

# L'acustica dell'aula Bianchini del Conservatorio S. Cecilia

di Federico Scalas

L'aula Bianchini è il locale che ospita il laboratorio di musica elettronica del Conservatorio S. Cecilia di Roma dove si svolgono tutte le attività didattiche del corso di musica elettronica.

Lo studio è improntato al rilievo delle caratteristiche architettoniche dell'aula e dei materiali impiegati al fine di calcolare, la *Costante della Stanza*, il *Tempo di Riverberazione*, la *Frequenza Critica*, la *Distanza Critica* in base al tipo di sorgente sonora e le prime *Frequenze Modali*.

L'aula ha la forma di un parallelepipedo di con le seguenti dimensioni larghezza: 6.75m profondità: 8.1m altezza: 3.61m, il pavimento è di parquet di legno, il soffitto è costituito da una controsoffittatura in pannelli acustici sospesi, alle pareti in intonaco semplice è applica una boiserie in legno dal pavimento fino ad un'altezza di 1.09m oltre ad una porta d'ingresso in legno sono presenti 4 finestre con telaio in legno e vetro semplice, come si può meglio vedere dalla pianta in scala allegata.

## Il tempo di riverberazione

Il tempo di riverberazione si ottiene applicando la seguente formula:

$$RT_{60} = \frac{0,161V}{S\alpha}$$

Dove: 0.161 è una costante derivata dalla velocità del suono

V è il volume della stanza in *mc*

S è la superficie totale in *mq*

$\alpha$  è coefficiente medio di assorbimento

Il coefficiente medio di assorbimento  $\alpha$  si ricava da una tabella con i coefficienti dei singoli materiali impiegati per ogni porzione di superficie e ricavando la media con la seguente formula:

$$\alpha = \frac{S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + \dots + S_n\alpha_n}{S}$$

dove

$S_1, S_2, \dots, S_n$  = superfici dell'ambiente

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  = rispettivi coefficienti d'assorbimento

La frequenza critica, cioè il valore al di sopra della quale il comportamento segue le regole della diffusione è dato dalla seguente formula:

$$f_c = 2.000 \sqrt{\frac{RT_{60}}{V}}$$

Dove

$f_c$  = frequenza critica

2.000 = costante di tempo<sup>3</sup>

$RT_{60}$  = tempo di riverbero

V = volume (in  $mt^3$ )

E quindi la distanza critica, cioè la distanza oltre la quale il suono riverberato diventa predominante sul suono diretto si calcola con la seguente formula:

$$r = 0,141 \sqrt{RQ}$$

dove

$r$  = distanza critica

0,141 = costante

$R$  = costante della stanza

$Q$  = direttività della sorgente (in rapporto ad una sfera)

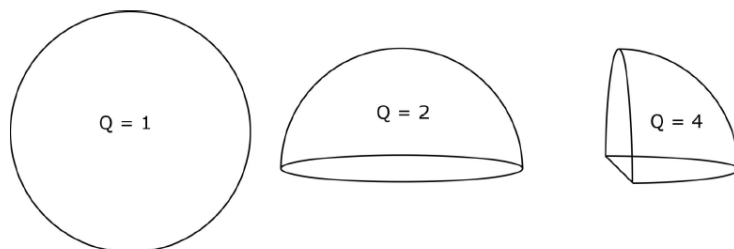


fig. 8: direttività in rapporto ad una sfera

Al fine di rendere automatico il calcolo ho programmato un foglio di calcolo, dove è sufficiente inserire le quote delle superfici selezionando il materiale corrispondente, è applicando le formule suddette il programma ci restituisce i risultati, nelle scelte è possibile inserire anche in numero variante della'arredo e delle persone presenti, (sedie imbottite e non e pubblico presente) in modo da poter simulare in tempo reale come varia la risposta acustica nelle varie condizioni.

## CALCOLO DEI TEMPI DI RIVERBERAZIONE

Superficie in m <sup>2</sup>	materiale	Coefficienti di Assorbimento alle differenti frequenze						
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	NRC
54.67	Pavimento in legno	0.40	0.30	0.20	0.20	0.15	0.10	0.22
54.67	Pannello acustico, sospeso	0.50	0.70	0.60	0.70	0.70	0.50	0.61
62.16	Intonaco comune, su canniccio	0.20	0.15	0.10	0.05	0.04	0.05	0.09
30.93	Pavimento in legno	0.40	0.30	0.20	0.20	0.15	0.10	0.22
3.06	Pavimento in legno	0.40	0.30	0.20	0.20	0.15	0.10	0.22
11.06	Vetro comune	0.30	0.20	0.20	0.10	0.07	0.04	0.15
0.00	vuoto	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	vuoto	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	vuoto	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	vuoto	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	vuoto	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	vuoto	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Numero Arredi	materiale	Coefficienti di Assorbimento alle differenti frequenze di persone e arredi						
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	NRC
0	Vuoto	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	Vuoto	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	Vuoto	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	Vuoto	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Volume m <sup>3</sup>	Superficie totale m <sup>2</sup>	Coefficiente medio di assorbimento	Coefficiente medio di assorbimento	Coefficiente medio di assorbimento	Coefficiente medio di assorbimento	Coefficiente medio di assorbimento	Coefficiente medio di assorbimento	Coefficiente medio di assorbimento
197.36	216.55	0.36	0.35	0.27	0.28	0.25	0.18	0.28

Tempo di Reverberazione RT <sub>60</sub> in sec	0.40	0.42	0.54	0.53	0.58	0.80	0.53
--	------	------	------	------	------	------	------

Frequenza Critica in Hz	103.51
-------------------------	--------

Superficie Pavimento m <sup>2</sup>	54.67
-------------------------------------	-------

Altezza m	3.61
-----------	------

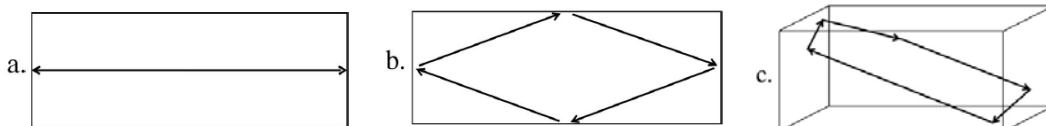
Costante della stanza 'R'	242.86
---------------------------	--------

Direttività sorgente 'Q'	1
--------------------------	---

Distanza Critica in m	2.20
-----------------------	------

# Modi di Risonanza

Per lo studio delle frequenze modali, cioè delle onde stazionarie che si generano tra due pareti contrapposte nella direzione assiale, tangenziale e obliqua



si applica la seguente formula:

$$F = \frac{c}{2} \sqrt{\frac{p^2}{L^2} + \frac{q^2}{W^2} + \frac{r^2}{H^2}}$$

dove  $c$  = velocità del suono 344 m/s

$L, W, H$  = dimensioni della stanza (larghezza, profondità e altezza) in m

$p, q, r$  = numeri interi (definiscono l'ordine e il tipo di frequenze modali. Ad es. la terna 1,0,0 definisce il primo modo assiale sull'asse  $L$ , la terna 0,0,1 il primo modo assiale dell'asse  $H$ , la terna 2,1,0 il modo tangenziale dato dal secondo modo dell'asse  $L$  e dal primo modo dell'asse  $W$ , ecc.)

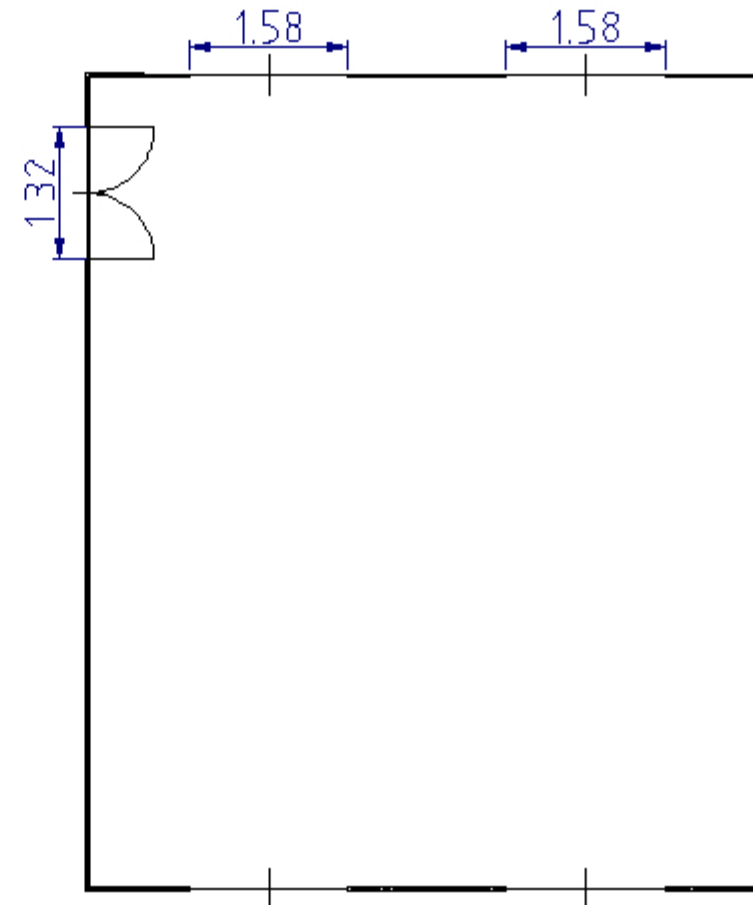
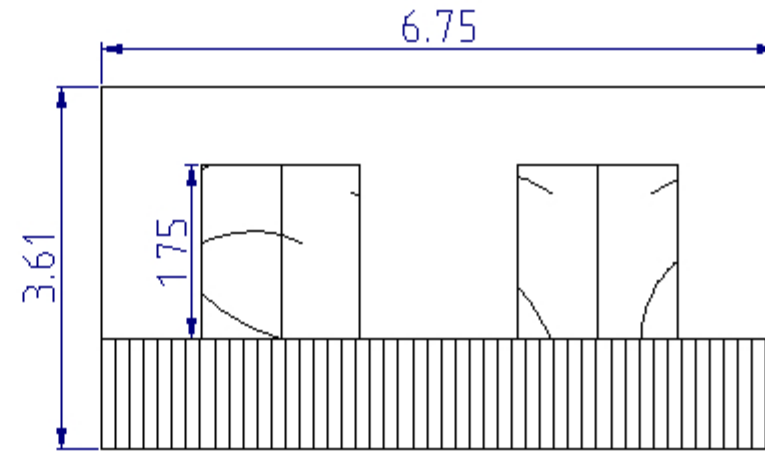
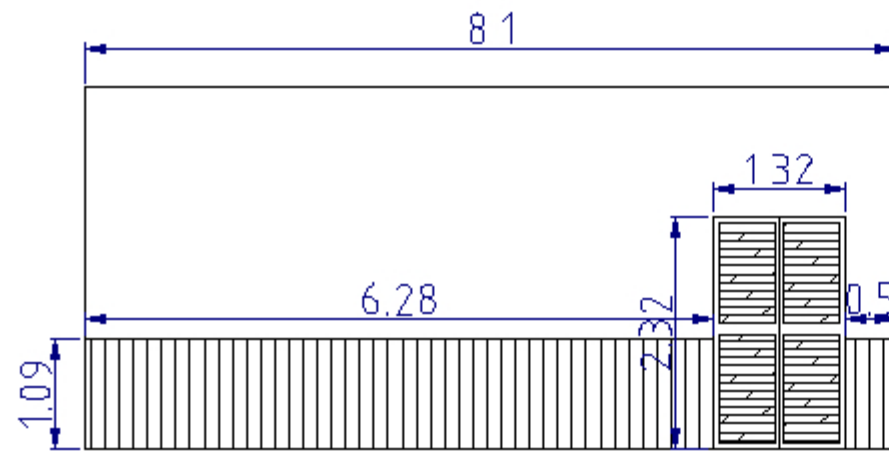
Anche per questo calcolo ho programmato un foglio di calcolo dove è sufficiente inserire le tre misure della stanza (larghezza, profondità e altezza), e in automatico otterremo le prime 27 frequenze modali.

# CALCOLO DELLE FREQUENZE MODALI

MODI	FREQUENZE Hz	TERNE MODALI			TIPOLOGIA
		p	q	r	
1	21.23	1	0	0	assiale
2	47.65	0	0	1	assiale
3	52.16	1	0	1	tangenziale
4	42.47	2	0	0	assiale
5	25.48	0	1	0	assiale
6	63.83	2	0	1	tangenziale
7	33.17	1	1	0	tangenziale
8	54.03	0	1	1	tangenziale
9	58.05	1	1	1	obliquo
10	95.29	0	0	2	assiale
11	63.70	3	0	0	assiale
12	49.53	2	1	0	tangenziale
13	97.63	1	0	2	tangenziale
14	79.55	3	0	1	tangenziale
15	68.72	2	1	1	obliquo
16	104.33	2	0	2	tangenziale
17	98.64	0	1	2	tangenziale
18	68.61	3	1	0	tangenziale
19	100.90	1	1	2	obliquo
20	84.94	4	0	0	assiale
21	83.53	3	1	1	obliquo
22	114.62	3	0	2	tangenziale
23	97.39	4	0	1	tangenziale
24	107.39	2	1	2	obliquo
25	142.94	0	0	3	assiale
26	144.50	1	0	3	tangenziale
27	88.68	4	1	0	tangenziale

DIMENSIONI STANZA m	
LARGHEZZA	8.10
PROFONDITA'	6.75
ALTEZZA	3.61

# Pianta aula Bianchini Conservatorio Santa Cecilia



S1: superficie pavimento parquet= 54.67 mq

S2: superficie soffitto pannelli sospesi= 54.67 mq

S3: superficie pareti intonaco= 62.16 mq

S4: superficie boiserie legno= 30.93 mq

S5: superficie porta legno= 3.06 mq

S6: superficie finestre vetro= 11.06 mq

Superficie totale= 185,61 mq

Volume stanza= 197,36 mc