su scala logaritmica
Rappresenta un famoso indice acustico

$$R = 10 \log_{10} (1 / t) \text{ dB}$$

IL POTERE FONOSOLANTE

RICORDA:
GRANDE DIFFERENZA FRA FONOAASSORBIMENTO E FONOSOLAMENTO

Audio Engineering Society Italian Section | La qualità acustica degli spazi per la musica | Ing. Lorenzo Rizzi | FIM FERRA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA | www.fimferra.it

Diffusione (1)

$$E_i = E_r + E_a = E_{\text{spec}} + E_{\text{diff}} + E_a$$

Coefficiente **energetico** di scattering

$$s = \sigma = E_{\text{diff}} / E_i$$

Tecniche di misura
Mommertz/Vorlander

Codificata nella recente norma
UNI EN ISO 17497 parte 1
UTILE NELLE SIMULAZIONI AL CALCOLATORE PER LE GRANDI SALE

Audio Engineering Society Italian Section | La qualità acustica degli spazi per la musica | Ing. Lorenzo Rizzi | FIM FERRA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA | www.fimferra.it

Diffusione (2)

UNI EN ISO 17497 parte 2: da AES 4id Cox e D'Antonio
Quanto si avvicina alla diffusione perfettamente omni dal punto di vista geometrico d=1

Permette analisi sulla geometria della riflessione diffusa

Audio Engineering Society Italian Section | La qualità acustica degli spazi per la musica | Ing. Lorenzo Rizzi | FIM FERRA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA | www.fimferra.it

Il suono al chiuso (4)

In una stanza si creano rapidamente numerose riflessioni.

Esempio stanza 6 x 5 m
Ricorda: $c = 344 \text{ m/s}$

Audio Engineering Society Italian Section | La qualità acustica degli spazi per la musica | Ing. Lorenzo Rizzi | FIM FERRA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA | www.fimferra.it

Il suono al chiuso (5)

Le riflessioni inizialmente sono misurabili, ben distinte e prevedibili con simulazioni al computer.

Dopo pochi centesimi di secondo esse si miselano fra loro creando una coda indistinta e imprevedibile

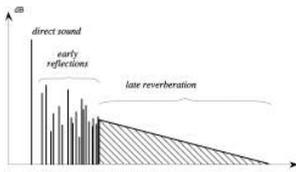
L'istante in cui si passa dalle **Prime riflessioni** alla **Coda riverberante** è detto tempo di miscelazione o t_{mix}

Audio Engineering Society Italian Section | La qualità acustica degli spazi per la musica | Ing. Lorenzo Rizzi | FIM FERRA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA | www.fimferra.it

Il suono al chiuso (5)

Il campo sonoro è detto **diffuso** quando c'è **equi-probabilità di direzione d'arrivo delle riflessioni**.

IL CAMPO SONORO DIFFUSO E' DETTO 'SABINIANO' PERCHE' ALLA BASE DELLA TEORIA DI SABINE C'E' QUESTA IPOTESI



NB Ciò vale per ambienti grandi e non troppo fonoassorbenti.

IN REALTA': nelle piccole stanze per la musica abbiamo molto fonoassorbimento e sorgenti ben direttive. Quindi la teoria statistica alla base della legge di Sabine non valgono completamente!

Audio Engineering Society Italian Section | La qualità acustica degli spazi per la musica | Ing. Lorenzo Rizzi | FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA | www.fimitalia.it

Analisi energetica (1)

Campo sonoro parzialmente riverberante (o semi-riverberante)

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right)$$

Una componente **diretta** segue la divergenza sferica come all'aperto, una componente **diffusa** è costante ed è legata alle riflessioni e quindi all'assorbimento presente nella stanza.

L_p = livello di pressione sonora all'interno dell'ambiente
 L_w = livello di potenza sonora della sorgente
 r = distanza sorgente ricevitore
 R = costante dell'ambiente
 Q = direttività

Audio Engineering Society Italian Section | La qualità acustica degli spazi per la musica | Ing. Lorenzo Rizzi | FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA | www.fimitalia.it

Analisi energetica (2)

Campo sonoro parzialmente riverberante (o semi-riverberante)

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right)$$

L_p = livello di pressione sonora all'interno dell'ambiente
 L_w = livello di potenza sonora della sorgente
 r = distanza sorgente ricevitore
 R = costante dell'ambiente
 Q = direttività

R è detta costante d'ambiente $R = S\alpha / 1 - \alpha$

Dove si considera la superficie totale del locale S e il coefficiente di fonoassorbimento medio

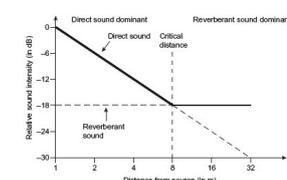
Audio Engineering Society Italian Section | La qualità acustica degli spazi per la musica | Ing. Lorenzo Rizzi | FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA | www.fimitalia.it

Analisi energetica (3)

Campo sonoro parzialmente riverberante (o semi-riverberante)

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right)$$

Nelle stanze in cui viviamo tutti i giorni abbiamo in realtà una divergenza sferica solo fino a una certa distanza dalla sorgente: **la distanza critica**.

$$d_c \approx 0,057 \sqrt{\frac{V}{RT}} \quad [m]$$


Prima della distanza critica abbiamo la perdita di 6 dB al raddoppio della distanza, dopo la distanza critica siamo nel campo riverberante che è **costante**.

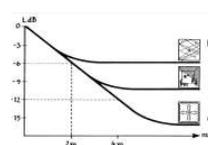
Audio Engineering Society Italian Section | La qualità acustica degli spazi per la musica | Ing. Lorenzo Rizzi | FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA | www.fimitalia.it

Analisi energetica (4)

NB Nel tipico locale pubblico in Italia non c'è materiale fonoassorbente, la distanza critica è piccola (circa 2 metri), per questo in molti casi anche allo stesso tavolo non ci si capisce e per questo la musica live non si sente come si dovrebbe.

Le piccole sale per la musica di solito sono molto assorbite e quindi la d_c è più lunga, il campo riverberante è meno significativo perché voglio sentire quello della registrazione o voglio modificarlo.

Per questo il teorema di Sabine va usato ma con attenzione!



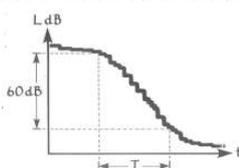
Audio Engineering Society Italian Section | La qualità acustica degli spazi per la musica | Ing. Lorenzo Rizzi | FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA | www.fimitalia.it

Analisi statistica – la formula di Sabine

Tempo necessario affinché il livello di energia sonora presente nell'ambiente decada di 60 dB (l'energia sonora in un ambiente decade di un milione di volte dal momento della sua interruzione)

$$T_{60} = 0.16 \frac{V}{\sum \alpha_i S_i} = 0.16 \frac{V}{A_m}$$

V = volume dell'ambiente [m³]
 S_i = superficie i-esima [m²]
 A_i = superficie fonoassorbente equivalente della superficie i-esima
 $A = \sum \alpha_i S_i$ [Sabin metrici]
 α_i = coefficiente di fonoassorbimento della superficie i-esima S_i



Audio Engineering Society Italian Section | La qualità acustica degli spazi per la musica | Ing. Lorenzo Rizzi | FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA | www.fimitalia.it

Il tempo di riverbero (1)

- Spesso è difficile misurare un pieno decadimento di 60 dB. Raramente abbiamo un SNR ≥ 70 dB in tutte le frequenze.
- Per questo misuriamo il decadimento su 20 o 30 dB e poi lo rapportiamo a una caduta di 60 decibel: in pratica si usano di più T_{20} and T_{30}

La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi

FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimitalia.it

Il tempo di riverbero (2)

Dipende dal volume e dalla quantità di materiale fonoassorbente.
E' il primo target di progetto nelle stanze per l'ascolto, per il parlato, per la musica.

Sono utili queste tabelle che danno il valore target di T_{60} a 500 Hz in funzione del volume e della destinazione d'uso della stanza.

La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi

FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimitalia.it

Il tempo di riverbero (3)

Dipende dal volume e dalla quantità di materiale fonoassorbente.
E' il primo target di progetto nelle stanze per l'ascolto, per il parlato, per la musica.

Nella musica moderna vogliamo che si sentano gli effetti e i Riverberi digitali:

Gli studi e gli ambienti per l'ascolto, cinema e gli ambienti per il broadcast dovranno quindi essere asciutti, avere un T_{60} corto

La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi

FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimitalia.it

Il tempo di riverbero (4)

ITU-R BS.1116-1 raccomandazione sul tempo di riverbero (equivalente a EBU 3276)

Il tempo di riverbero medio, T_m , misurato nelle bande da 200 Hz to 4 kHz dovrebbe essere:

$$T_m = 0,25 (V / V_0)^{1/3}$$

where:

V : volume della stanza in m³
 V_0 : volume di riferimento 100 m³.

Sono permesse delle tolleranze su T_m nelle frequenze 63 - 125 Hz e sopra gli 8 kHz come in figura.

La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi

FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimitalia.it

Il tempo di riverbero (5)

ITU-R BS.1116-1 recommendation about reverberation time (equivalente to EBU 3276)

Limiti in dimensione

Monofonico e stereo – floor area 20 – 60 m²

Multicanale – floor area 30 – 70 m²

Ciò si traduce in tempi di riverbero molto corti

Monofonico and stereo – T_m 0,15 - 0,21 sec
Multicanale – T_m 0,17 – 0,22 sec

OSS tempi di riverbero corti sono molto difficili da misurare, soprattutto a bassa frequenza dove la lunghezza del filtro può creare dei problemi

La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi

FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimitalia.it

Il tempo di riverbero (6)

Nel caso delle **sale di ripresa** vorremo un tempo di riverbero un po' più lungo.

Nelle **sale regia** vorremo il tempo di riverbero più corto per poter monitorare quello che è successo durante la registrazione.

Nelle **sale prova** dipende dal tipo di musica che si vuole suonarvi.
La musica moderna vuole tempi di riverbero corti, la musica acustica vuole un campo sonoro più diffuso

Nei **locali di musica dal vivo** è opportuno avere dei tempi di riverbero corti, ne giova alla qualità d'ascolto. OSS questo dà anche un piccolo aiuto all'isolamento verso l'esterno e verso le altre stanze (fa guadagnare 2, 3, 4 decibel, non fa miracoli)

La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi

FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimitalia.it

Analisi statistica (cont.)



$$f_c = 2000 \sqrt{\frac{T_R}{V}}$$

f_c Frequenza critica (o frequenza di Schroeder's), è la frequenza minima oltre la quale si realizza una tale sovrapposizione di modi di risonanza da rendere preferibile un'approccio statistico. [da Kuttruff]

$$S = 20 \text{ m}^2 - V = 60 \text{ m}^3 - T_m = 0,15 \text{ sec} - f_c = 98,7 \text{ Hz}$$

$$S = 40 \text{ m}^2 - V = 120 \text{ m}^3 - T_m = 0,18 \text{ sec} - f_c = 78,3 \text{ Hz}$$

Questo assunto teorico funziona bene in ambienti grandi e riverberanti
MA è importante ricordarsi che esiste un limite inferiore



Audio Engineering Society
Italian Section

La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi



FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimfiera.it

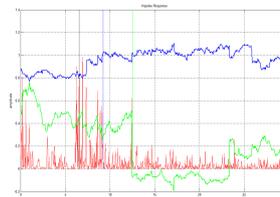
Analisi statistica (cont.)



Esiste un equivalente della frequenza di Schroeder nell'ambito temporale, il $t_{mix} = \sqrt{V}$

Questo istante divide in modo indicativo l'area delle prime riflessioni (deterministiche) da quella del campo diffuso (stocastiche)

Studi sulle curve di kurtosi della risposta all'impulso eseguite dall'autore mostrano come per ambienti non-Sabiniani il punto di transizione fra prime riflessioni e campo diffuso sia molto diverso da quello teorico.



Gli spazi dedicati alla musica moderna, oggi sono sempre ambienti non-Sabiniani: Il campo sonoro non è mai diffuso, le sorgenti sonore sono direzionali.



Audio Engineering Society
Italian Section

La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi



FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimfiera.it

Analisi deterministica



A bassa frequenza non valgono le assunzioni della teoria di Sabine, ciò è sempre più evidente al diminuire delle dimensioni delle stanze.

Quelle in cui viviamo hanno dimensioni strettamente legate a lunghezze d'onda di suoni percepibili e generabili da gran parte degli strumenti.

Doccia: $1 \times 1,5 \times 2,5 \text{ m}$ è paragonabile a tre suoni a 344, 229 e 137 Hz

NB sono tutte note generabili facilmente da una voce maschile, se la doccia è in muratura il fenomeno è molto forte.

Una piccola regia: $3,8 \times 4,5 \times 2,7 \text{ m}$ ($S = 17 \text{ m}^2$, $V = 46 \text{ m}^3$) ha tre suoni a 90, 76, 127 Hz



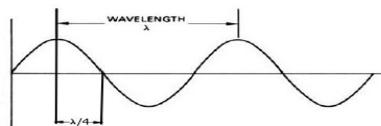
Audio Engineering Society
Italian Section

La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi



FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimfiera.it

Lunghezze d'onda



$$f = c / \lambda \text{ [Hz]}$$

$$\lambda = c / f \text{ [m]}$$



Audio Engineering Society
Italian Section

La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi



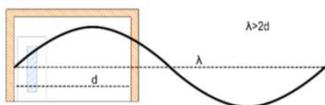
FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimfiera.it

Modi di risonanza assiali (1)



I suoni che hanno una lunghezza d'onda più grande della dimensione più grande della stanza quel suono non riusciranno a propagarsi al suo interno.

In realtà ciò avviene quando la lunghezza d'onda è maggiore del doppio della dimensione d



Audio Engineering Society
Italian Section

La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi



FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimfiera.it

Modi di risonanza assiali (2)

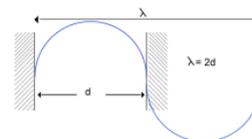


Quando la nota ha la fondamentale con lunghezza d'onda pari al doppio della dimensione della stanza otteniamo il primo modo assiale di risonanza

$$f_{1,0,0} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{1}{l}\right)^2} = \frac{c}{2l}$$

L'energia sonora si distribuisce con una onda stazionaria

Ricorda: abbiamo sempre dei massimi di pressione sonora vicino alle pareti.



Audio Engineering Society
Italian Section

La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi



FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimfiera.it

Modi assiali (3)

Il secondo modo si sviluppa quando la nota ha la fondamentale con lunghezza d'onda pari alla dimensione della stanza
Si creano delle onde stazionarie, con dei massimi e dei minimi di energia sonora.

$f_{1,0,0} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{1}{l}\right)^2} = \frac{c}{2l}$ First-order mode
 $f_{2,0,0} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{2}{l}\right)^2} = \frac{2c}{2l}$ Second-order mode
 $f_{3,0,0} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{3}{l}\right)^2} = \frac{3c}{2l}$ Third-order mode
 $f_{4,0,0} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{4}{l}\right)^2} = \frac{4c}{2l}$ Fourth-order mode

Audio Engineering Society Italian Section
 La qualità acustica degli spazi per la musica
 Ing. Lorenzo Rizzi
 FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
 www.fimfiera.it

Modi assiali (4)

Provate nel vostro studio. Generate dei toni puri ricordando che l è la lunghezza della stanza e c la velocità del suono
For example, for $l = 4.5$ m and $c = 344$ m/s, the pure tones will be:

38 Hz $f_{1,0,0} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{1}{l}\right)^2} = \frac{c}{2l}$ First-order mode
76 Hz $f_{2,0,0} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{2}{l}\right)^2} = \frac{2c}{2l}$ Second-order mode
114 Hz $f_{3,0,0} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{3}{l}\right)^2} = \frac{3c}{2l}$ Third-order mode
152 Hz $f_{4,0,0} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{4}{l}\right)^2} = \frac{4c}{2l}$ Fourth-order mode

Audio Engineering Society Italian Section
 La qualità acustica degli spazi per la musica
 Ing. Lorenzo Rizzi
 FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
 www.fimfiera.it

Modi di risonanza

$$f_{n1,n2,n3} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{n1}{l}\right)^2 + \left(\frac{n2}{w}\right)^2 + \left(\frac{n3}{h}\right)^2}$$

Dove
 l, w, h sono le dimensioni della stanza in metri
 C è la velocità del suono
 $N1, n2, n3$ sono numeri primi riferiti al numero di modo

I più forti sono i modi assiali che si sviluppano lungo una sola dimensione generando un'onda stazionaria

Audio Engineering Society Italian Section
 La qualità acustica degli spazi per la musica
 Ing. Lorenzo Rizzi
 FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
 www.fimfiera.it

Diffrazione (1)

Misure del pattern di riflessione di un pannello piano 1,44 m x 0,72 m x 0,26 m

At 125 and 250 Hz riflette come se fosse omnidirezionale
 In realtà il suono si diffrange intorno al pannello, l'energia torna indietro come se emessa da una sorgente puntiforme.

Audio Engineering Society Italian Section
 La qualità acustica degli spazi per la musica
 Ing. Lorenzo Rizzi
 FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
 www.fimfiera.it

Diffrazione (2)

Il suono interagisce con oggetti che siano più grandi di almeno un quarto della sua lunghezza d'onda.

Nelle misure di Parma abbiamo visto dei massimi dovuti alla diffrazione
 Proprio alle frequenze corrispondenti alla larghezza e alla profondità del pannello

Panel name	Width (mm)	f1 (Hz)	Depth (mm)	f2 (Hz)
Single reference	720	119.4	260	330.8
Double reference	1440	59.7	260	330.8

Audio Engineering Society Italian Section
 La qualità acustica degli spazi per la musica
 Ing. Lorenzo Rizzi
 FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
 www.fimfiera.it

Wavelengths in air (2)

Il suono interagisce con oggetti che siano più grandi di almeno un quarto della sua lunghezza d'onda.

$d > \lambda / 4$ [m]
 $f > c / (4d)$ [Hz]

Audio Engineering Society Italian Section
 La qualità acustica degli spazi per la musica
 Ing. Lorenzo Rizzi
 FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
 www.fimfiera.it

Wavelengths in air (3)

Freq. [Hz]	λ [m]	$\lambda/4$ [m]	Freq. [Hz]	λ [m]	$\lambda/4$ [m]
20	17.15	4.29	800	0.429	0.107
25	13.72	3.43	1000	0.343	0.086
31.5	10.89	2.72	1250	0.274	0.069
40	8.58	2.15	1600	0.214	0.054
50	6.86	1.72	2000	0.172	0.043
63	5.44	1.36	2500	0.137	0.034
80	4.29	1.07	3150	0.109	0.027
100	3.43	0.86	4000	0.086	0.022
125	2.74	0.69	5000	0.069	0.017
160	2.14	0.54	6300	0.054	0.014
200	1.72	0.43	8000	0.043	0.011
315	1.09	0.27	10000	0.034	0.009
400	0.86	0.22	12500	0.027	0.007
500	0.69	0.17	16000	0.021	0.005
600	0.57	0.14	20000	0.017	0.004

Audio Engineering Society Italian Section | La qualità acustica degli spazi per la musica | Ing. Lorenzo Rizzi | FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA | www.fimitalia.it

Diffrazione (3)

NB Il suono interagisce con oggetti che abbiano dimensioni pari ad almeno un quarto della sua lunghezza d'onda



La libreria è spessa 40 cm e larga 120 cm. Interagirà da

$$f_1 > 343/1.6 > 214.4 \text{ Hz}$$

$$f_2 > 343/4.8 > 71.5 \text{ Hz}$$

Noi siamo spessi 30 cm e larghi 60 cm. Interagiamo da

$$f_1 > 343/1.2 > 285.8 \text{ Hz}$$

$$f_2 > 343/2.4 > 142.9 \text{ Hz}$$

Audio Engineering Society Italian Section | La qualità acustica degli spazi per la musica | Ing. Lorenzo Rizzi | FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA | www.fimitalia.it

Assorbimento acustico (1)

Coefficiente di assorbimento $\alpha = (E_i - E_r) / E_i$

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

Il coefficiente di assorbimento di un materiale poroso varia con la frequenza e con l'angolo di incidenza del suono

E' funzione delle dimensioni delle fibre e delle porosità, dello spessore e della densità del materiale

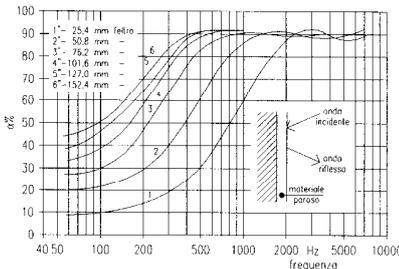
I meccanismi di assorbimento di un materiale poroso, che producono una conversione di energia sonora in calore, sono detti **fono-resistivi**, dipendono da

- Dissipazione viscosa nella cavità d'aria
- Attrito tra le fibre in vibrazione

Audio Engineering Society Italian Section | La qualità acustica degli spazi per la musica | Ing. Lorenzo Rizzi | FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA | www.fimitalia.it

Assorbimento acustico (2)

Andamento del coefficiente di assorbimento α in funzione della frequenza e dello spessore del materiale



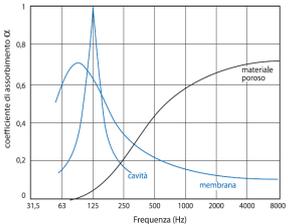
Audio Engineering Society Italian Section | La qualità acustica degli spazi per la musica | Ing. Lorenzo Rizzi | FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA | www.fimitalia.it

Materiali fonoassorbenti

Impiegati nei trattamenti acustici degli ambienti per controllare riflessioni indesiderate, riverberazione e rumore

- Materiali porosi (sfruttano la dissipazione viscosa)
- Risonatori di Helmholtz (sfruttano la risonanza della cavità)
- Pannelli (membrane) vibranti (sfruttano la risonanza del pannello)

>>> Sistemi composti



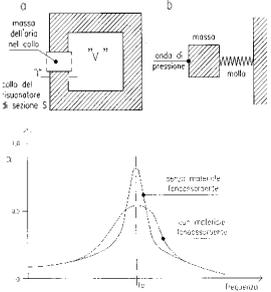
Audio Engineering Society Italian Section | La qualità acustica degli spazi per la musica | Ing. Lorenzo Rizzi | FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA | www.fimitalia.it

Risonatore di Helmholtz

Disperdono l'energia nella risonanza di una cavità

$$f_{ris} = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{LV}}$$

c velocità del suono [m/s]
 S sezione del collo [m²]
 L lunghezza effettiva del collo [m]
 V volume della cavità [m³]



Audio Engineering Society Italian Section | La qualità acustica degli spazi per la musica | Ing. Lorenzo Rizzi | FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA | www.fimitalia.it

Pannelli (membrane) vibranti

Disperdono l'energia per attrito nella risonanza di un diaframma

legno parete
pannello vibrante

$$f_{ris} = \frac{60}{\sqrt{(\sigma \cdot d)}}$$

σ densità superficiale del pannello [kg/m²]
 d distanza pannello - parete [m]

Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimfiera.it

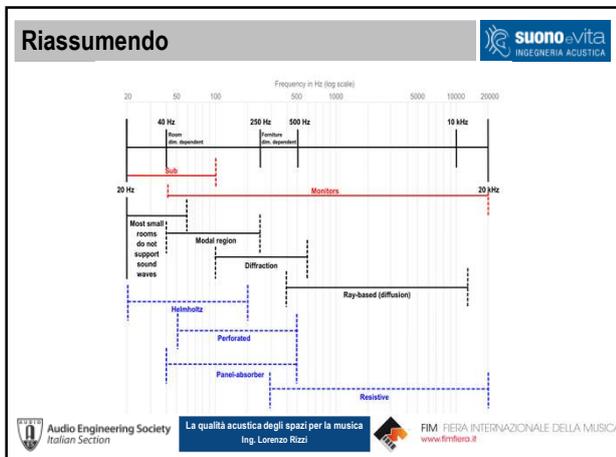
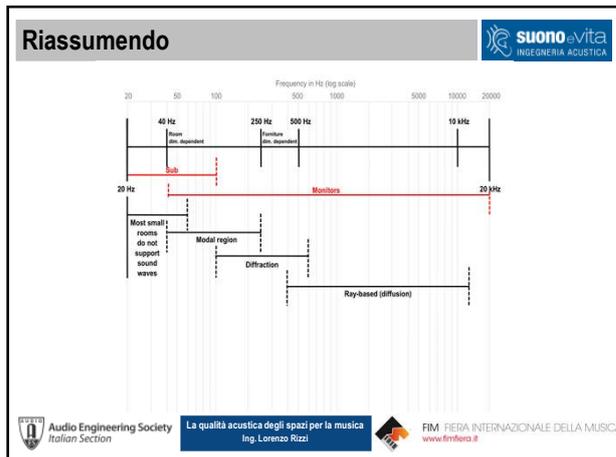
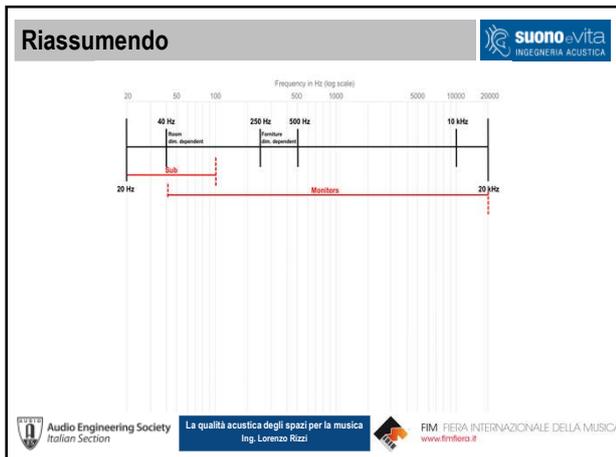
Pannelli diffondenti

Anche qui vale il principio che lo spessore regola la frequenza minima di funzionamento!

Un pannello con profondità massima dell'elemento di 5 cm funzionerà dai 1720 Hz

Un pannello con profondità massima dell'elemento di 20 cm funzionerà dai 415 Hz

Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimfiera.it



Part 2

PRACTICAL SECTION

Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimfiera.it

Protect your hearing (1)

• Prima regola per proteggere le vostre orecchie:
SE AUMENTATE IL LIVELLO SONORO DOVETE DIMINUIRE IL TEMPO DI ESPOSIZIONE

Remove any element and overexposure to noise is prevented

Reduce **loudness** or **duration** and exposure is reduced

Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimitalia.it

Protect your hearing (2)

Continuous dB	Permissible Exposure Time
85 dB	8 Hours
88 dB	4 hours
91 dB	2 hours
94 dB	1 hour
97 dB	30 minutes
100 dB	15 minutes
103 dB	7.5 minutes
106 dB	3.75 minutes (< 4 min)
109 dB	1.875 minutes (< 2 min)
112 dB	.9375 min (~ 1 min)
115 dB	.46875 min (~ 30 sec)

www.dangerousdecibels.org/

Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimitalia.it

Noise induced hearing loss (3)

- Da fonico, se volessi mixare a 88 dB, potrei lavorare per un max di 4 ore continuative per giorno. Se volessi mixare a 91 dB, solo per 2, al fine di non rischiare danni uditivi.
- Si consiglia di fare spesso pause in luoghi silenziosi per non affaticare l'udito
- Bob Katz, nel libro "Mastering Audio", propone di usare un sistema di ascolto calibrato con un livello SPL massimo nel punto di ascolto di 83 dBC
- Questo livello permette anche di non sottoporre le proprie orecchie a sforzi eccessivi.

Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimitalia.it

Rumore di fondo (1)

ITU-R BS.1116-1 recommendation about noise floor

The continuous background noise (produced by an air conditioning system, internal equipment or other external sources), measured in the listening area at a height of 1.2 m above the floor should preferably not exceed NR 10

Under no circumstances should the background noise exceed NR 15.

The background noise **should never be perceptibly impulsive, cyclical or tonal in nature.**

Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimitalia.it

Rumore di fondo (2)

Un basso rumore di fondo consente di avere un miglior SNR.

Più si riesce a mantenere basso il livello del rumore di fondo, meglio è: si produce una qualità dell'ascolto più alta

Il livello di rumore di fondo deve essere misurato in **dB lineari** con un fonometro

Necessario agire sull'insonorizzazione del locale, nel progetto dell'impianto di areazione/condizionamento, nel silenziare tutte le apparecchiature rumorose per riuscire ad ottenere lo scopo prefissato

NB Spesso costa meno inserire lo studio in una zona non rumorosa che insonorizzarlo

Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimitalia.it

Misura dello sweet spot (1)

Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimitalia.it

Misura dello sweet spot (2)



La correzione dei difetti acustici del punto di ascolto (sweet spot) è un aspetto cruciale negli ambienti dedicati alla musica (control room, sale di ascolto per audiofili, sale di mixaggio e mastering).

Un punto di ascolto non curato rende vani gran parte degli investimenti fatti per dotare il proprio ambiente di ascolti di elevata qualità

Le stanze (soprattutto se di piccole dimensioni, sotto i 60 mq) agiscono a tutti gli effetti come filtri acustici che amplificano ed attenuano determinate componenti dello spettro e modificano il pattern temporale del contenuto musicale

anche nell'ascolto near-field



Audio Engineering Society
Italian Section

La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi



FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimitalia.it

Come si misura il tempo di riverbero (1)



ISO 3382-2 del 2008

Strumentazione.

Sorgente omnidirezionale e che permetta di ricevere nel punto di misura un segnale di almeno 45 dB più alto del rumore di fondo per il T30 o 35 dB per il T20

Microfono omnidirezionale, preferibilmente diametro inferiore a 13 mm

Catena di misura in classe I di precisione.

NB per misure di precisione si devono usare almeno 2 posizioni di sorgente e almeno 3 posizioni di ricezione per ogni punto, sono consigliate comunque almeno 12 combinazioni, tutto va in funzione del volume dell'ambiente!

Ciò è importante nelle sale ripresa ma non nelle sale regia



Audio Engineering Society
Italian Section

La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi



FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimitalia.it

Come si misura il tempo di riverbero (2)



Riverbero in sala ripresa:

- posizioni di misura in diversi punti dello spazio consentono di effettuare medie spaziali e temporali consistenti (trovare le zone migliori della sala per ciascun strumento)
- diversi punti di misura consentono di evitare problemi dati da caratteristiche specifiche del punto di misura (es: picchi modal nella posizione della sorgente o del microfono)

Riverbero in sala regia:

- media di diversi punti di misura ravvicinati (attorno alla testa del fonico)
- mi interessa caratterizzare in modo completo le caratteristiche di quella specifica zona dell'ambiente
- userò il sistema d'ascolto (messo in flat) per comprendere già i suoi effetti



Audio Engineering Society
Italian Section

La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi



FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimitalia.it

Come si misura il tempo di riverbero (3)



ISO 3382-2 del 2008

Tecnica del rumore interrotto.

Si spegne un rumore rosa e si registra, se l'SNR è buono l'elaborazione è semplice perché basta filtrare e analizzare i decadimenti.

Metodo dell'integrazione della risposta all'impulso

- La risposta all'impulso può essere ottenuta con metodi diretti (balloon pop, clapper, blank gun) o indiretti (MLS, sinesweep).
- I metodi indiretti utilizzano l'elaborazione numerica (spesso segnali ad autocorrelazione impulsiva) per ottenere impulsi quasi perfetti.
- MLS è molto utile per luoghi ad alto rumore di fondo
- Sine sweep è una delle migliori perché esclude le non linearità del sistema misurato (tipicamente della catena audio)



Audio Engineering Society
Italian Section

La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi



FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimitalia.it

Un freeware per la risposta all'impulso



Il progetto Aurora del prof. Farina è stato portato sulla piattaforma Audacity Ed è **utilizzabile su WIN, OS e Linux Ubuntu**

Si deve installare la versione 2.0.0 di Audacity e copiare nella directory modules I files dei moduli scaricabili gratuitamente

<http://pcfarina.eng.unipr.it/Public/Aurora-for-Audacity/>

Proviamo a fare qualche esempio!

Generazione sweep – integrazione – analisi acoustical parameters



Audio Engineering Society
Italian Section

La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi

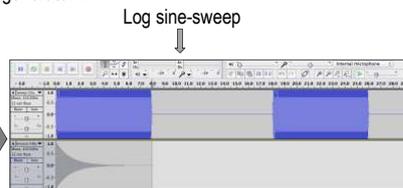
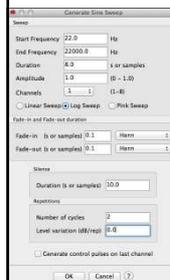


FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimitalia.it

Step 1: sine-sweep generation



Generate → Log sweep generator...



Inverse sweep

NB: Mute this track, but do not delete it.



Audio Engineering Society
Italian Section

La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi



FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimitalia.it

Step 2: record sine-sweep

Recorded sweep

Audio Engineering Society Italian Section
La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi
FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimitalia.it

Step 3: perform convolution

Effects → Aurora Convolver...

Audio Engineering Society Italian Section
La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi
FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimitalia.it

Convolution output

Audio Engineering Society Italian Section
La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi
FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimitalia.it

Step 5: calculate acoustical parameters

Analyze → Acoustical parameters...

	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	A	L _{in}
Signal (dB)	24.044	19.763	16.216	12.120	79.808	20.240	17.846	17.208	11.567	72.919	19.362	40.281
Noise (dB)	25.684	31.543	21.379	23.732	20.789	18.412	18.680	30.042	25.142	38.678	39.801	43.704
G (dB)	-34.956	-18.297	-2.260	2.336	1.808	1.049	2.846	4.358	2.507	3.933	0.362	3.281
C50 (dB)	0.022	5.805	8.812	1.431	1.296	6.822	4.807	4.976	7.996	10.911	4.928	4.172
C80 (dB)	0.480	11.452	6.007	4.713	3.400	6.307	8.822	7.648	11.289	15.104	7.233	6.643
D50 (ms)	60.118	70.162	70.230	58.164	57.407	57.248	71.213	75.873	86.358	82.501	76.673	72.319
T ₆₀ (ms)	631.582	39.100	67.279	78.320	77.860	49.512	46.804	37.616	20.041	14.931	41.819	47.438
EDT (s)	20.272	0.520	0.754	1.392	1.661	1.121	1.041	0.794	0.569	0.377	0.937	1.042
T ₃₀ (s)	23.900	-	1.101	1.582	1.957	1.390	1.251	0.966	0.607	0.399	1.280	1.344
T ₂₀ (s)	17.271	0.976	1.282	1.467	1.563	1.689	1.575	1.217	0.737	0.405	1.459	1.473
T ₁₀ (s)	12.505	0.918	1.250	1.418	1.676	1.893	1.644	1.151	0.680	0.417	1.050	1.038
Peakness (dB)	16.781	24.632	21.389	21.861	29.850	33.150	35.863	36.772	41.507	43.990	40.641	40.533
Mixtime (dB)	19.694	24.489	24.922	24.541	28.733	29.854	30.407	29.379	33.127	32.782	31.467	30.871
Impulse (dB)	16.488	19.271	18.814	17.670	18.906	19.851	19.849	18.888	20.162	20.918	19.951	18.687

Audio Engineering Society Italian Section
La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi
FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimitalia.it

Stima sul campo dei parametri acustici (1)

Se avete bisogno di una rapida stima dei parametri acustici potete usare il vostro smartphone

Usando sorgenti impulsive (clappatore, palloncini, battito di mani), una app come **APM Tool** vi permette di stimare subito i parametri acustici principali (T20, T50, EDT, C50, C80, D50, D80) su Android o iPhone

Audio Engineering Society Italian Section
La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi
FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimitalia.it

Stima sul campo dei parametri acustici (2)

I risultati sono buoni se si esegue una media su tanti punti e dipende dal tipo di telefono, dalla stanza e dalla sorgente sonora:
Clappatore da risultati buoni sopra 1 200 Hz
Battito di mani oltre 1 500/600 Hz

Non si sostituisce
A una misura con
Strumentazione professionale
Ma può essere utile nel live.

Audio Engineering Society Italian Section
La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi
FIM FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimitalia.it

Stima sul campo dei parametri acustici (3)

La versione full è disponibile sugli app store di riferimento.

Inserendo volume e destinazione d'uso vi dira se a 500 Hz la vostra stanza si sta comportando in modo sufficiente o no.

In caso negativo l'applicazione vi aiuta a scegliere il materiale migliore da mettere a soffitto, ciò può essere molto utile quando si vuole correggere un ristorante.

Ovviamente nel caso degli spazi per la musica è opportuno usare tecniche avanzate e comunque strumenti che ci diano risultati a partire dai 125 o a seconda dei casi dai 63 Hz o 40 Hz.



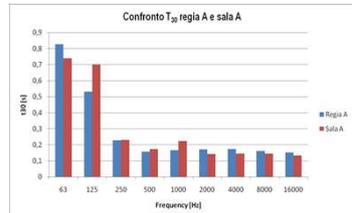


Analisi del tempo di riverbero

L'analisi tradizionale del tempo di riverbero è molto utile per effettuare paragoni fra diversi ambienti.

Riusita anche utile per capire se è necessario effettuare trattamento fonoassorbente sulle frequenze medio alte (> 1000 Hz)

E' rischioso usarlo come unico riferimento in bassa frequenza (sotto i 250 Hz) quindi va usato con attenzione alla visione d'insieme

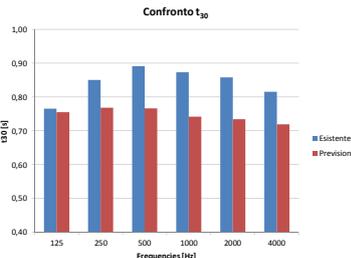





Esempio pratico (1)

A partire da una misura del tempo di riverberazione, è possibile stimare meglio l'effetto che il progetto di trattamento acustico avrà su di esso.

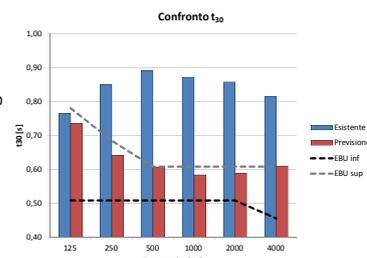
A partire dai valori di T60 (in blu nel grafico) è possibile stimare il valore di "A" esistente, invertendo la formula di Sabine

$$A_{m1} = 0.161 \frac{V}{T_R} \text{ m}^2$$





Esempio pratico (2)

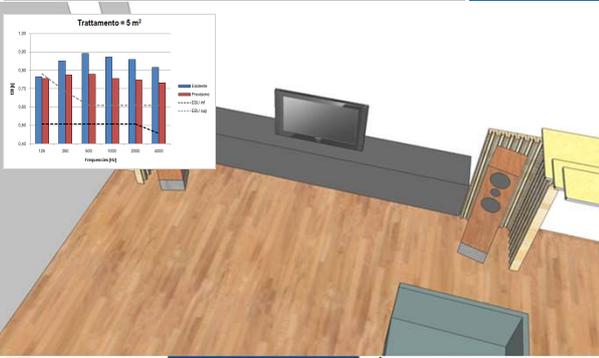
Conoscendo i T target di progetto (curva EBU-ITU) posso stimare A necessario per correggere la stanza, confrontando diverse soluzioni






Esempio pratico (3)

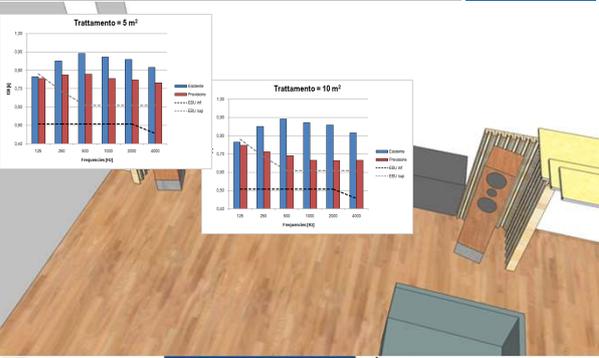
Treatmento = 5 m²



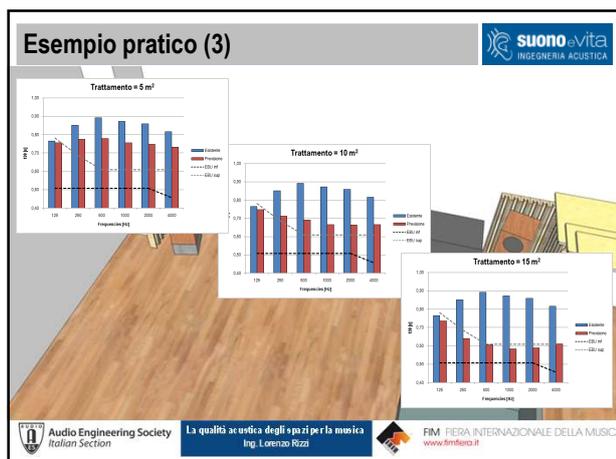



Esempio pratico (3)

Treatmento = 10 m²





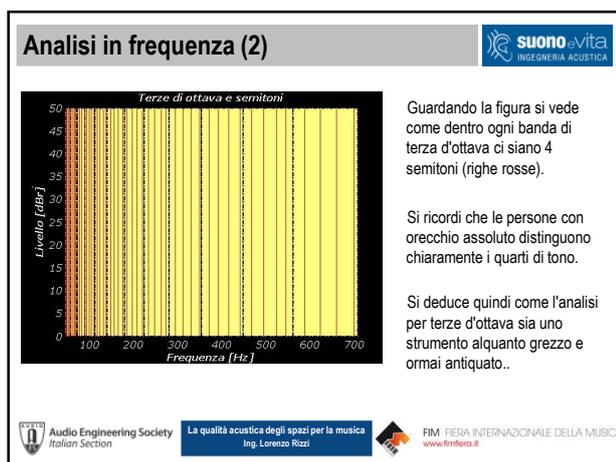



Analisi in frequenza (1)

L'osservazione in frequenza dello spettro della risposta all'impulso è il più tradizionale metodo di osservazione e analisi acustica.

Esso però fornisce informazioni solo su una piccola parte del comportamento acustico di un ambiente. Oggi vediamo perché.

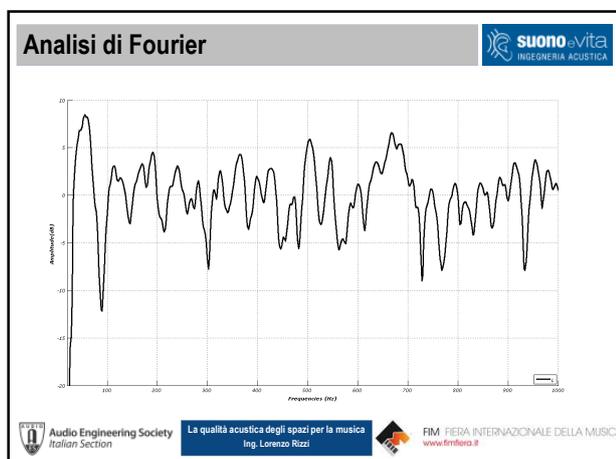
Un'analisi in ottave (utile ad esempio per il tempo di riverbero) o in terze d'ottava (equalizzatori a bande) non risulta avere una risoluzione tale da fornire informazioni utili allo scopo.



Sviluppo in serie di Fourier

- Qualsiasi suono periodico di periodo T, può essere rappresentata come somma di infinite funzioni sinusoidali (i toni puri)
- Ognuna di queste funzioni sinusoidali, prende il nome di armonica
- L'insieme delle armoniche è detto spettro
- Non entriamo nella teoria sulla trasformata di Fourier e la sua codifica digitale in DFT e poi FFT, la teoria matematica alla base risiede sugli stessi principi.

$$S_N(x) := \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^N (a_n \cos nx + b_n \sin nx)$$



Corretto settaggio asse dB (1)

Un grafico mal interpretato può spingere a provare diverse soluzioni (dispendiose in termini di tempo e denaro) che poi non portano i risultati sperati: tipicamente su internet si dichiara come eccezionale una curva in cui la dinamica dei deciBel è male settata, se la scala dell'asse dei deciBel va da 0 a 120 dB tutte le stanze sembrano flat!

Corretto settaggio asse dB (2)

suono.vita INGEGNERIA ACUSTICA

Esempio di spettro osservato fra -100 dB e +40 dB

Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimfiera.it

Corretto settaggio asse dB (3)

suono.vita INGEGNERIA ACUSTICA

Esempio di spettro osservato fra -20 dB e +20 dB

Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimfiera.it

Corretto settaggio asse frequenze

suono.vita INGEGNERIA ACUSTICA

Per una corretta visualizzazione dello spettro alle basse frequenze, è necessario settare l'asse x in modo lineare e non logartimico

NO

YES

L'asse lineare consente di avere maggiore dettaglio e chiarezza nella lettura del comportamento in bassa frequenza

Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimfiera.it

Analisi tramite FFT

suono.vita INGEGNERIA ACUSTICA

Steady state sound field: operational room respons curve (ITU-R BS.1116-1)

Better to make average of 3-4 measurements around sweet spot!

Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimfiera.it

Allineamento dx sx

suono.vita INGEGNERIA ACUSTICA

La misura FFT è utile per controllare il bilanciamento destro - sinistro che è uno dei target primari di un progetto di una buona sala regia.

Basta un punto di misura al centro della zona d'ascolto

Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimfiera.it

Ricerca triangolo ottimale (1)

suono.vita INGEGNERIA ACUSTICA

Nell'analisi dello sweet spot si può andare ad individuare il triangolo di ascolto ottimale per la situazione in esame

Il triangolo d'ascolto è quel triangolo che si forma fra l'ascoltatore e i monitor dx e sx

Si tratta di un triangolo equilatero (o leggermente isoscele) posizionato ad una distanza dalla parete posteriore da evitare cancellazioni dovute alla prima riflessione proveniente da essa (problematico in bassa frequenza)

Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimfiera.it

Ricerca triangolo ottimale (2)

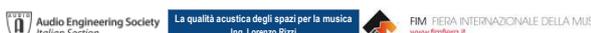
Se la stanza lo consente, i monitor dovrebbero essere collocati a più di 1,5 metri l'uno dall'altro, puntando i coni verso l'ascoltatore, dovrebbero stare a 1 metro dal muro frontale.

Il triangolo composto dalle due sorgenti e dalla testa di chi ascolta deve essere equilatero, se necessario l'angolo alla testa può essere ridotto da 60 gradi a non meno di 40 gradi.

I due monitors devono avere un' uguale altezza da terra : da 1,20 m a non più di 1,90 m

Si raccomanda di mantenere una **simmetria** rispetto all'ascoltatore: tanto spazio ho a destra, tanto ne avrò a sinistra così da avere un ascolto il più equilibrato possibile a entrambe le orecchie.

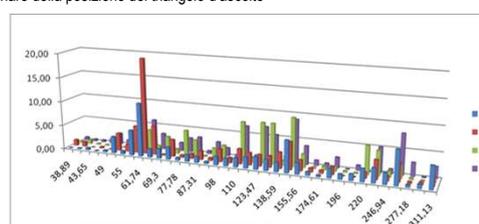
Si curi che non ci siano oggetti in prossimità della linea che collega direttamente i tweeters (i coni per gli alti) alle orecchie e che le casse poggino o siano appese su sistemi antivibranti.



Ricerca triangolo ottimale (3)

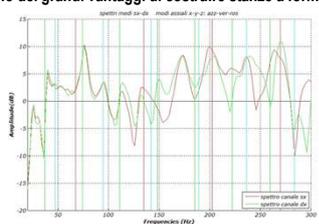
Nella scelta della posizione è necessario evitare le valli dei modi di risonanza

Il grafico mostra le variazioni che possono esserci fra le differenze dei canali destro e sinistro al variare della posizione del triangolo d'ascolto




Analisi modale (1)

Questo tipo di analisi si effettua sovrapponendo agli spettri dei canali destro e sinistro le posizioni in frequenza dei modi di risonanza assiali dell'ambiente in questione, **questo è uno dei grandi vantaggi di costruire stanze a forma di parallelepipedo!**



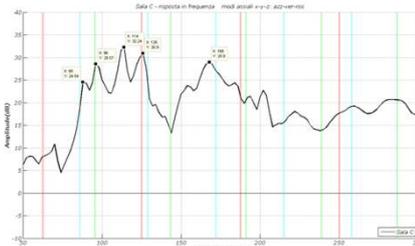
Per un accurato posizionamento dei modi è necessario misurare le dimensioni interne dell'ambiente

Il possibile disallineamento fra posizioni teoriche dei modi e picchi degli spettri ha molteplici motivazioni (ad es: presenza di mobili e arredamento)



Analisi modale (2)

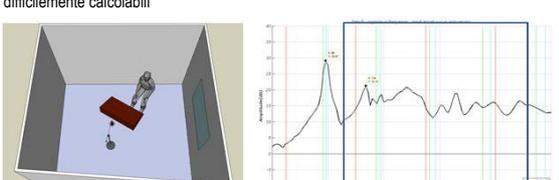
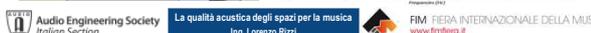
Questo tipo di analisi risulta utilissimo per la progettazione delle bass trap e nella ricerca del triangolo di ascolto ottimale




Analisi modale (3)

Si guardi l'immagine dell'esempio:

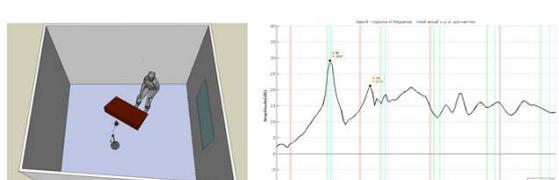
- la stanza è una sala di doppiaggio non rettangolare (pareti non parallele)
- i decadimenti modali mostrano risonanze anche non in coincidenza con le posizioni calcolate dei modi di risonanza
- il mito delle pareti non parallele** non consente di risolvere i problemi delle stanze: l'effetto dei modi di risonanza non viene eliminato, ma solo "spostato" su frequenze difficilmente calcolabili

Analisi delle risonanze modali (4)

Molto utile per decidere il posizionamento di altri sorgenti sonore:

- Subwoofer singolo o doppio in sala regia;
- Speaker in un booth;
- Altoparlanti in sala ripresa/sala prove.




Differenze spostandosi di pochi cm

Ulteriore attenzione: la risposta in frequenza dello sweet spot varia spostandosi di pochi centimetri!

Nell'immagine seguente vedremo la sovrapposizione degli spettri di due risposte all'impulso misurate a pochi centimetri di distanza l'una dall'altra.

Osservate di quale entità può essere la variazione!
 NB: la misura effettuata in un solo punto, non è rappresentativa una significativa descrizione della risposta acustica dello sweet spot.
 La **mediatura** fra diversi punti è necessaria!

Differenze spostandosi di pochi cm

Variazioni dovute alla diffrazione e al diverso effetto dei modi di risonanza

Analisi di Fourier: attenzione!

Il grafico precedente mostra il comportamento della stanza **a regime**

Il comportamento a regime (steady state) è valido per l'ascolto di note e suoni di lunga durata

Per quanto questo tipo di analisi sia importante rappresenta **uno ed un solo** aspetto della caratterizzazione acustica di un ambiente

Limiti analisi FFT

L'analisi FFT completerebbe l'indagine acustica di un ambiente se la musica fosse fatta di sinusoidi di lunghezza infinita.

Ma la **musica è fatta di transienti**, ovvero da quegli elementi di dinamicità temporale (transitorio) nelle fasi di attacco e decadimento di suono, che rendono, ad esempio, distinguibile un suono da un altro.

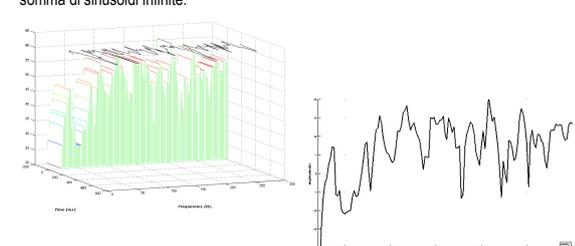
From FFT to EFT (1)

L'FFT esprime un'indicazione sul comportamento a regime della stanza.
 Ma l'andamento di un suono in uno spazio chiuso è composto da diverse parti.
 Imitiamo Mr. Sabine e diamo alla stanza una serie di suoni puri, ora li sovrapponiamo

From FFT to EFT (2)

From FFT to EFT (3)

Si noti come il comportamento a regime corrisponde all'FFT tradizionale perché così è la teoria di Fourier: scomporre una parte di segnale nel suo equivalente composta dalla somma di sinusoidi infinite.



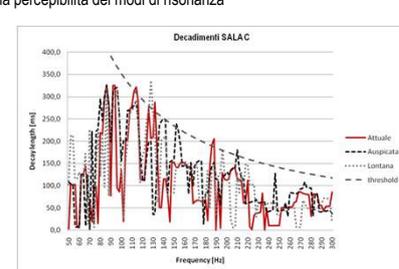
Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimfiera.it

Analisi decadimenti modali (1)

L'analisi dei decadimenti modali (transitori di chiusura) è molto importante:

- consente di andare oltre lo studio del tempo di riverbero e della FFT
- fornisce informazioni sulla percepibilità dei modi di risonanza

"Thresholds of detection for changes to the Q-factor of low frequency modes in listening environments" (M.R. Avis, B.M. Fazenda and W.J. Davies, JAES 2007)

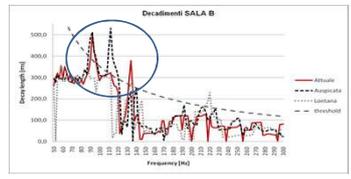
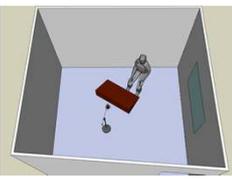


Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimfiera.it

Analisi decadimenti modali (2)

Osserviamo nuovamente l'esempio precedente (sala di doppiaggio con pareti non parallele)

- i decadimenti modali mostrano problemi in bassa frequenza
- si conferma che il mito delle pareti non parallele non consente di risolvere i problemi delle stanze

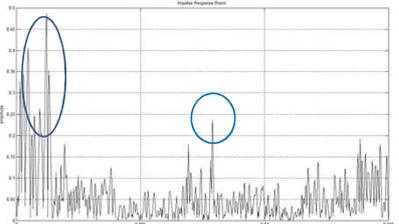
Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimfiera.it

Analisi temporale sulle riflessioni

Soffermandosi sui primi millisecondi della risposta all'impulso si può stabilire la presenza di riflessioni potenzialmente distruttive per l'ascolto (in quanto andrebbero a sbilanciare l'immagine stereofonica)

Buona norma è che le riflessioni stiano almeno 10 dB sotto il suono diretto nei primi 15 ms

Questo equivale ad una distanza di 5,16 m rispetto al suono diretto

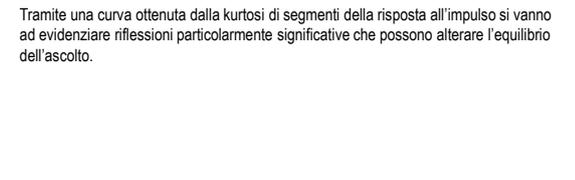


Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimfiera.it

Analisi statistica del campo sonoro (1)

Un innovativo tipo di analisi elaborato da SuonoVita propone un'indagine delle proprietà statistiche di miscelazione del campo sonoro (transizione fra le prime riflessioni deterministiche e il campo sonoro diffuso) con particolare attenzione per i piccoli ambienti.

Tramite una curva ottenuta dalla kurtosi di segmenti della risposta all'impulso si vanno ad evidenziare riflessioni particolarmente significative che possono alterare l'equilibrio dell'ascolto.

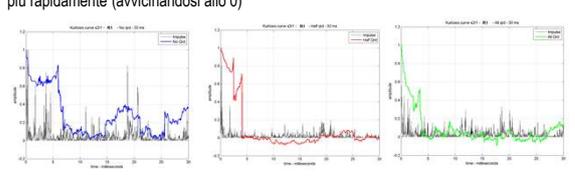


Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimfiera.it

Analisi statistica del campo sonoro (2)

L'utilizzo di pannelli diffondenti tipo QRD consente di facilitare la stabilizzazione del campo sonoro, aiutando la formazione rapida di un campo sonoro diffuso

I grafici seguenti sono stati realizzati con diverse quantità di pannelli (in numero crescente da sinistra verso destra): si noti come le curve di kurtosi vadano a stabilizzarsi più rapidamente (avvicinandosi allo 0)



Audio Engineering Society Italian Section La qualità acustica degli spazi per la musica Ing. Lorenzo Rizzi FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA www.fimfiera.it

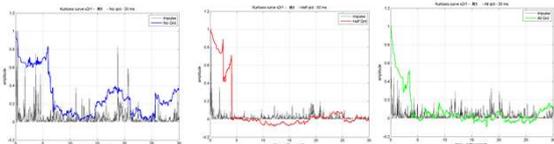
Analisi statistica del campo sonoro (3)



Riferimenti:

L.Rizzi and G.Ghelfi, "Measuring Mixing Time in non-Sabinian rooms: how scattering influences small-rooms responses" 132nd AES Convention, Budapest, April 2012.

L.Rizzi and G.Ghelfi, "Scattering effects in small-rooms: from time and frequency analysis to psychoacoustic investigation" 134th AES Convention, Roma, Maggio 2013.



La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi



FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimfiera.it

Analisi avanzata – Eigenmike (1)



La risposta all'impulso consente non fornisce abbastanza informazione riguardo la direzione di provenienza dei suoni riflessi che compongono la coda riverberante o che interferiscono col suono diretto proveniente dalla sorgente sonora e che influenzano la resa sonora dell'ambiente.

Grazie agli studi sugli array microfonici del team di ricerca del Prof. Angelo Farina e all'utilizzo del primo microfonico sferico ad alta risoluzione, l'eigenMike™ EM32 della mhAcoustics si sono sviluppate avanzate tecniche di combinazione matriciale di segnale.



La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi



FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimfiera.it

Analisi avanzata – Eigenmike (2)



Infatti attraverso un filtraggio digitale si ottengono i segnali che sarebbero stati catturati da un numero arbitrario di microfoni con direttività (apertura della risposta polare) e orientazioni arbitrarie piazzati nello stesso punto dell'ambiente in cui l'eigenMike™ viene posto durante la registrazione.

Ed è proprio questa tecnica detta di 'virtualizzazione', se usata durante la misurazione della risposta impulsiva di un ambiente, consente di "spaccare" la classica risposta omnidirezionale in tante piccole fette che ricoprono l'intero angolo solido.

Fette che, analizzate istante per istante, frequenza per frequenza, permettono la creazione di un panorama visuale dinamico che rappresenta il comportamento acustico dell'ambiente in esame

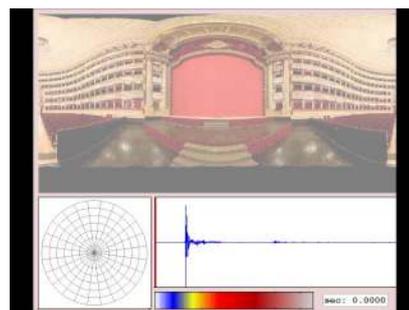


La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi



FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimfiera.it

Analisi avanzata – Eigenmike (3)

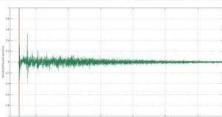


La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi



FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimfiera.it

Analisi avanzata – Eigenmike (4)



La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi



FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimfiera.it

Ricapitolando



- Le stanze piccole non saranno mai essere perfette ma possono essere ottimizzate: la misura è l'unica strada per acquisire la consapevolezza e lavorare poi al meglio
- Usate un fonometro a bassa precisione (2 dB di errore) per proteggere le vostre orecchie e abbassare il rumore di fondo;
- I tempi di riverbero sono molto importanti per iniziare un progetto di correzione ma mancano di precisione a bassa frequenza;
- Simmetria sul piano mediano della stanza, anche del mobilio;
- FFT è utile per posizionare le sorgenti sonore (tria/penta/speaker/sub);
- Usare l'analisi modale sull'FFT per progettare le trappole per le basse frequenze;
- MA ricordate di controllare le durate dei decadimenti per decidere i primi target
- Usate l'analisi della risposta all'impulso (RIR) per controllare le prime riflessioni, i pannelli diffusori possono essere utili



La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi



FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimfiera.it



Grazie per la vostra attenzione.

rizzi@suonoevita.it
www.suonoevita.it/

VENITE A TROVARCI AL NOSTRO STAND



Audio Engineering Society
Italian Section

La qualità acustica degli spazi per la musica
Ing. Lorenzo Rizzi



FIM FIERA INTERNAZIONALE DELLA MUSICA
www.fimfiera.it