

Acoustic design

Settimo Torinese

24-02-11

Progettazione degli
studi di registrazione

Dott. Donato Masci

info@acousticdesign.it

Schema della presentazione

1. Introduzione, presentazione attività
2. Cosa vuol dire “progettare uno studio di registrazione”
3. Organizzazione di uno studio di registrazione
4. Analisi acustica di uno studio di registrazione
5. Dispositivi di correzione acustica
6. Alcuni studi di registrazione

Presentazione

Acoustic design

www.acousticdesign.it

The screenshot shows the homepage of the Acoustic Design website. At the top left is the logo "Acoustic design" in a mix of script and sans-serif fonts. To its right is a navigation menu with items: Home, Info e Contatti -, Progettazione -, Consulenza, Misurazioni Acustiche e Collaudi, Didattica -, and Portfolio. Below this is a secondary menu with: Chiese, Radio, Sale da Conferenza, Studi di Registrazione, and Teatri. The main content area features a horizontal carousel of five project images with captions: "Radio Toscan...", "Internationa...", "Studio Storn...", "Auditorium d...", and "Santuario di...". Below the carousel are two columns of "recenti progetti". The left column, titled "recenti progetti di studi di registrazione", features "International Sound, Conversano (BA)" with a small image and text describing it as a recording studio with wood paneling and a 5+1 room. The right column, titled "recenti progetti di teatri", features "Auditorium di Maria Theotokos, Loppiano" with a small image and text describing it as a multifunctional theater with 1200 seats. To the right of these columns is a "Chi siamo" section with a "News" link, containing a paragraph about the company's services and a list of staff members: Fabrizio Giovanozzi (acoustic and electronic engineer), Donato Masci (acoustic physicist), and Luca Tommasi (acoustic technician).

giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Progettazioni acustiche

- Studio di registrazione
- Teatro
- Chiesa
- Auditorium
- Studi radio/televisivi
- Consulenze in acustica per l'edilizia



Portfolio

Giovannozzi - Acoustic Design

- Bocelli, Ramazzotti, Ligabue, Litfiba, Venditti, Mogol
- Grandi strutture come il Larione 10, International Sound Conversano etc. per un totale di circa 200 studi di registrazione in Italia
- Studi Televisivi e regie Mediaset (Matrix, Striscia la notizia, Nomentano, Palatino)
- Chiesa e Teatro di Santa Maria Theotokos, Loppiano, nuova chiesa di Terranuova Bracciolini (Arch. Mario Botta)
- Teatro del Popolo di Colle Val D'Elsa, Teatro del Popolo Castelfiorentino, Teatro dei Risorti Buonconvento, Politeama Poggibonsi, nuovo Teatro Bucci San Giovanni Valdarno, nuovo Teatro Boccaccio Certaldo

Acoustic design

Cosa vuol dire
“progettare uno studio di
registrazione”

Elementi legati alla progettazione

1. Design della struttura
2. Isolamento acustico (tra sala e sala e tra sala ed esterno)
3. Ottimizzazione acustica dell'interno
4. Consulenza per impianto areazione
5. Consulenza per impianto elettrico
6. Cablaggio audio

I. Design della struttura

- Consulenza per la scelta del locale
- Disegni preliminari
- Ottimizzazione dei disegni sulla base delle necessità del committente
- Integrazione nel disegno di arredamenti ed attrezzatura audio-video-musicale

2. Isolamento acustico

- Pareti
- Soffitto
- Pavimento
- Porte
- Vetri
- Valutazione del tipo di isolamento necessario
- Scelta materiali
- Posa in opera
- Progetti per porte
- Progetti per vetri

3. Ottimizzazione acustica

- Stima a priori dei parametri acustici della sala (CAD acustico, formule e modelli)
- Calcolo delle frequenze modali e analisi di possibili criticità
- Ideazione di dispositivi di correzione acustica (assorbitori, diffusori) che potrebbero risolvere le criticità e si potrebbero integrare nel disegno

4. Consulenza per impianto areazione

- Aereazione silenziosa (velocità dell'aria lenta)
- Integrazione nel disegno dei punti di mandata, ripresa dell'aria
- Fornire all'installatore le specifiche per i silenziatori e per la messa in opera dell'impianto di areazione

5. Consulenza per impianto elettrico

- Messa a terra “fatta bene”
- Divisione linee (luci, condizionatori, audio)
- Evitare luci neon, faretti a bassa tensione e altre luci con trasformatori
- Fornire specifiche per eventuali filtri per condizionatori (creano spesso rumori ad alta frequenza 5000÷9000 Hz)

6. Consulenza per cablaggio audio

- Tipo di cavo da utilizzare, a seconda della metratura
- Attenzione agli anelli con l'impianto elettrico
- Routing dei segnali e progettazione impianto audio

Acoustic design

Organizzazione di uno studio di registrazione

Scelta del locale

- Attenzione all'altezza: un'altezza di 3 metri dopo un'insonorizzazione standard si ridurrà a circa 2,60 m (considerando soffitto e pavimento), che è un'altezza scarsa per uno studio di registrazione.
- Attenzione alle pareti parallele.
- Attenzione alla geometria della stanza e alle dimensioni (evitare stanze cubiche!).
- Attenzione alle finestre e alla loro dislocazione.
- Attenzione alle murature già esistenti.

Disegno preliminare

1. Capire dove piazzare la regia e di che dimensioni deve essere (stereo, 5.1 etc)
2. Capire il tipo di sala di ripresa da fare e incastrarla in modo intelligente con la regia
3. Cercare di adattare lo spazio rimanente per creare altri locali di servizio (iso-booth, sala macchine, magazzini)

La Regia

control-room



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

La regia ha un punto di
ascolto privilegiato:
quello dell'operatore

Disposizione delle casse

Comitati tecnici per standardizzare specifiche:

AES (Audio Engineering Society)
German Surround Sound Forum
ITU (International Telecommunication Union)

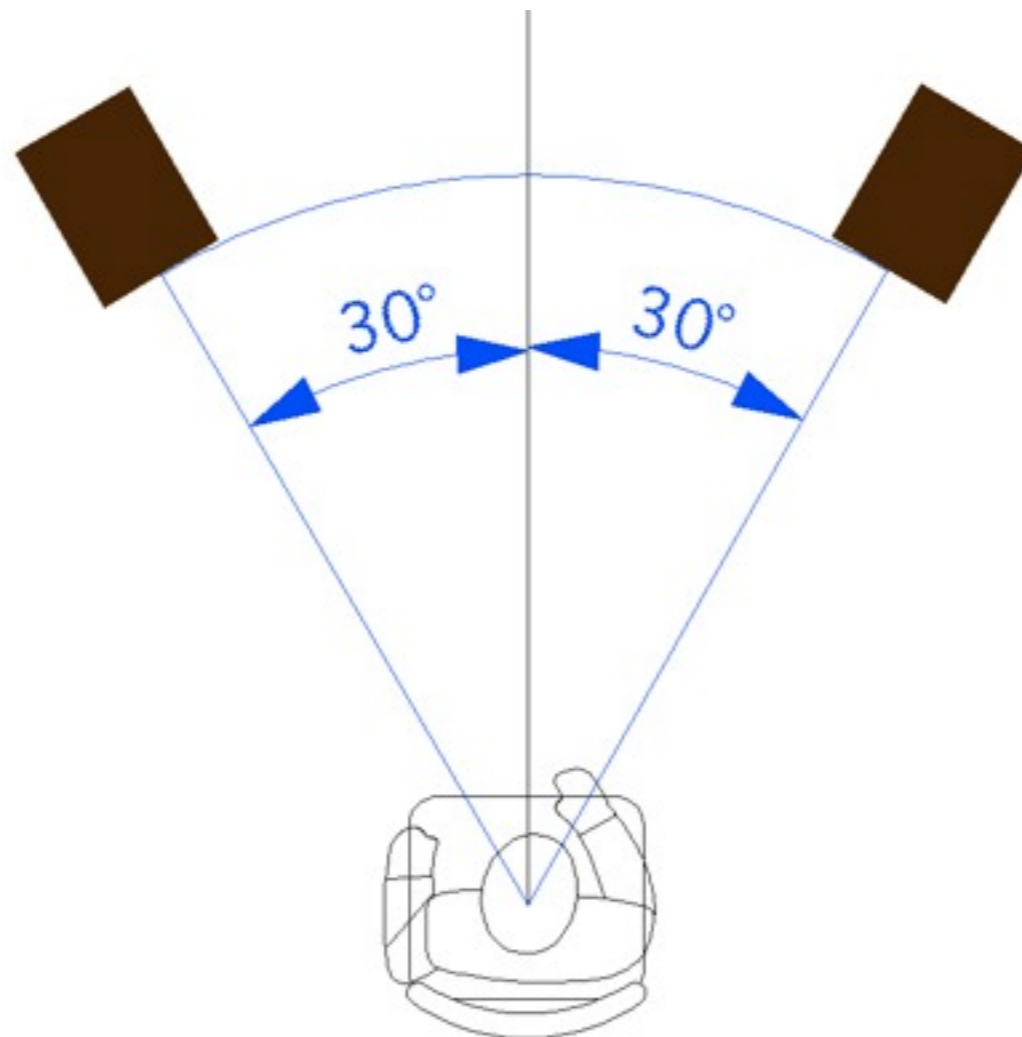
Raccomandazioni per la riproduzione surround:

ITU-R BS 775-1 *“Multichannel stereophonic sound system with and without accompanying picture”* (Geneva, 1992-94)

ITU-R BS 1116-1 *“Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems including multichannel sound systems”* (Geneva, 1994-97)

STEREO

Molti lavori di ricerca sono stati fatti negli ultimi 50 anni per determinare il migliore angolo di posizione di due altoparlanti riproducenti materiale stereo.



Per riprodurre un centro mono virtuale l'angolazione migliore è 60°.

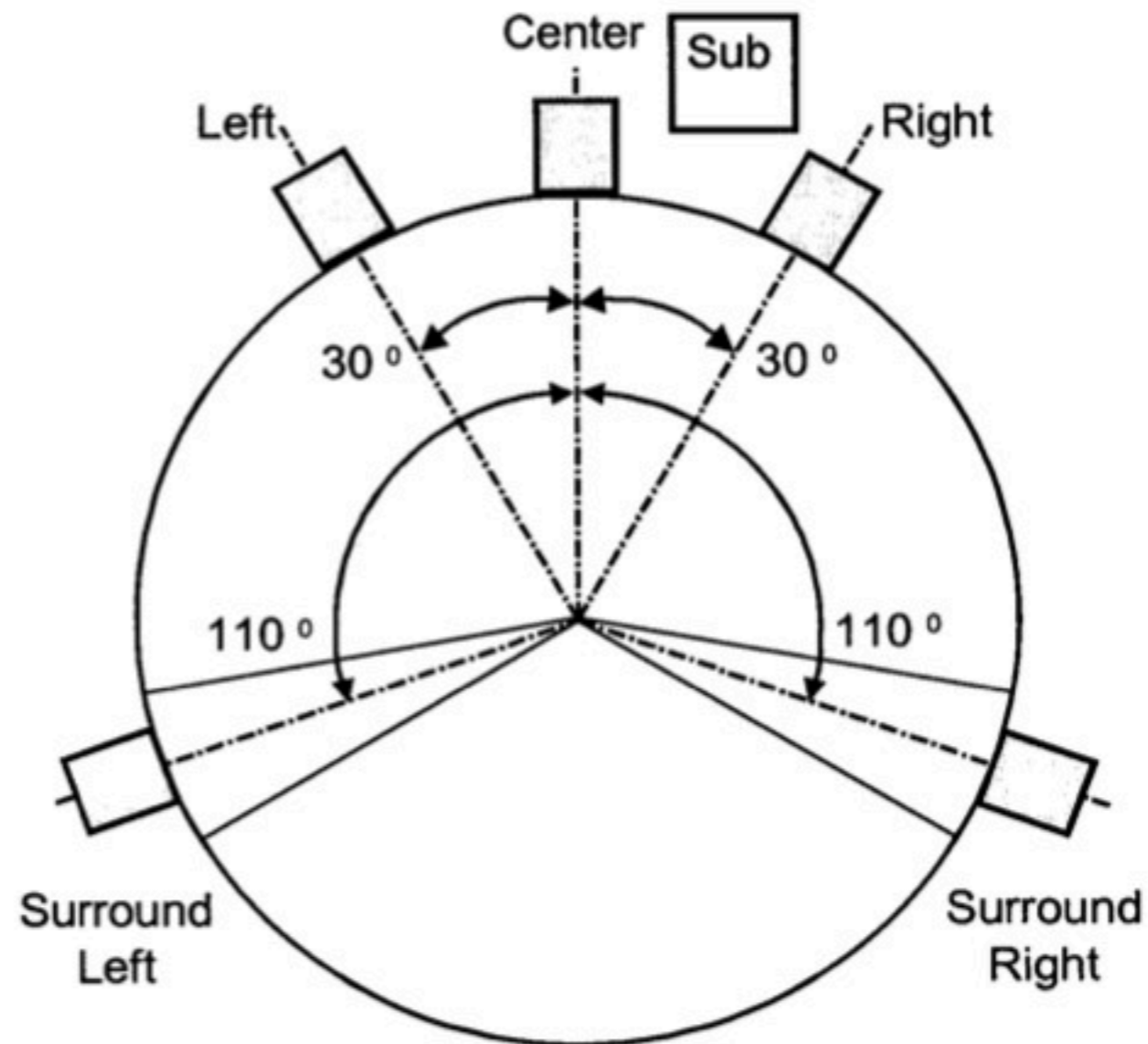
Multi canale 5.1

Specifiche ITU-R BS 775-1

La risoluzione del sistema orecchio/cervello è di circa 3 gradi sopra l'orizzonte d'ascolto delle orecchie e da 3 a 10 gradi sotto tale orizzonte.

È fortemente raccomandato che gli altoparlanti siano collocati ad uguale distanza dalla posizione d'ascolto e risultino simmetrici i percorsi acustici rispetto l'ambiente. In altri termini tutte le sorgenti del suono devono avere lo stesso tempo di arrivo nella posizione d'ascolto.

Gli altoparlanti devono quindi essere collocati sui luoghi di un cerchio ideale che ha al centro la testa del fonico.



Posizionamento sul piano verticale

Il nostro cervello a un'elevata capacità di localizzare informazioni sul piano orizzontale ma non è altrettanto selettivo sul piano verticale.

La posizione e la conformazione delle orecchie ne danno ragione.

Specifiche ITU: Posizione ideale è che per i tre monitor centrali gli assi acustici siano posti alla stessa distanza.

La localizzazione verticale ha una tolleranza di 7 gradi.

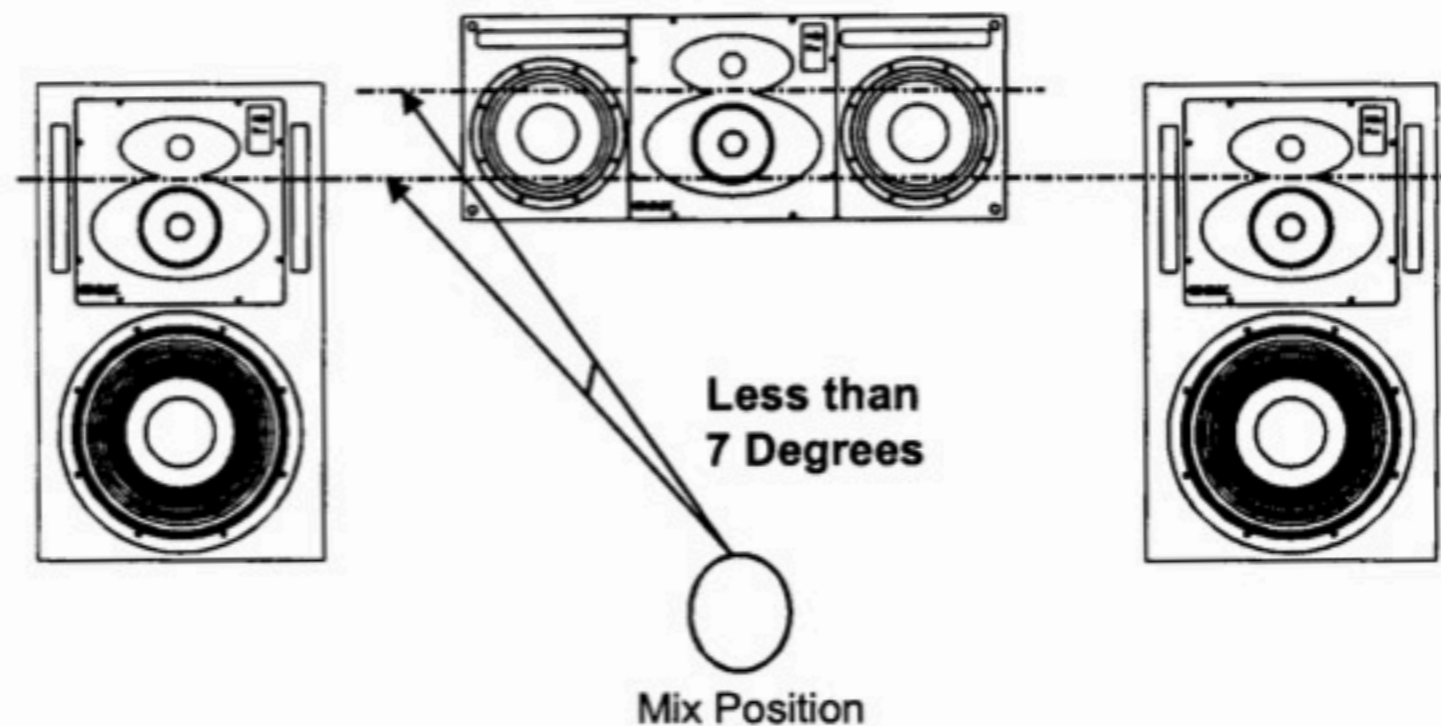


Fig.8: Tolleranza della localizzazione virtuale del sistema orecchio/cervello applicate al posizionamento del monitor.

Entro 7 gradi abbiamo quindi una localizzazione incerta. In altri termini due sorgenti possono essere posizionate con leggere variazioni verticali senza che il cervello noti tale variazione.

Le norme ITU sono rigide per quanto riguarda le altezze dei tre monitor frontali che devono essere alla medesima altezza, ma sono più elastiche per gli altoparlanti surround.

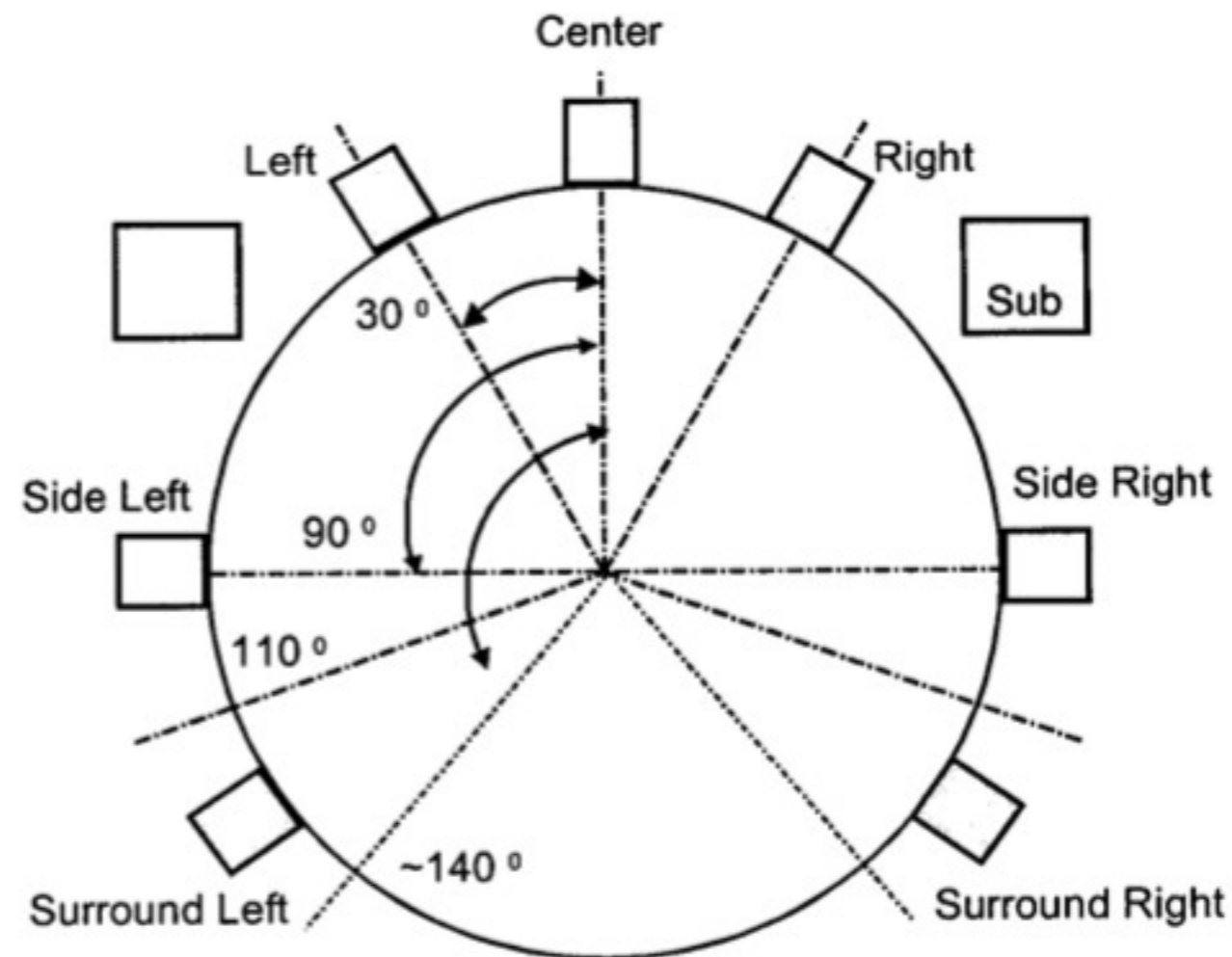
Questi possono essere collocati più in alto dei monitor frontali e inclinati verso il basso, verso la posizione d'ascolto sino ad un angolo di 15°

Quando sono impiegati i Big-monitors bisogna tenere conto che l'interazione con il pavimento al di sotto dei 400 Hz può essere un serio problema se gli altoparlanti sono troppo in basso.

Più grandi sono i monitor, più lontano dal pavimento devono essere collocati: viene comunemente impiegata una sovraltezza massima di $15\div 20^\circ$ rispetto alle orecchie nelle installazioni stereo.

Posizionamento 7.1

Dolby pro Logic (Blu-ray)



Posizionamento near-field monitors



- tutti gli altoparlanti devono essere dello stesso tipo
- sebbene sia una pratica diffusa i monitors non dovrebbero essere posti sopra il meter-bridge della consolle
- nei locali piccoli anche i monitor devono essere piccoli e vanno collocati il più possibile a ridosso delle pareti onde evitare le cancellazioni di fase
- nei locali ampi devono stare lontano dalle pareti perché in questo modo migliora il rapporto energetico diretto/riverberante, ma attenzione alle cancellazioni!

Posizionamento dei main-monitors



- devono essere montati a filoparete per raggiungere la migliore prestazione
- se non fosse possibile, dovranno essere collocati a ridosso di una superficie onde evitare cancellazioni a basse frequenze, ma per i monitor più grandi non è possibile perché la profondità della cassa è abbastanza grande da porre l'altoparlante ad una distanza tale da produrre cancellazioni alle basse

Posizionamento del subwoofer

- posizionato vicino alla parete frontale e leggermente spostato dalla mezzeria della stanza onde evitare il punto di minima pressione
- in un angolo vicino alla parete frontale e ad una laterale. Questa posizione massimizza l'efficienza per il carico angolare.

Design della regia

- LEDE (Live End Dead End)
- RFZ (Reflection Free Zone)

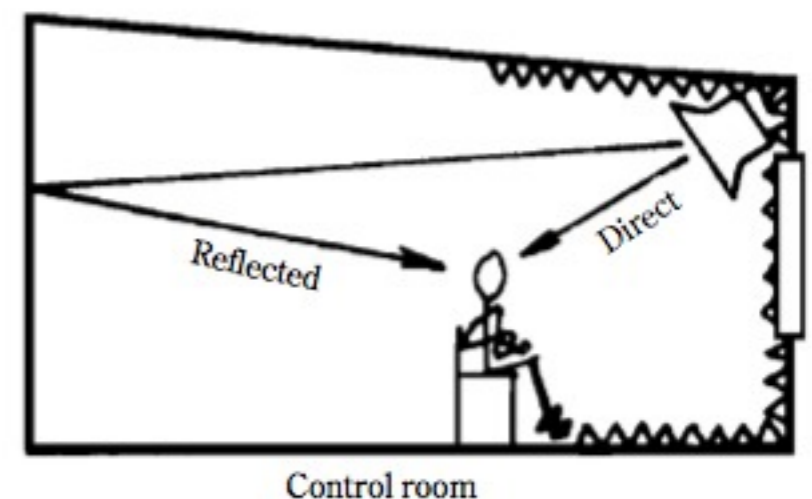
LEDE

Live End Dead End

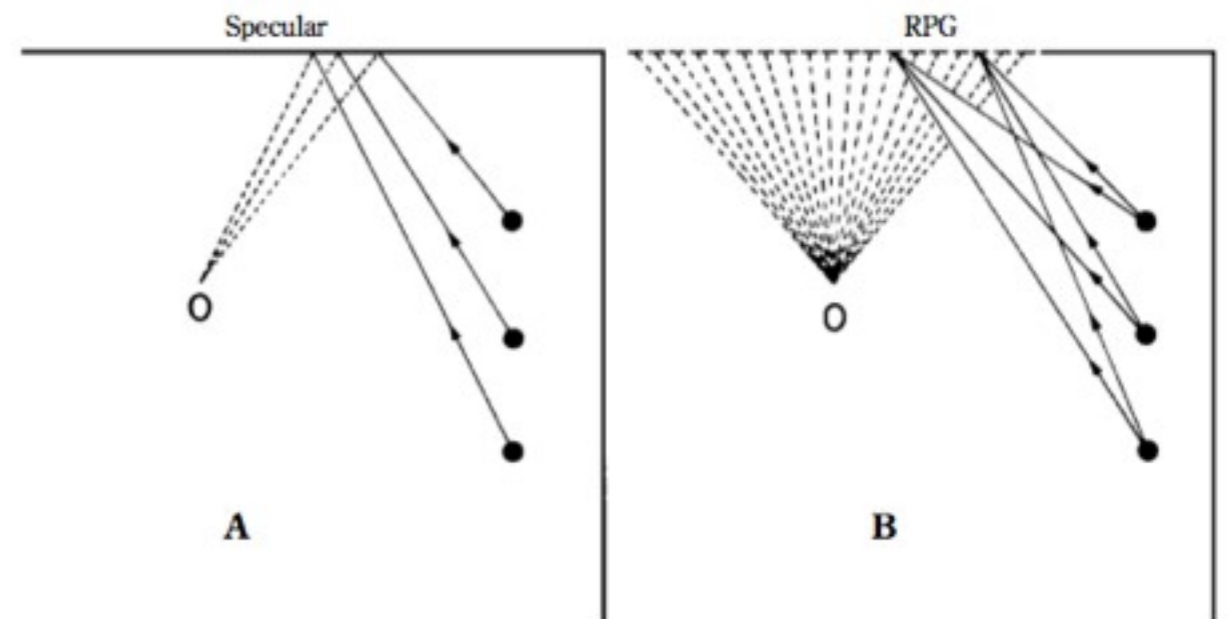
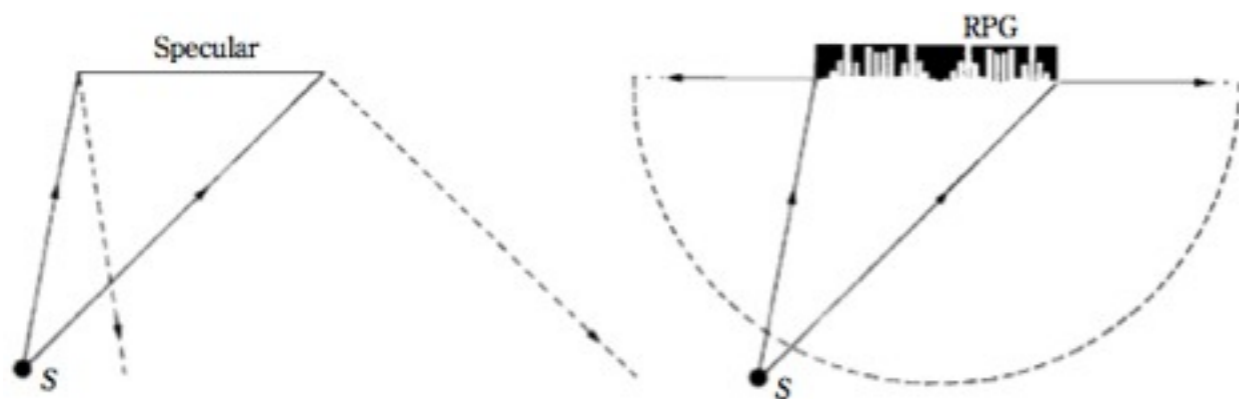
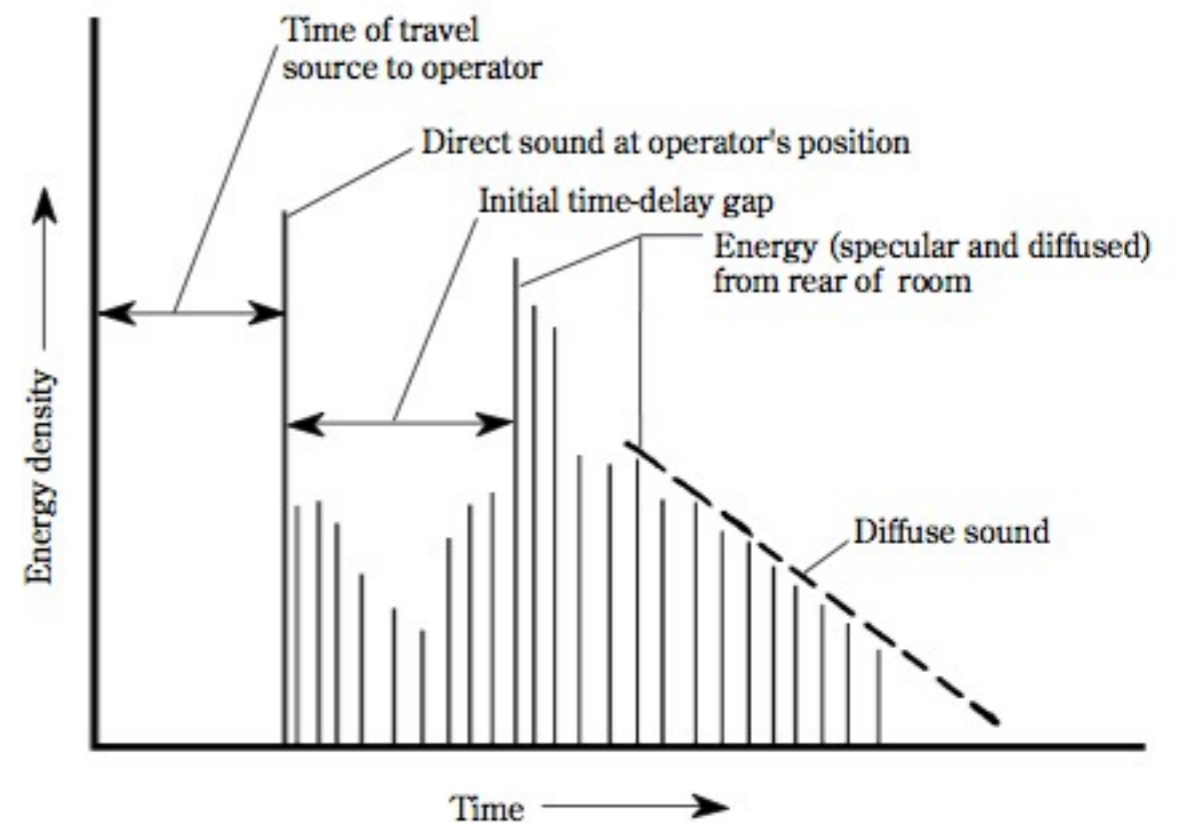
L'idea di questo design parte dall'osservazione sperimentale di Beranek sull'ITDG per le sale.

In uno studio di registrazione l'ITDG è mascherato solitamente dalle prime riflessioni: in questo caso l'operatore verrà privato di una componente importante del suono.

Si monta materiale fonoassorbente sul fronte dello studio dietro alle casse, così per l'operatore la stanza risulterà più grande.



Il suono che giunge però da dietro dovrà essere diffuso per poter avere un decadimento del suono “naturale” (e quindi perfettamente esponenziale o lineare in scala logaritmica)

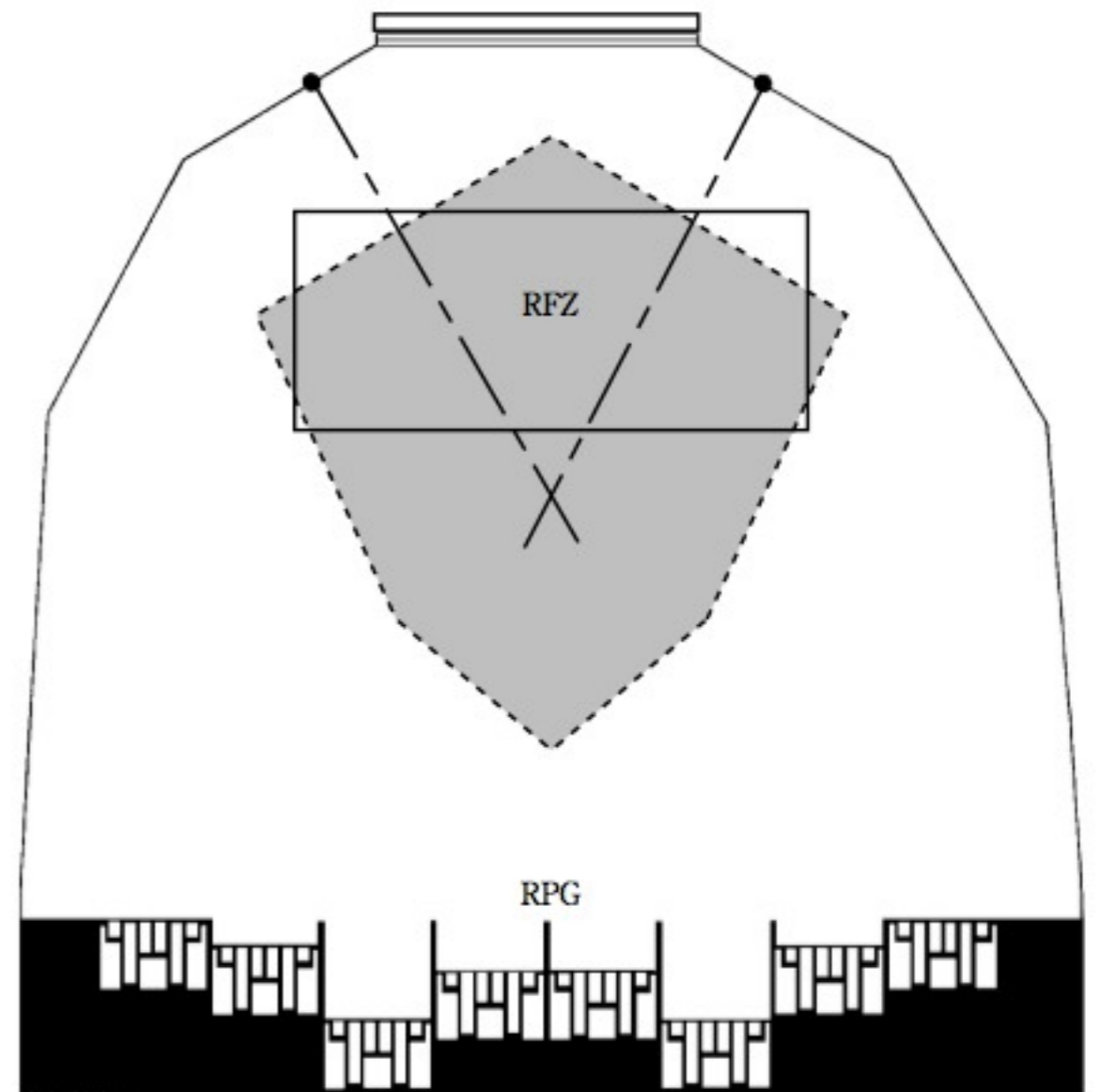
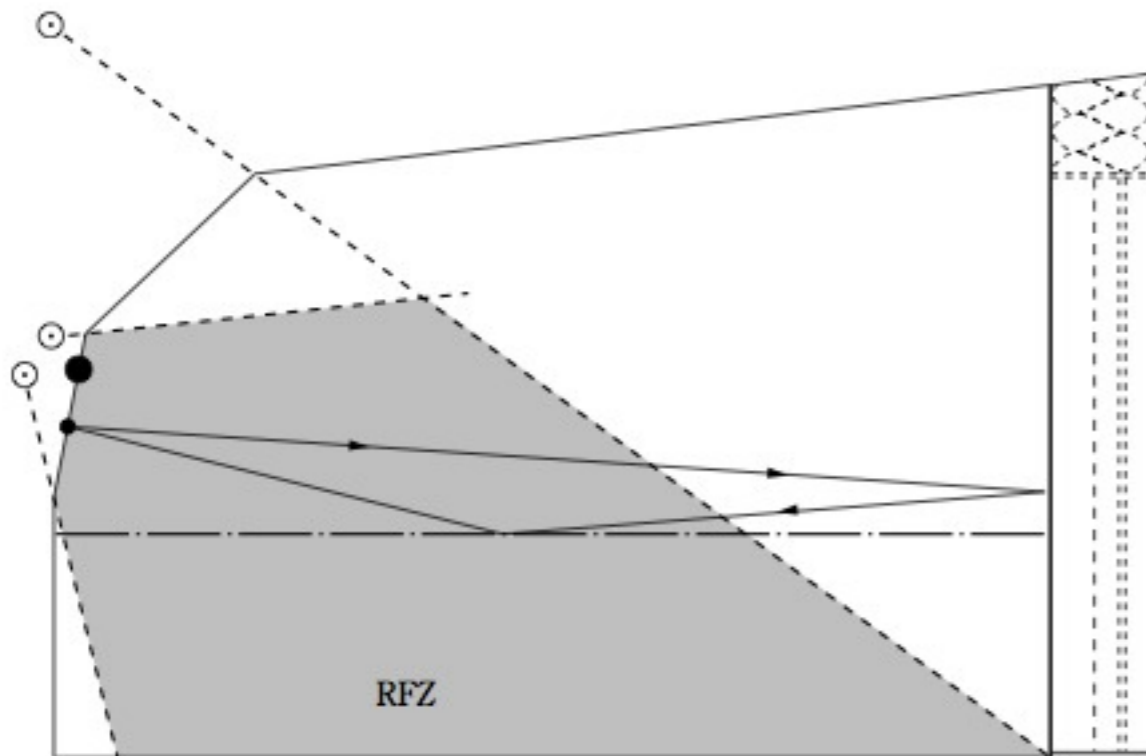


Si introducono i diffusori

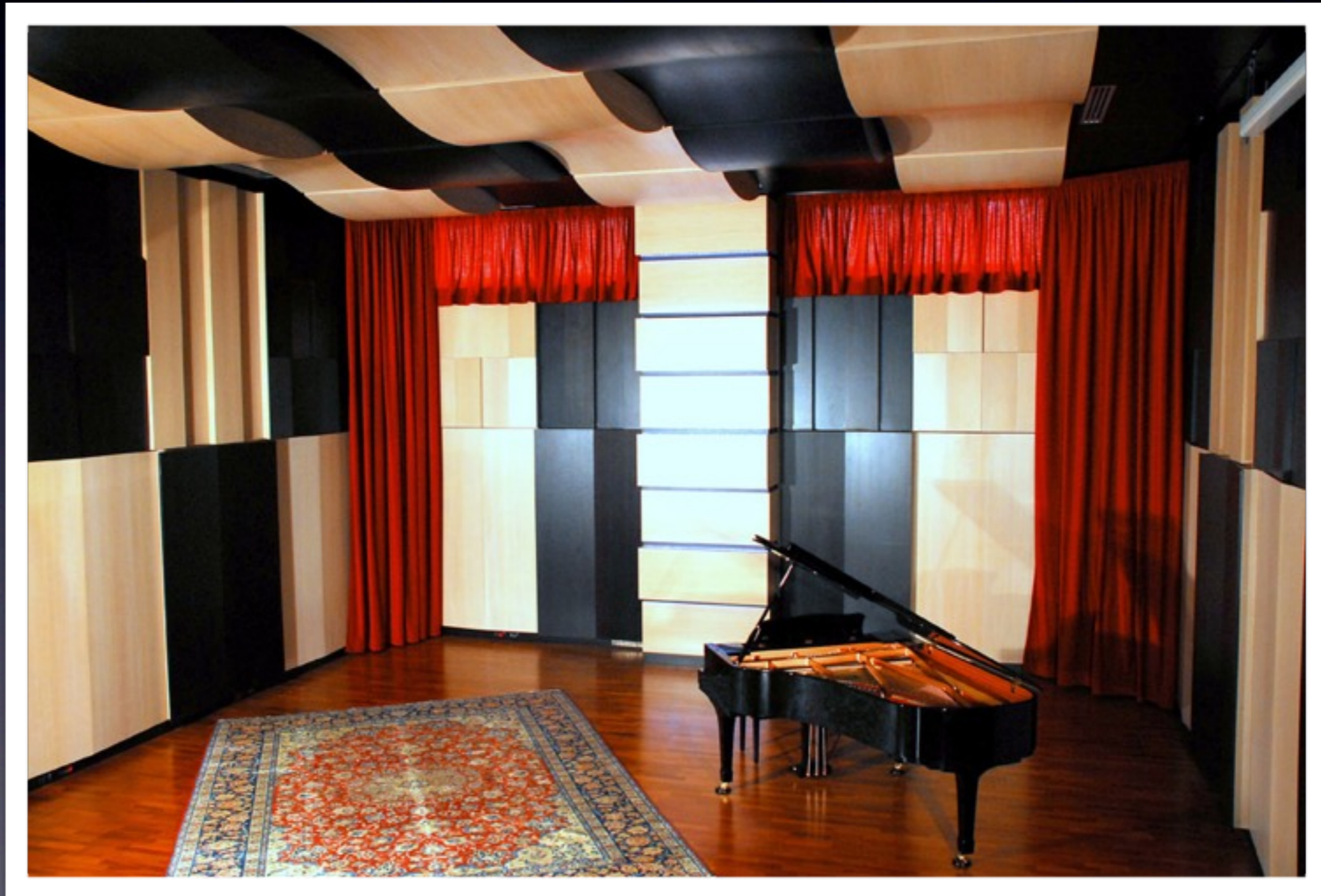
RFZ

Reflection Free Zone

Il design RFZ si basa sulla possibilità di eliminare geometricamente i punti di prima riflessione tra casse e ascoltatore, sulla parte frontale.



La sala di ripresa



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

La progettazione di una sala di ripresa è molto differente dalla regia.

Intanto non ci sono “design standard” perché le sorgenti sonore non vengono collocate all’interno di essa in modo “standard”.

Bisogna quindi capire il tipo di sorgente, strumento o ensemble che si vuole registrare per progettare una sala di ripresa adatta.

Bisogna controllare il tempo di riverberazione a seconda delle possibilità. Per questo motivo vengono studiati anche sistemi di acustica variabile.

Spesso nello studio si creano più ambienti per la ripresa acustica, con differenti caratteristiche acustiche.

ISO-BOOTH o VOCAL-BOOTH

In generale non è bello registrare gli strumenti in ambienti troppo piccoli e/o troppo assorbenti: questo tipo di riprese sono però utili qualora il fonico volesse lavorare a posteriori sull'“ambiente”, aggiungendo ad esempio riverberazione artificiale.

Questo tipo di ripresa viene usata per le camere di doppiaggio o per alcune radio, a volte, oltre che per la voce, anche per registrare le batterie.

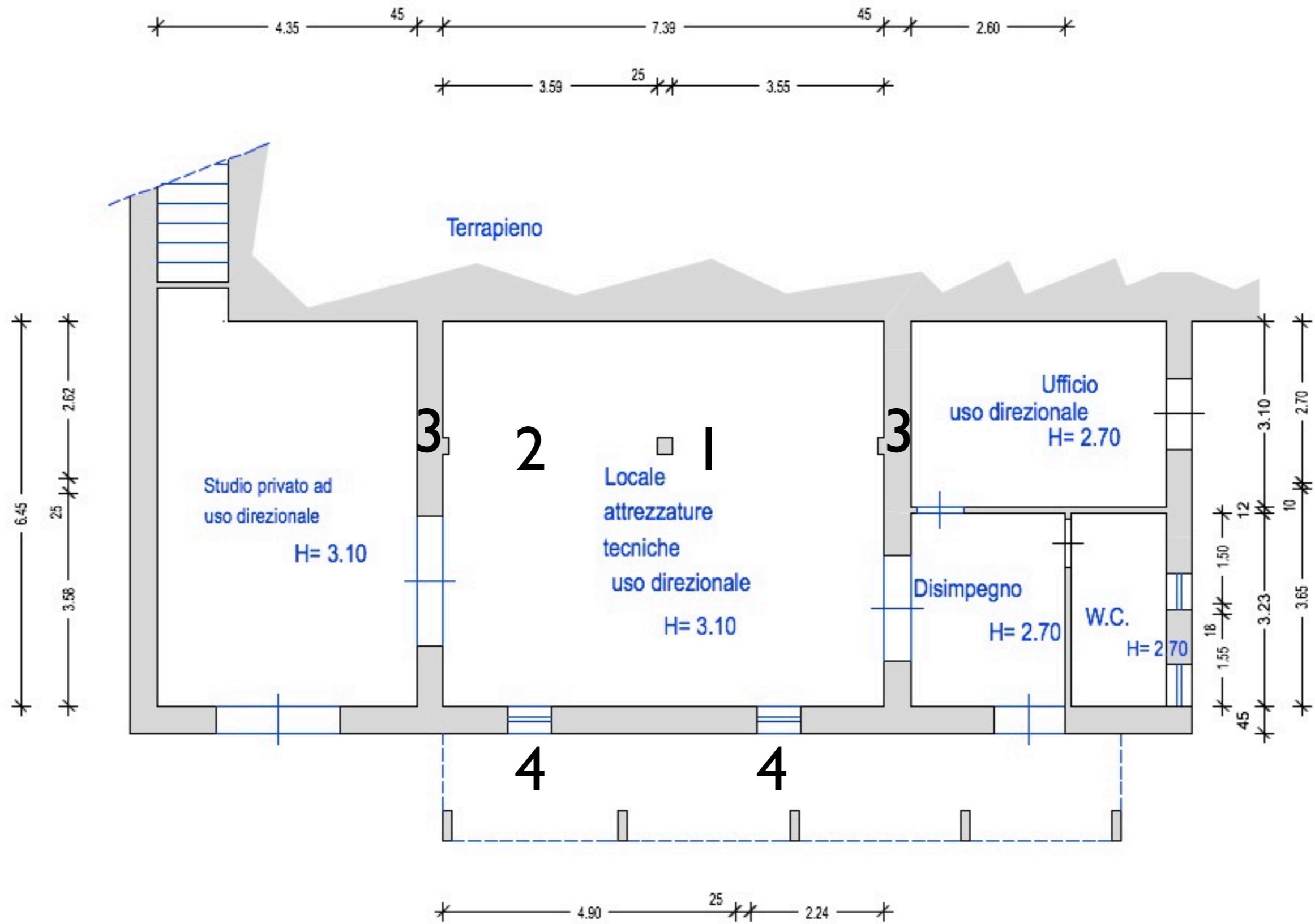
Esempio di progettazione: Studio di Pierpaolo Guerrini (fonico di Bocelli)



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Esempio, studio Guerrini (fonico Bocelli)



Vincoli:

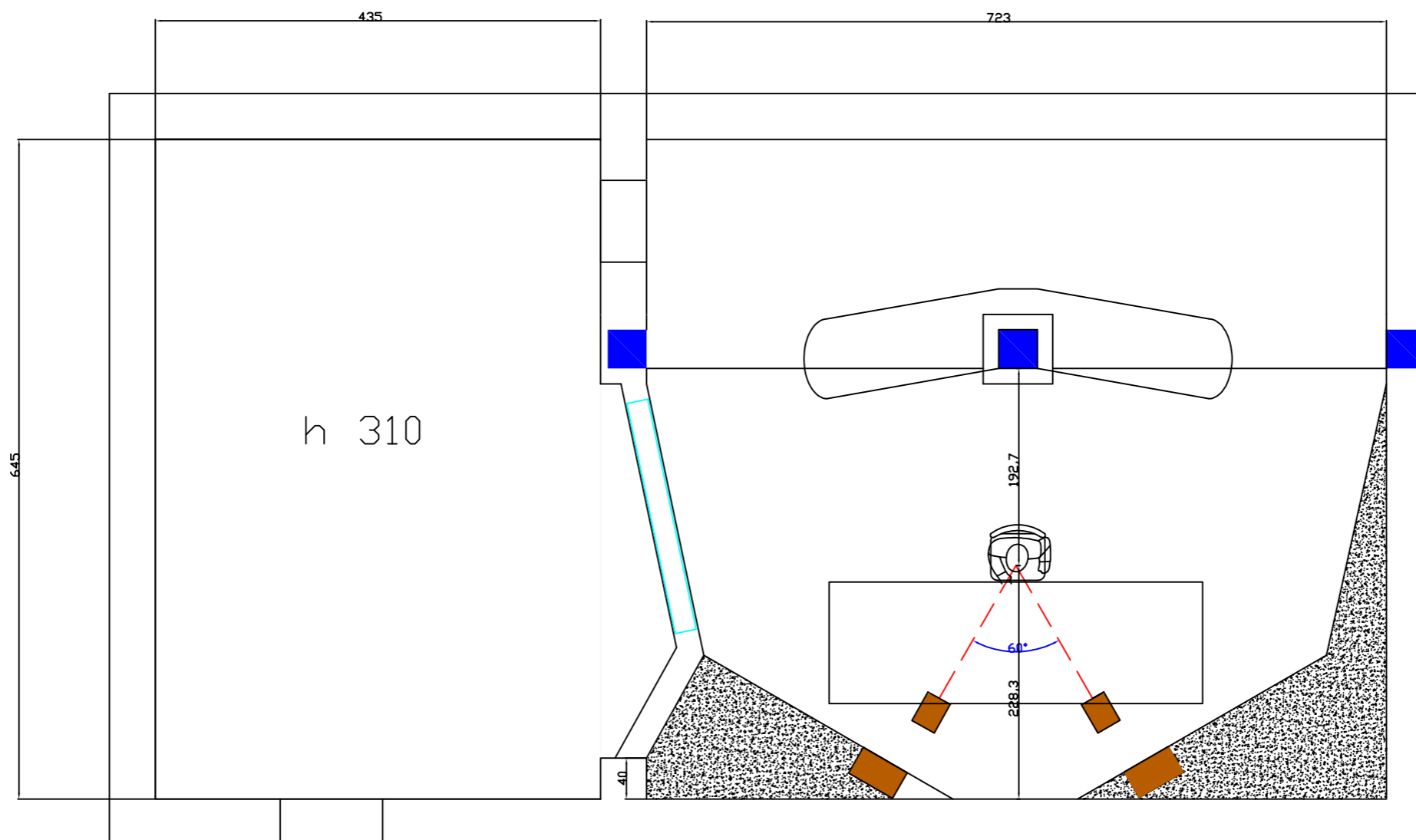
1. Colonna cemento armato
2. Trave cemento armato che corre in basso tra una colonna e l'altra
3. Muri portanti, conglomerato
4. Finestre

Necessità della regia

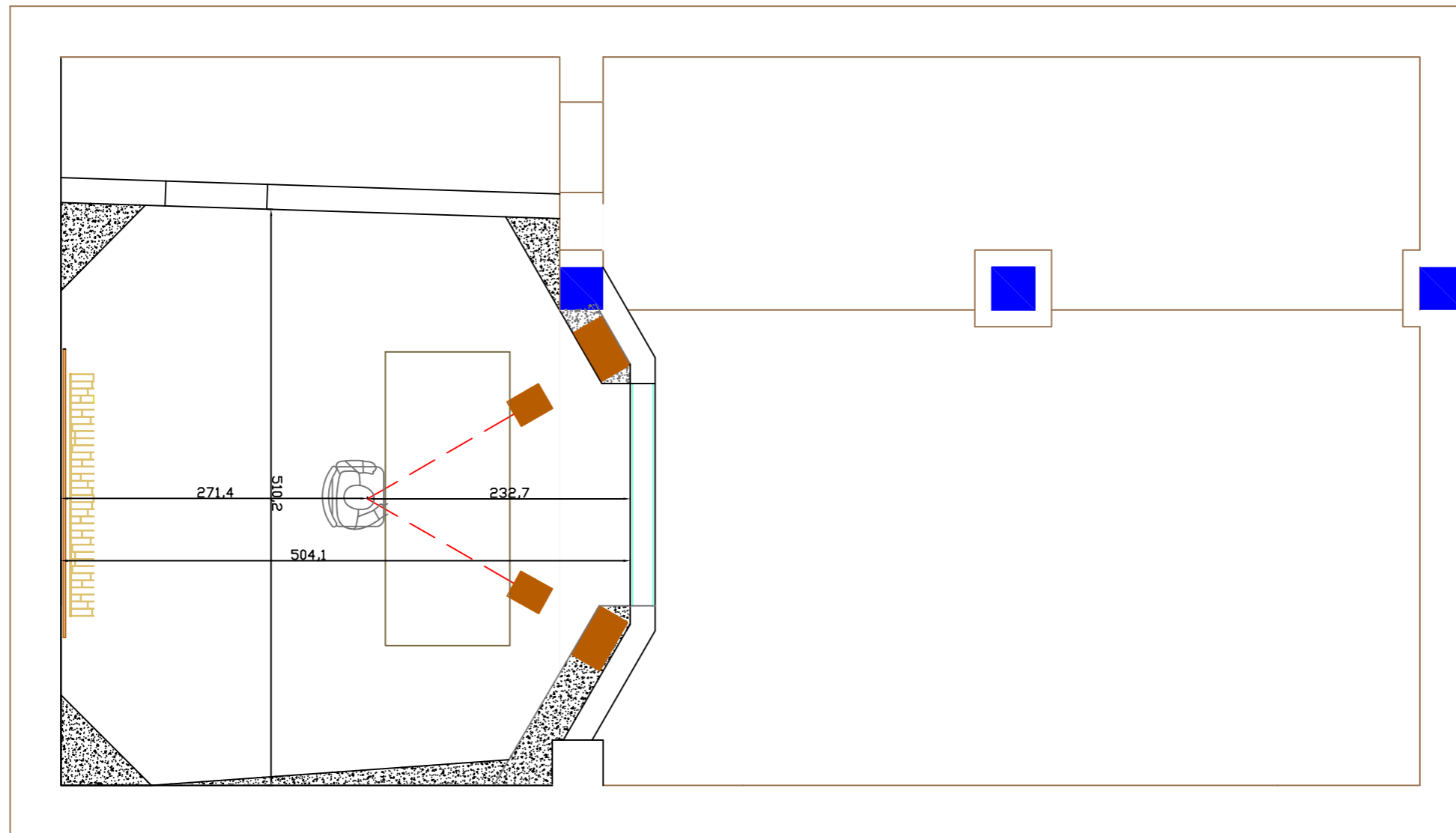
- Banco SSL 4056 serie G
+ Total recall lunghezza 3,46 m, profondità 1,20 m
- Regia con più postazioni di lavoro (editing e compositing)
- Main Monitors (Genelec 1039a)
- Mantenere finestre (aperture)



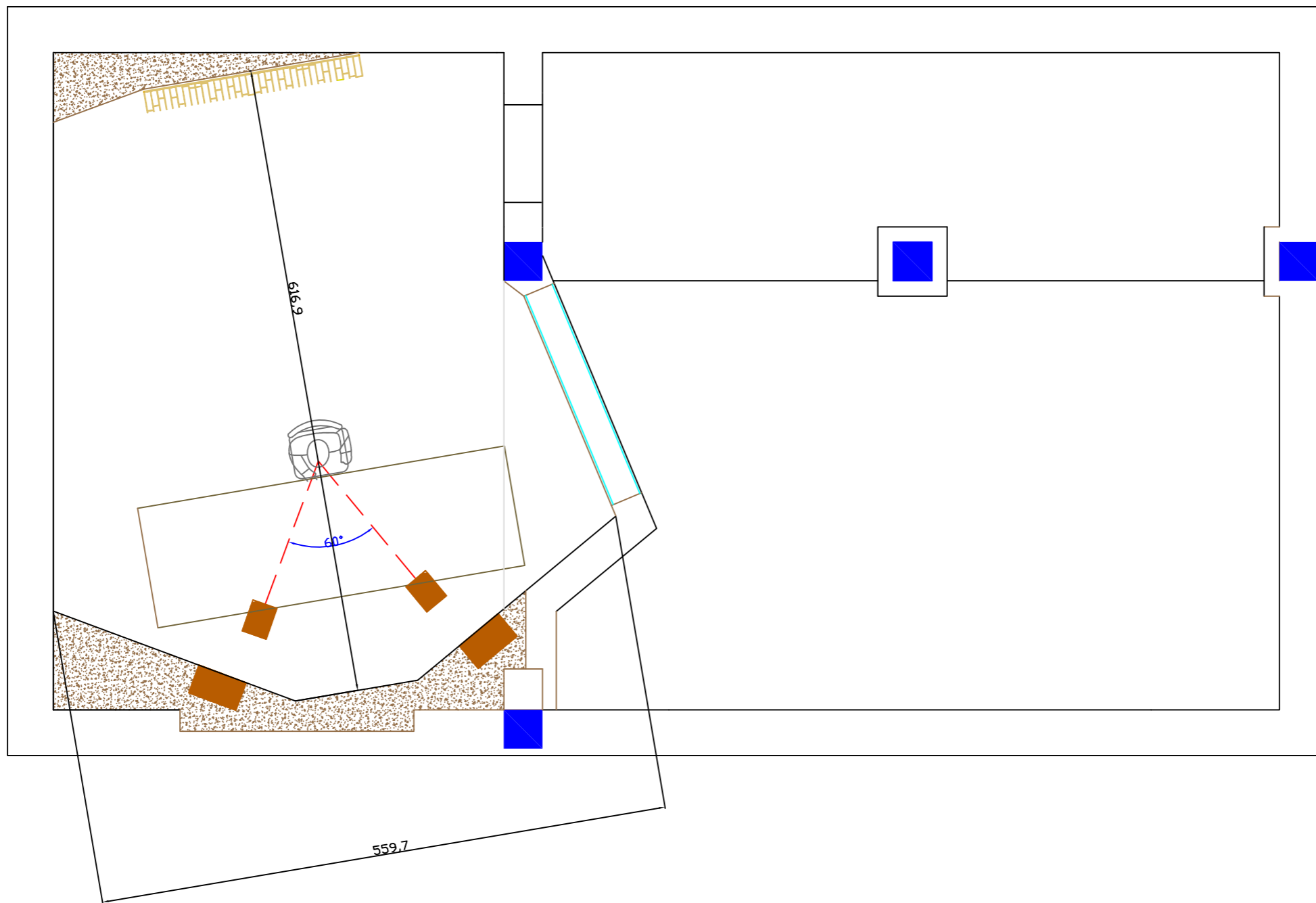
Regia I



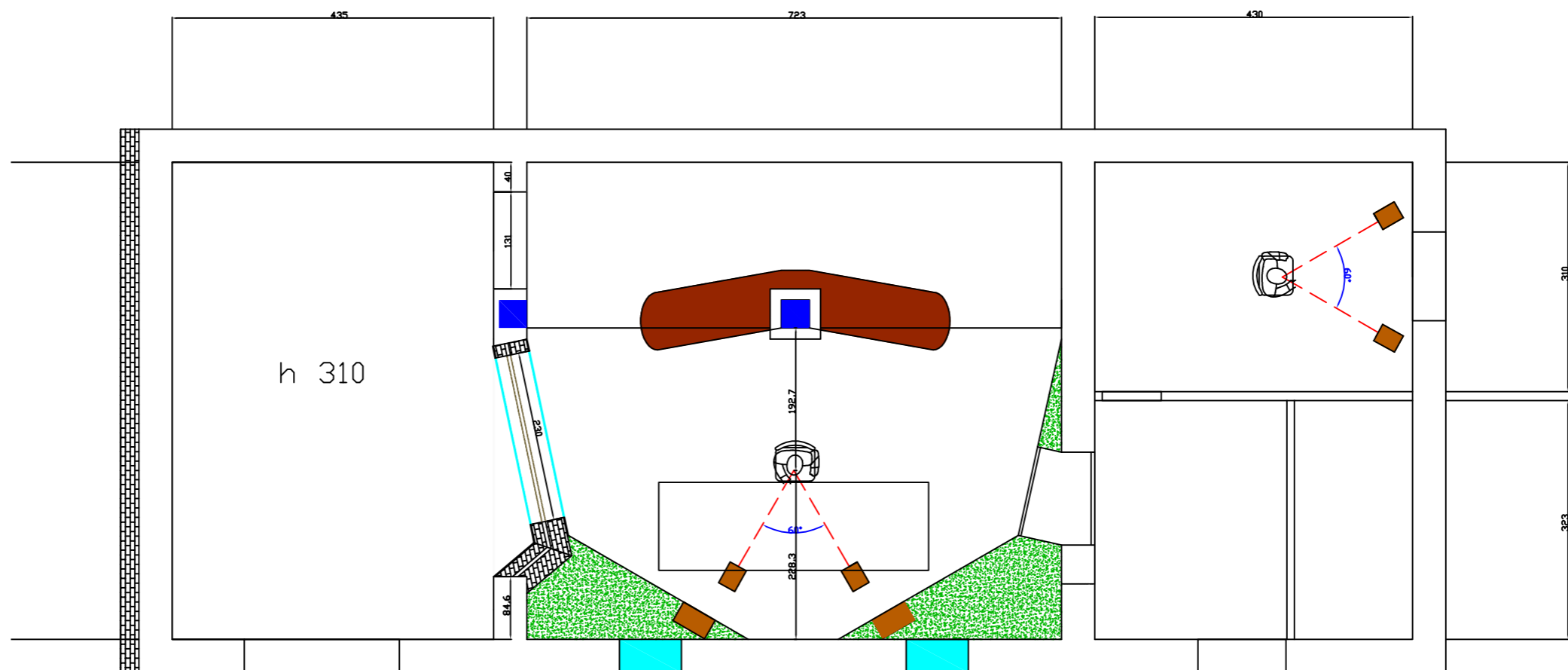
Regia 2



Regia 3



Definizione altri locali



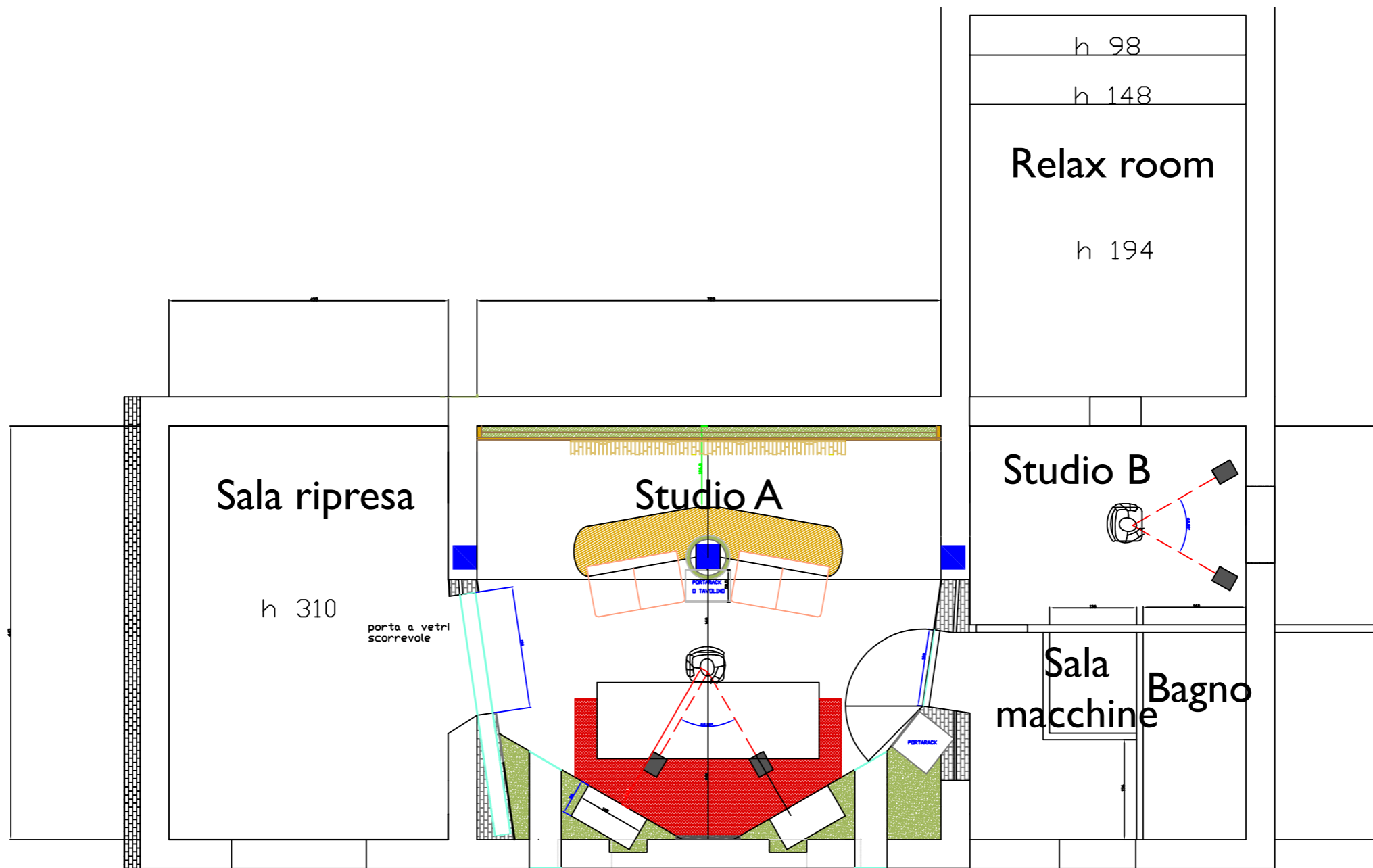
Necessità di altri locali

- Sala ripresa di dimensioni accettabili per la registrazione di un pianoforte (C3 Yamaha)
- Studio B
- Sala macchine
- Bagno
- Relax-room

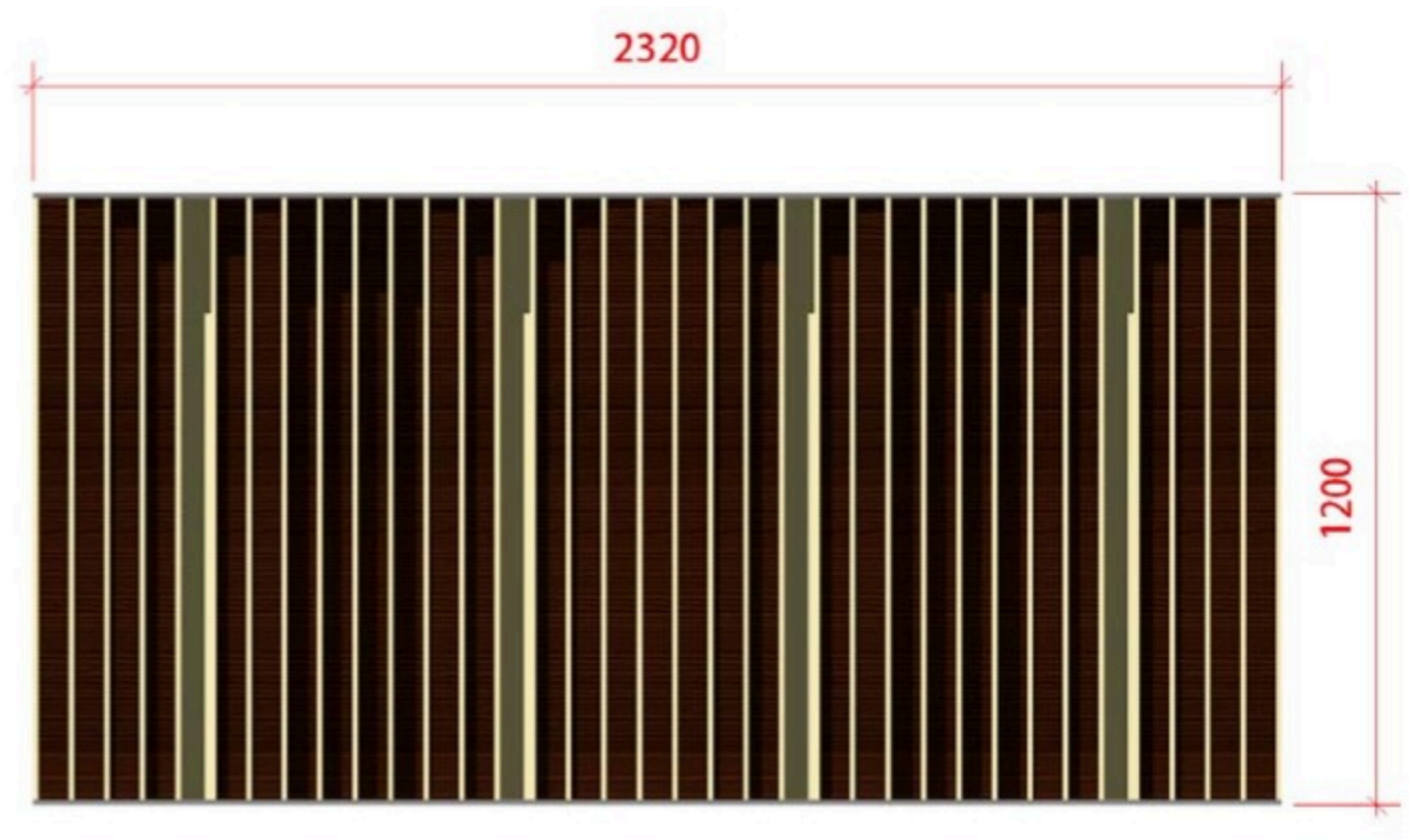


Altre necessità

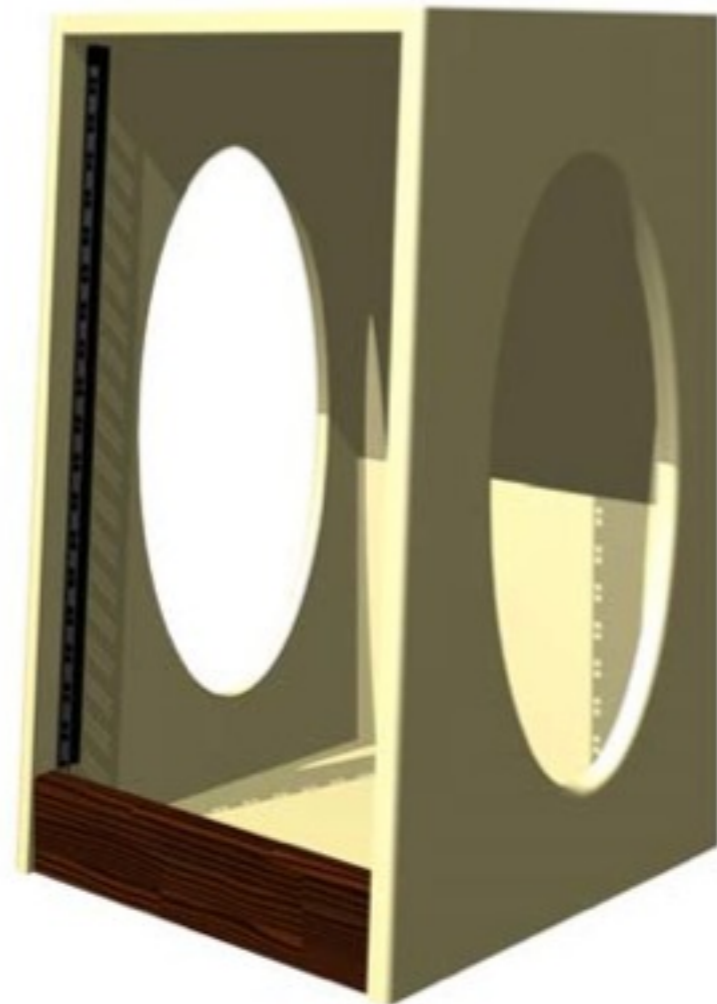
- Porta grande per passaggio eventuale del banco e altri grandi strumentazioni
- Postazioni secondarie per un ottimo ascolto per produttori e collaboratori
- Inserimento portarack nel muro a vista



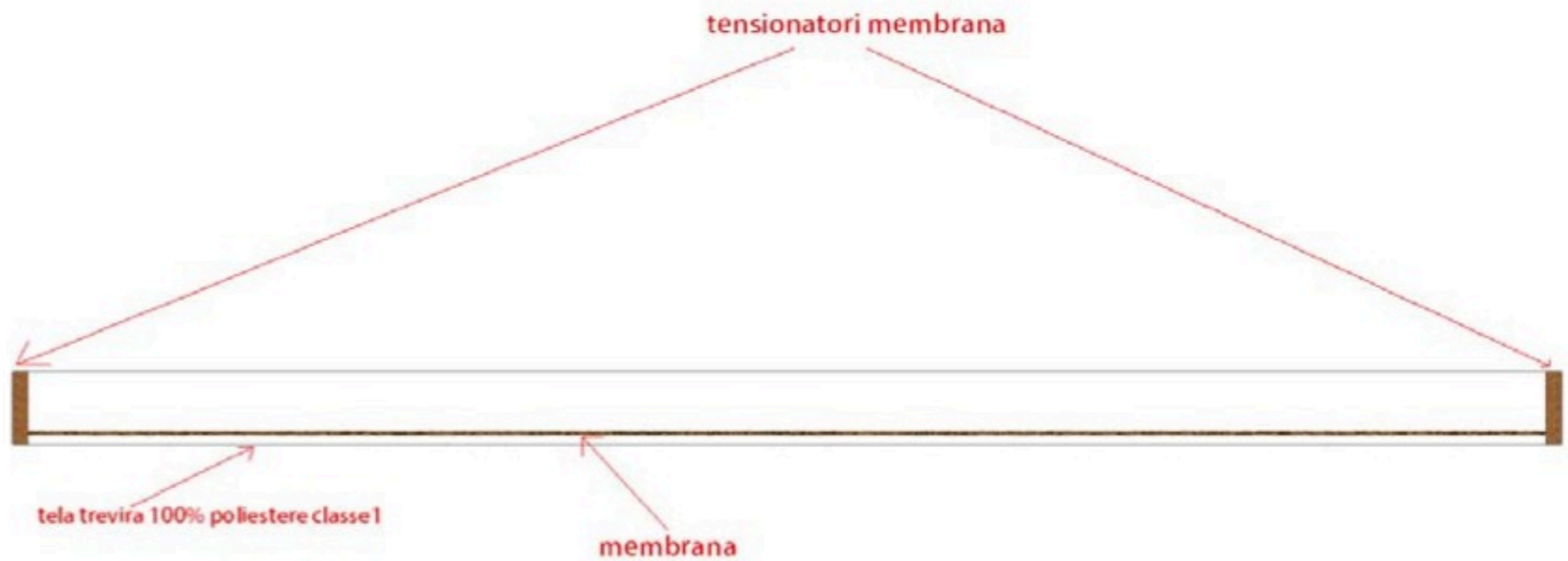
Elementi dello studio



QRD



Portarack



Risonatore a Membrana

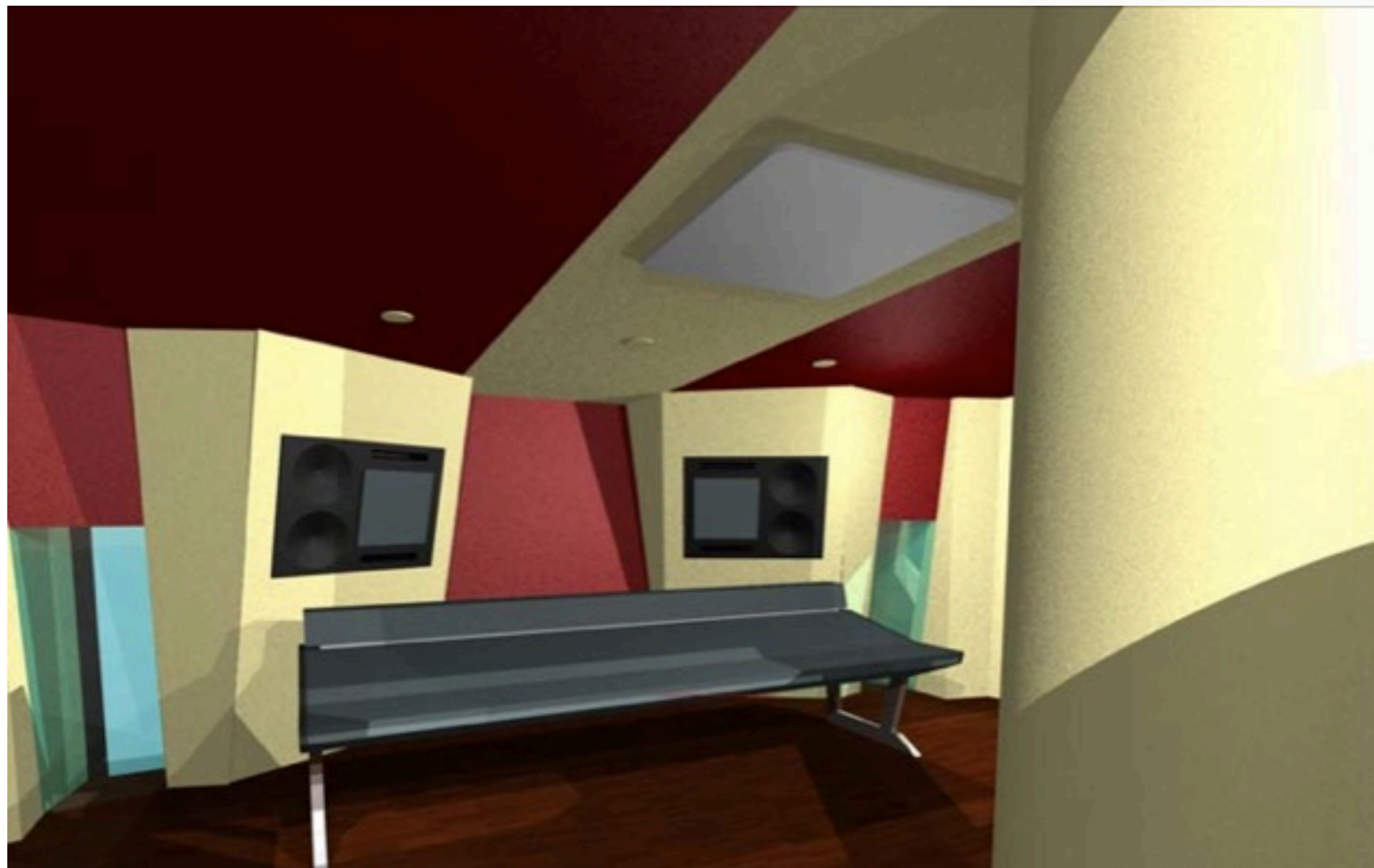
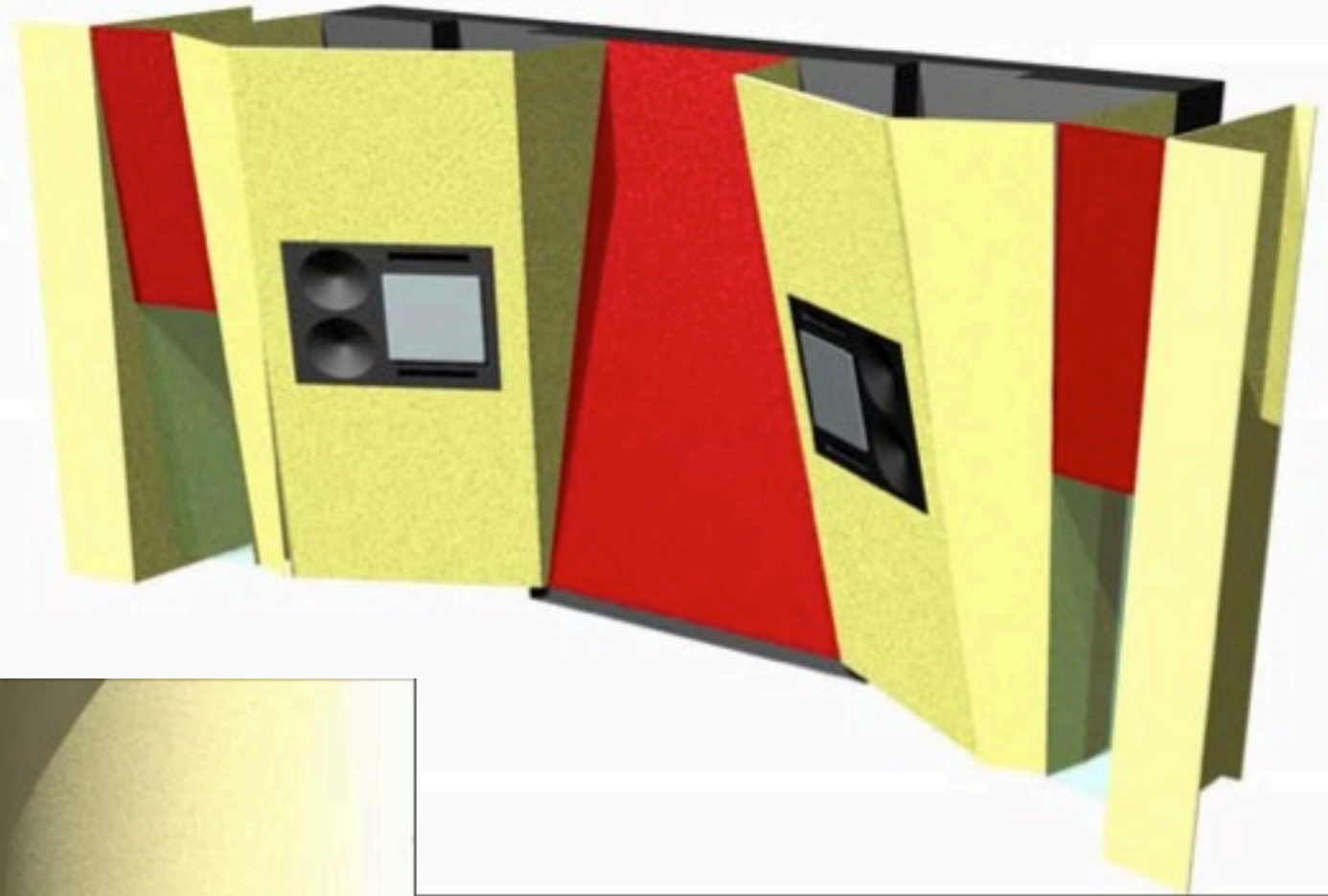


Fronte, casse incassate e bass-traps

giovedì 24 febbraio 2011

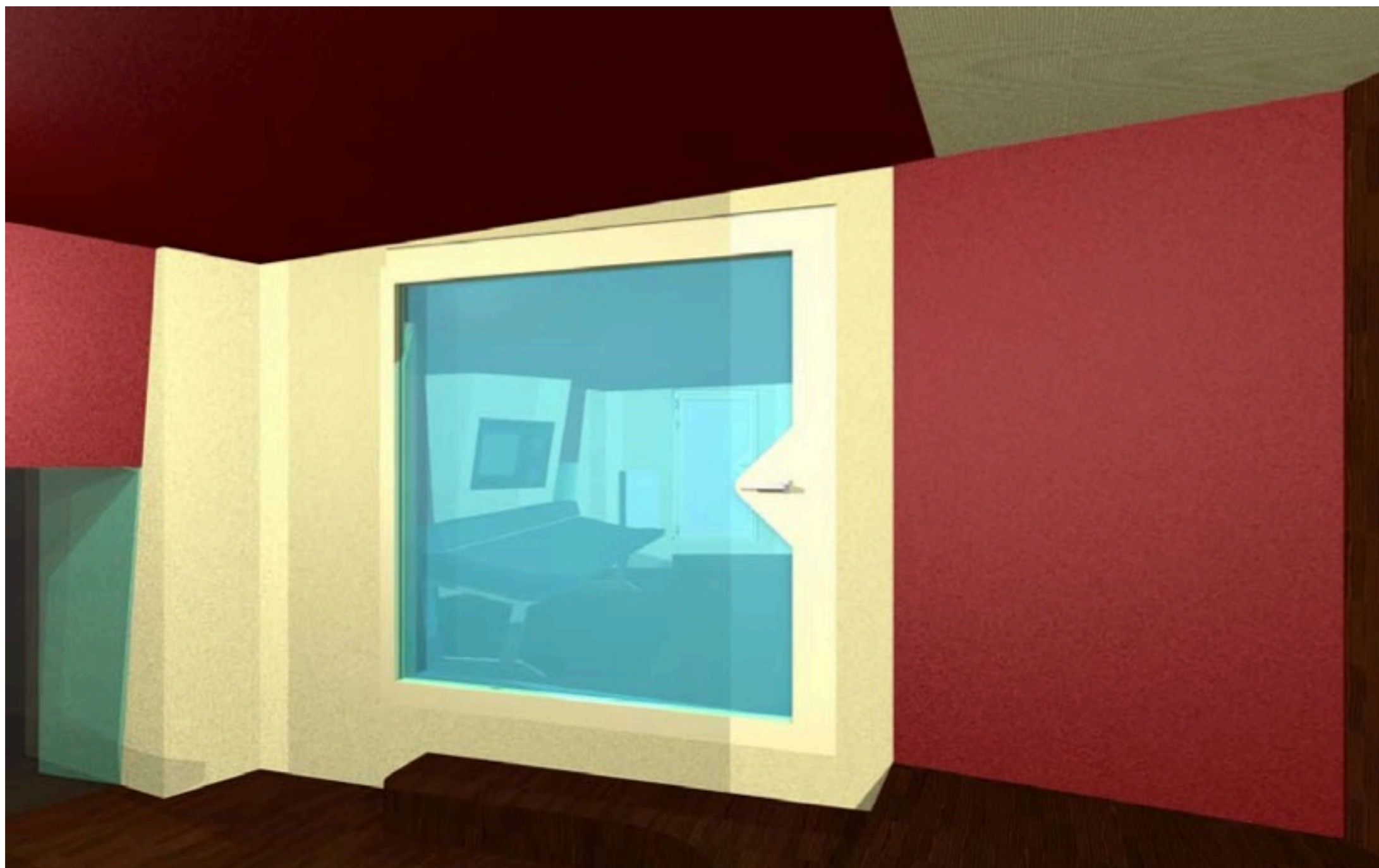
www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

struttura frontale in multistrato pioppo lavorato
a controllo numerico e rivestito di tessuto trevira
100% poliestere



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



Porta acustica a vetri scorrevole

giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Rendering



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



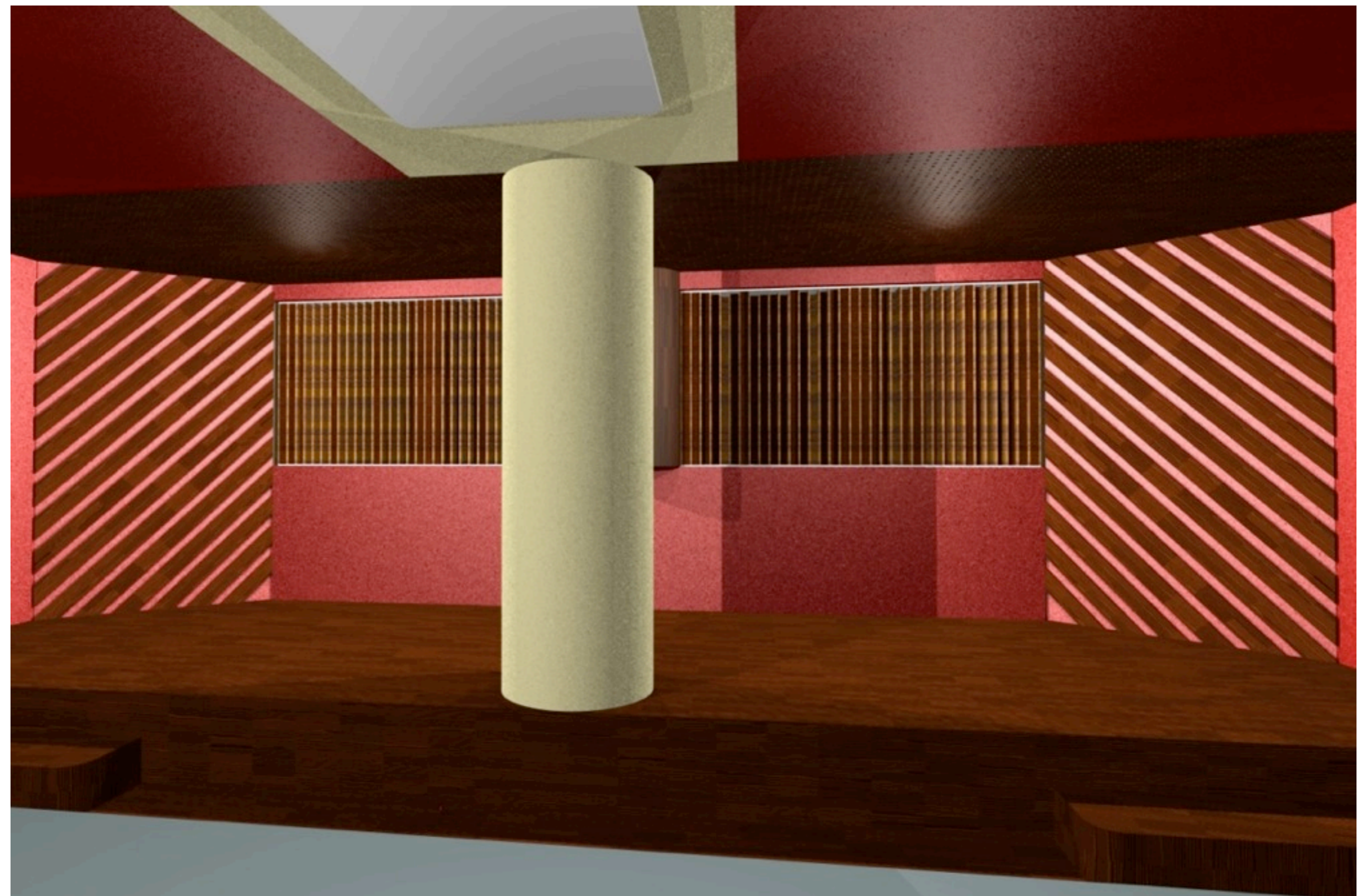
giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



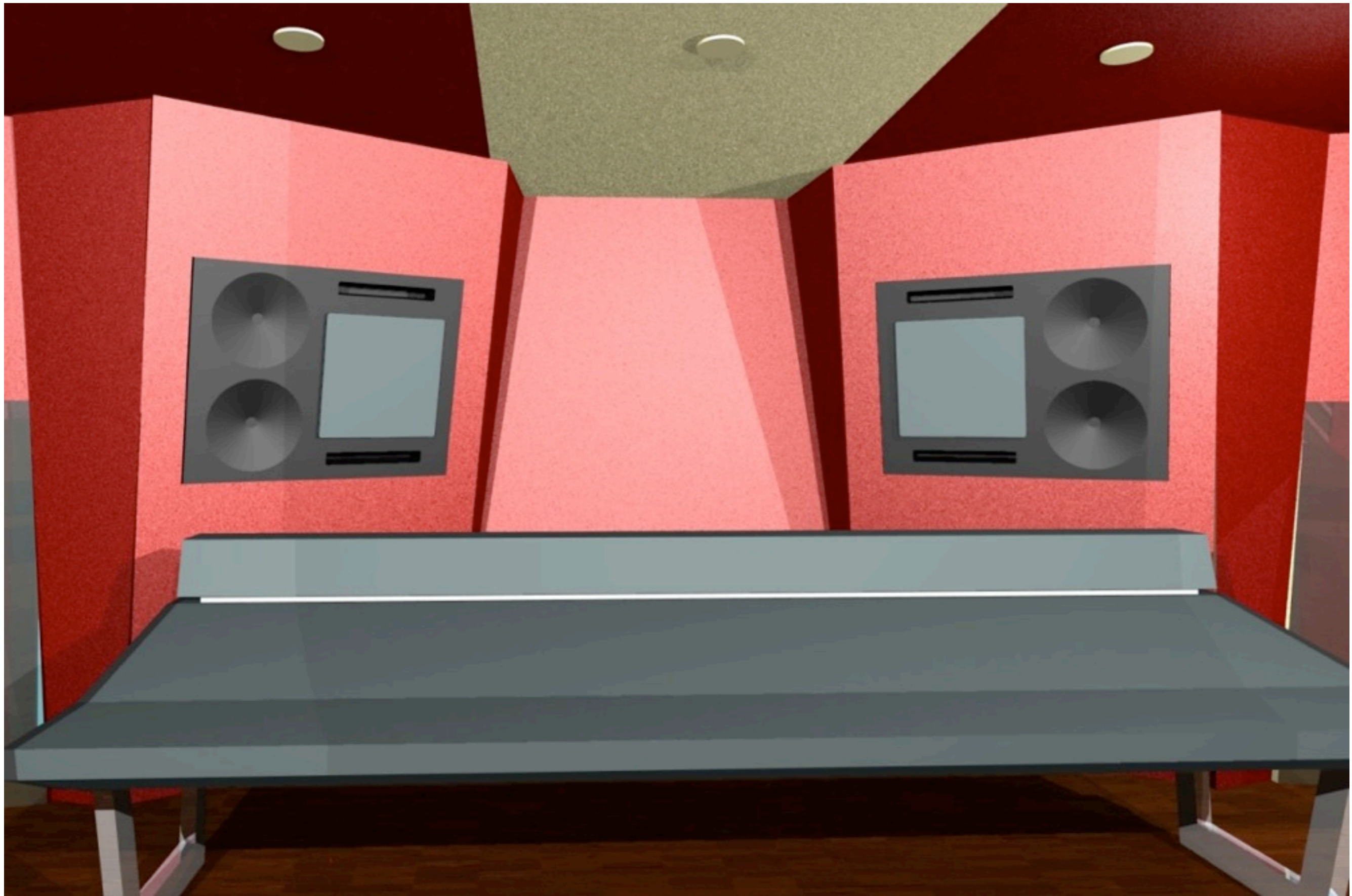
giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

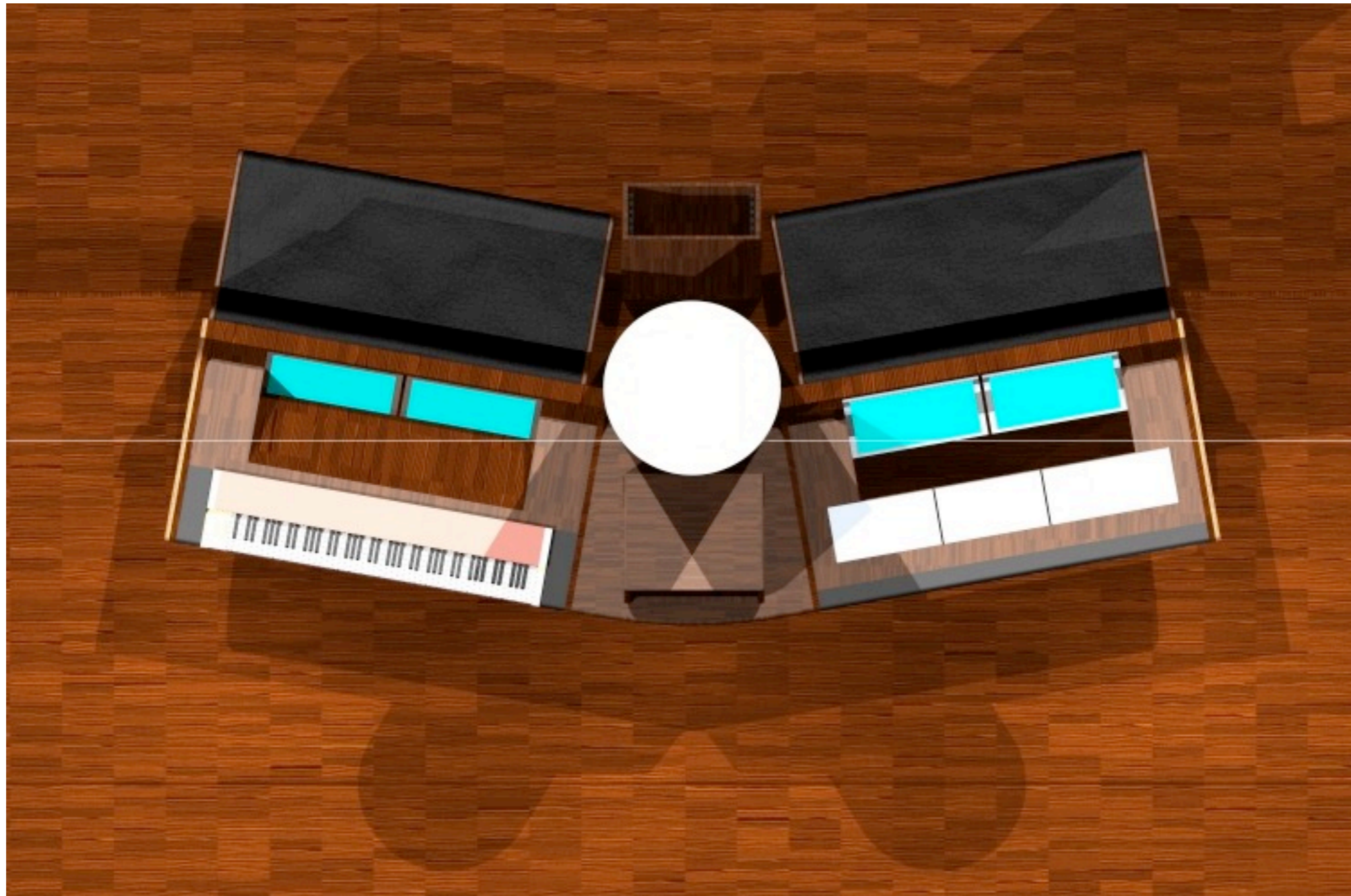
www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Postazioni editing, composing



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



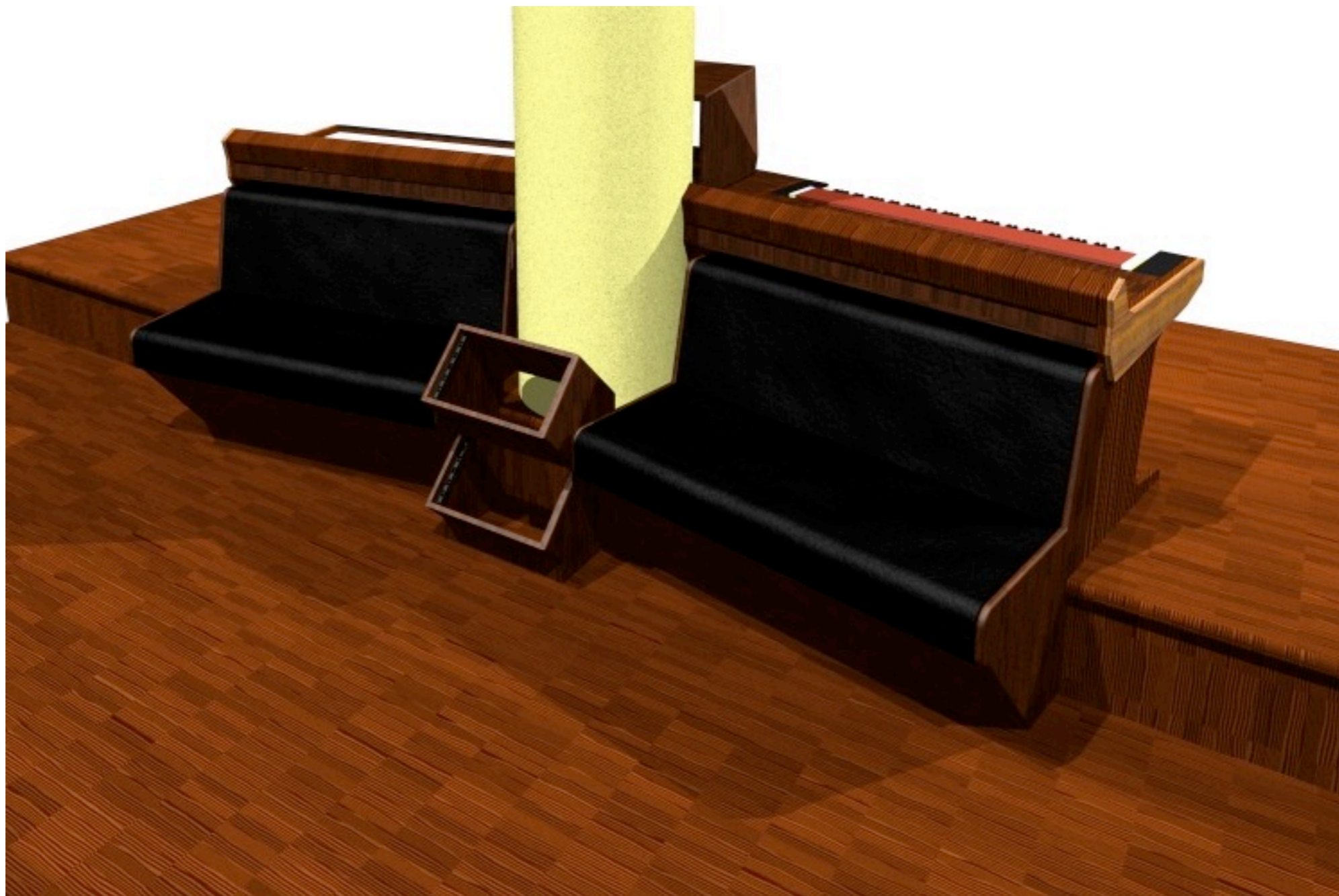
giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



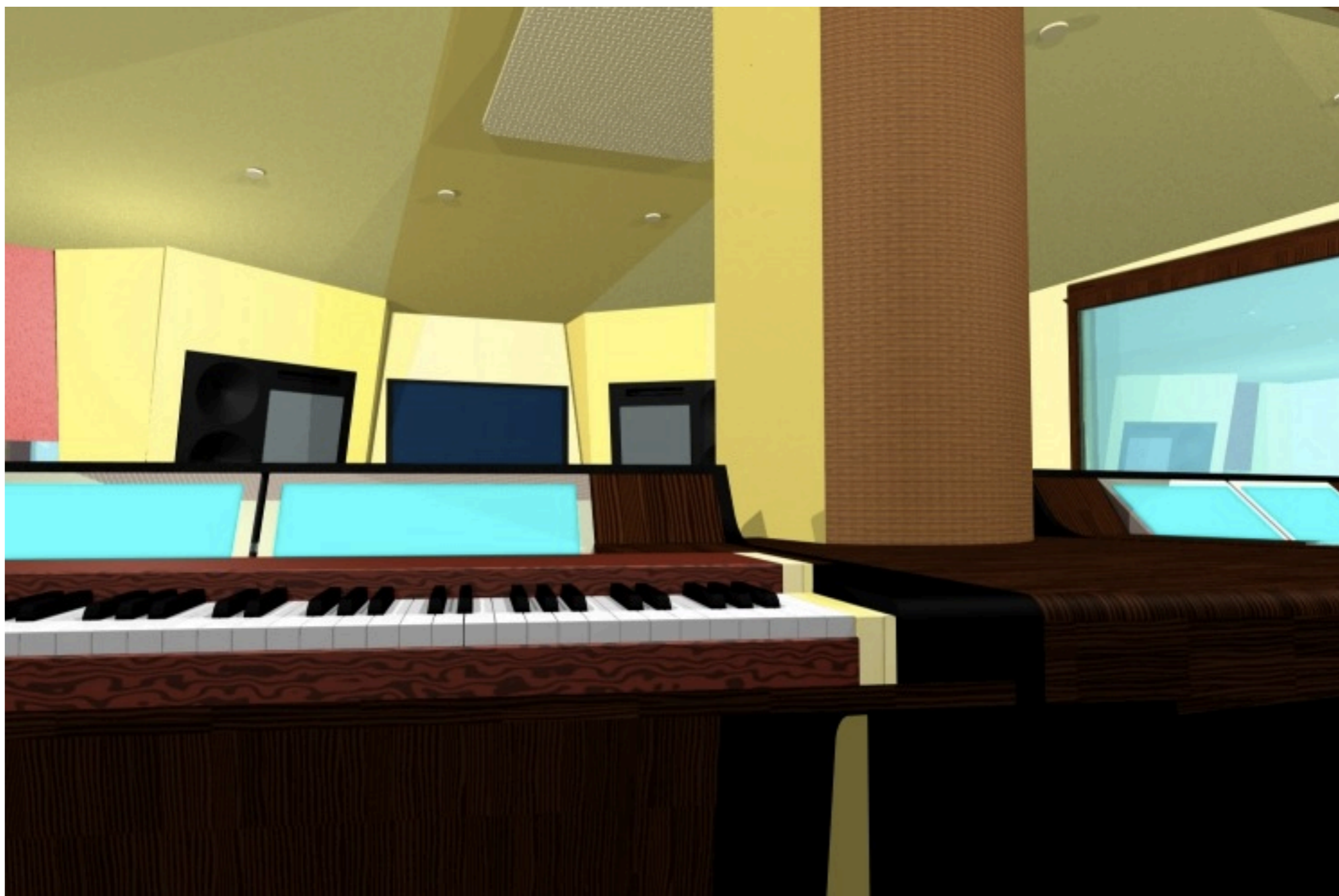
giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



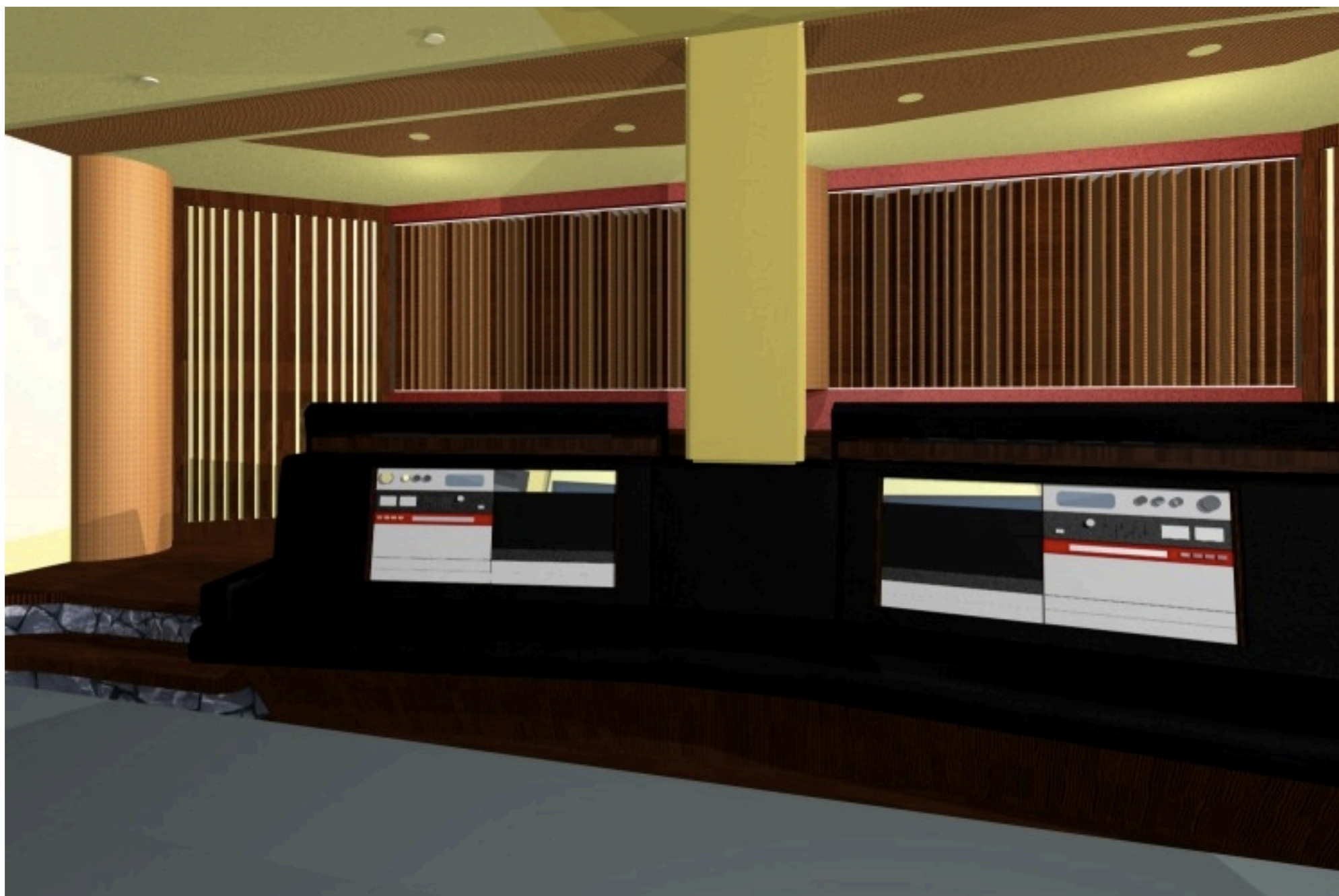
giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



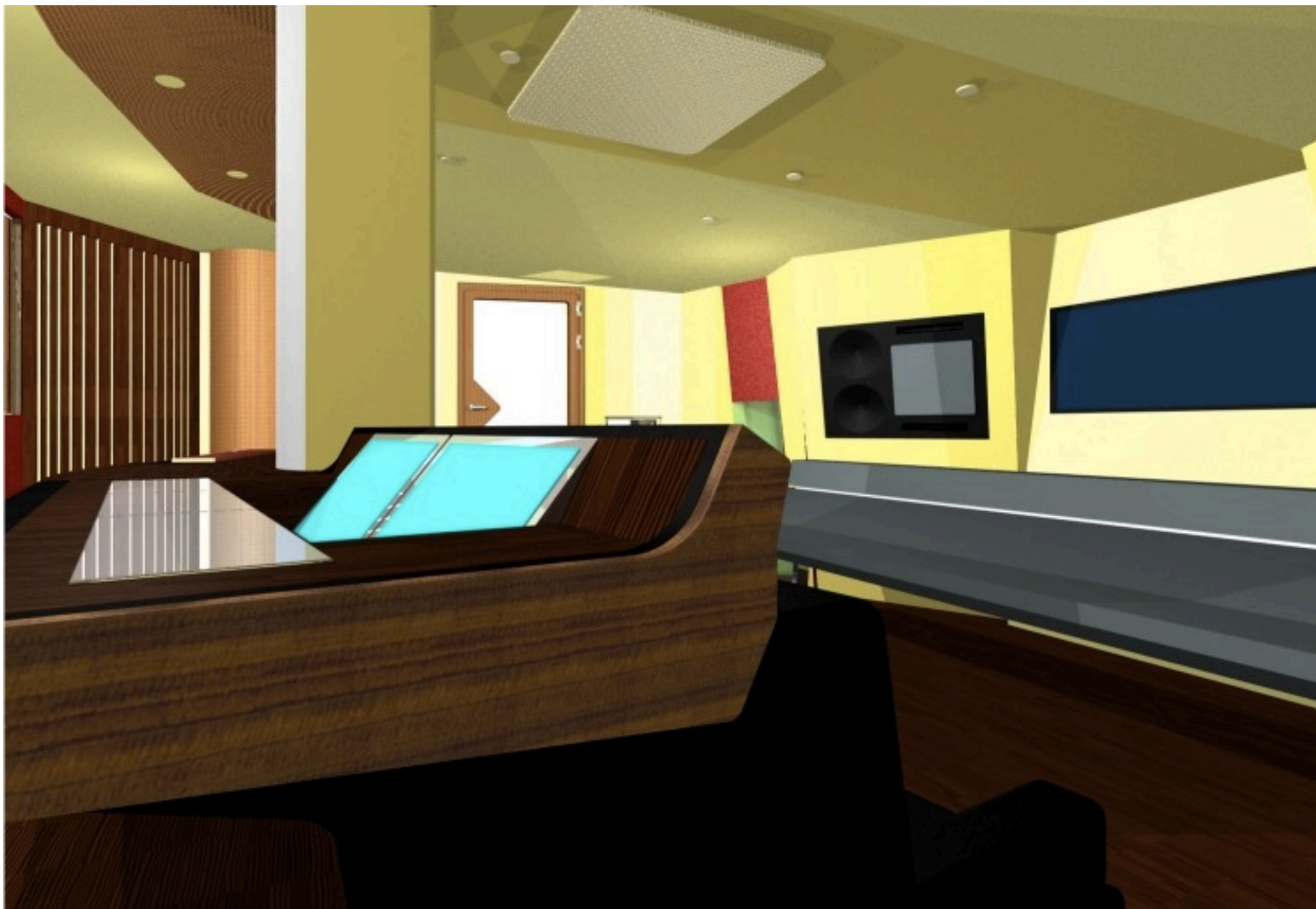
giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it - dott. Donato Masci - info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



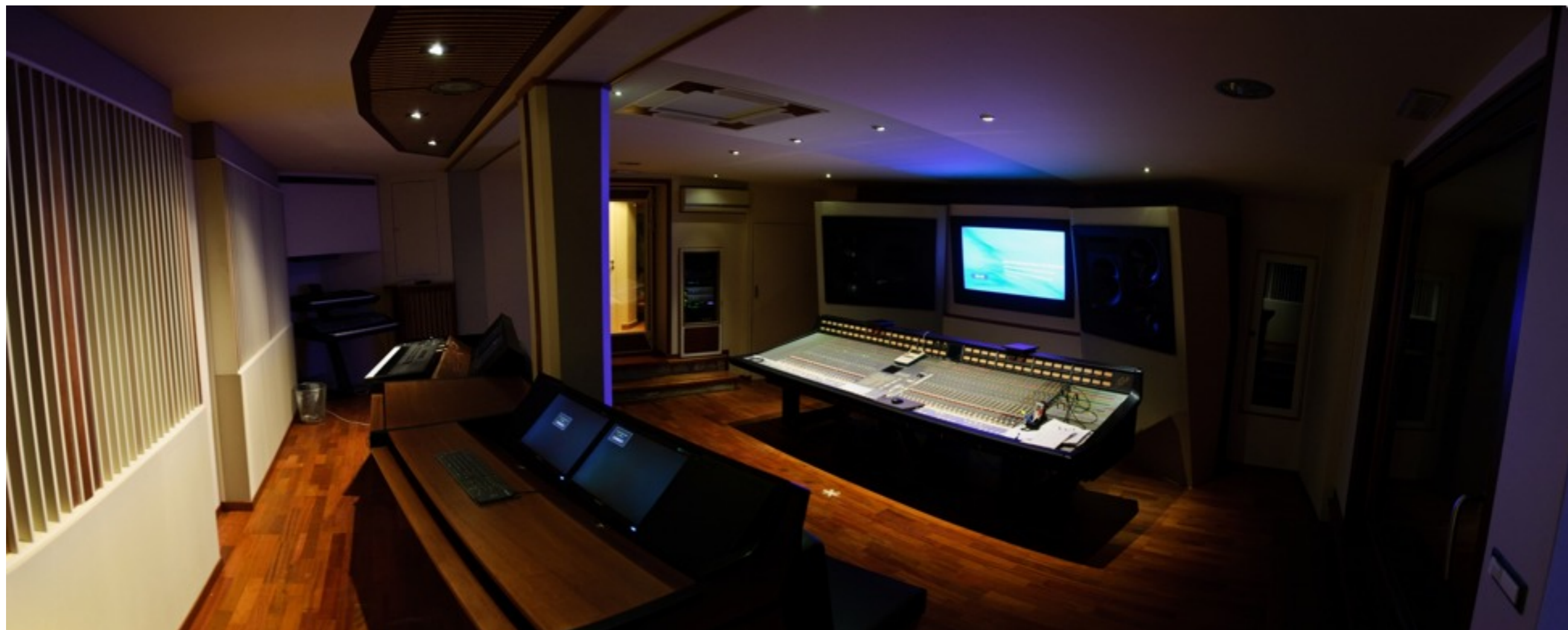
giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Acoustic design

Analisi acustica di uno studio di registrazione

Analisi geometrica preliminare

- Misurare tutte le distanze (H, W, L, posizioni casse, operatore, distanza casse-pareti)
- Verifica dell'angolo e direzione degli ascolti
- Verifica dove avvengono le prime riflessioni

Forma della stanza

- Se la stanza è irregolare valutare effetti dovuti alla sua irregolarità
- verifica della Bolt Area
- Analisi modale, calcolo e simulazione

Misurazioni acustiche

- Misura la risposta in frequenza vicino alle casse per vedere se la sorgente è lineare
- Misura della risposta all'impulso al punto operatore
- Verifica della risposta in frequenza in vari punti della stanza, trovare e mappare punti di cancellazione e enfaticizzazione

Studio dei dati misurati

- notare se qualche enfattizzazione o buca della risposta in frequenza è relativa a cancellazioni di fase o modali (calcolando la frequenza partendo dalla distanza)
- notare se c'è correlazione tra il tempo di riverberazione misurato e i coefficienti di assorbimento dei materiali che rivestono le pareti
- notare se EDT e T30 sono simili per valutare la diffusione, e vedere dove c'è poca diffusione
- cercare eventuali comb-filters (effetti pettine) provocati dalla riflessione su qualche superficie

Acoustic design

Dispositivi di correzione acustica

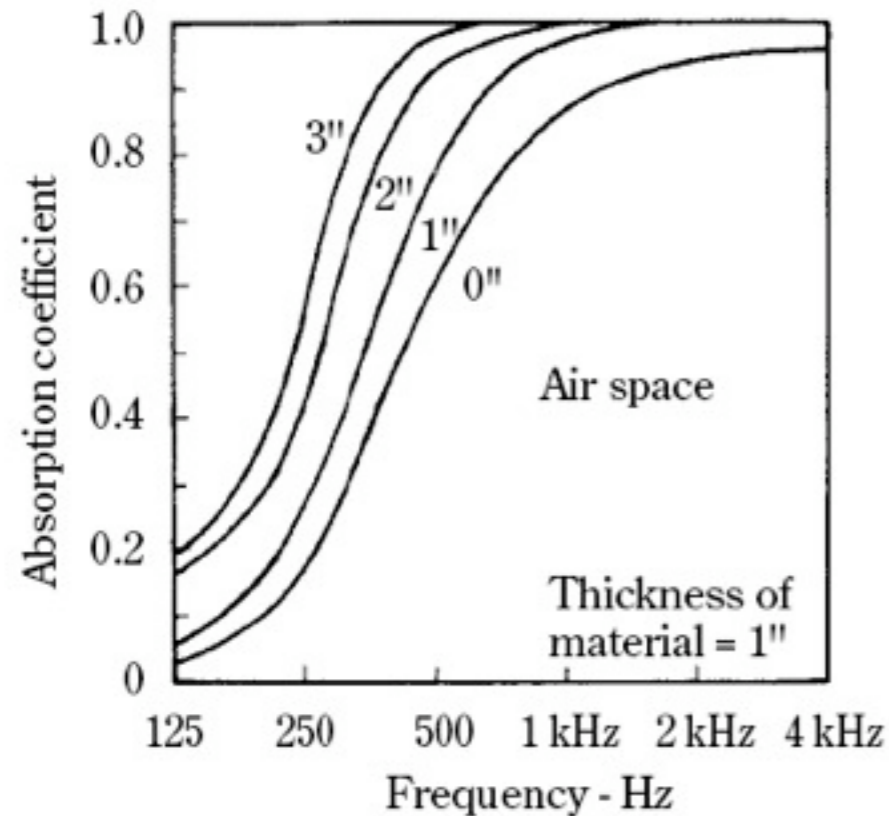
Assorbimento acustico

1. Assorbimento per porosità
2. Assorbimento per risonanza di membrana
3. Assorbimento per risonanza di cavità

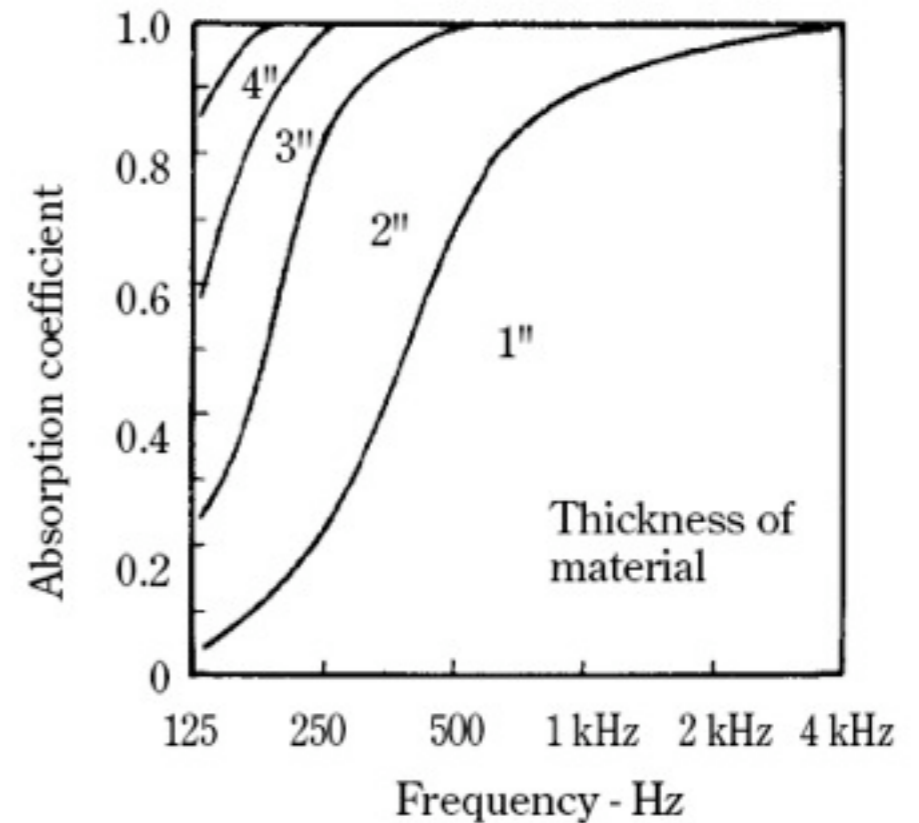
I. Materiali assorbenti per porosità

- materiali fibrosi (lana di vetro, lana di roccia, truciolati di legno, sughero, fibre di poliestere, gesso, cartongesso)
- materiali a cellule aperte (schiume poliuretatiche, poliuretano espanso, foam melamminico)
- materiali fibrosi (moquette, linoleum, tendaggi, tessuti naturali e artificiali di vario tipo)

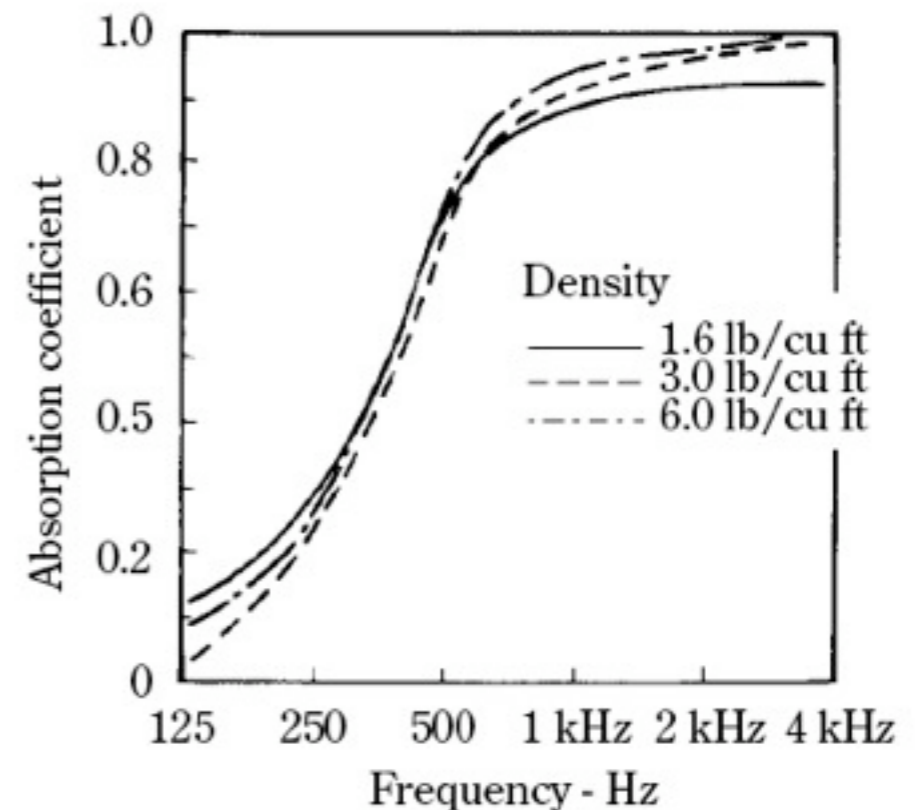
Effetto delle camere d'aria dietro gli assorbitori



Spessore degli assorbitori



Effetto della densità dell'assorbitore



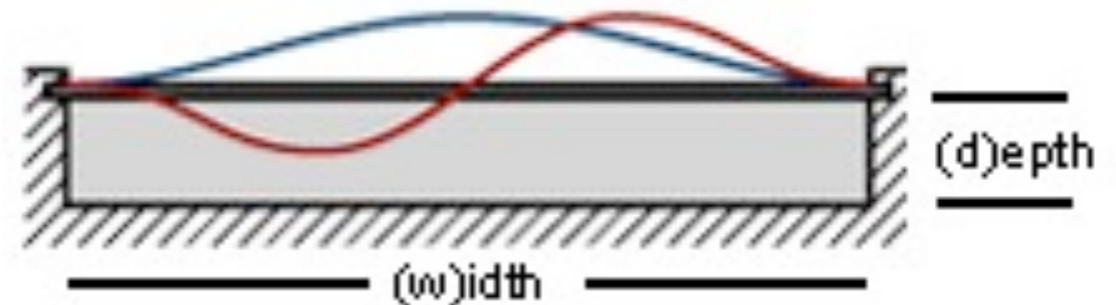
2. Assorbitori a membrana

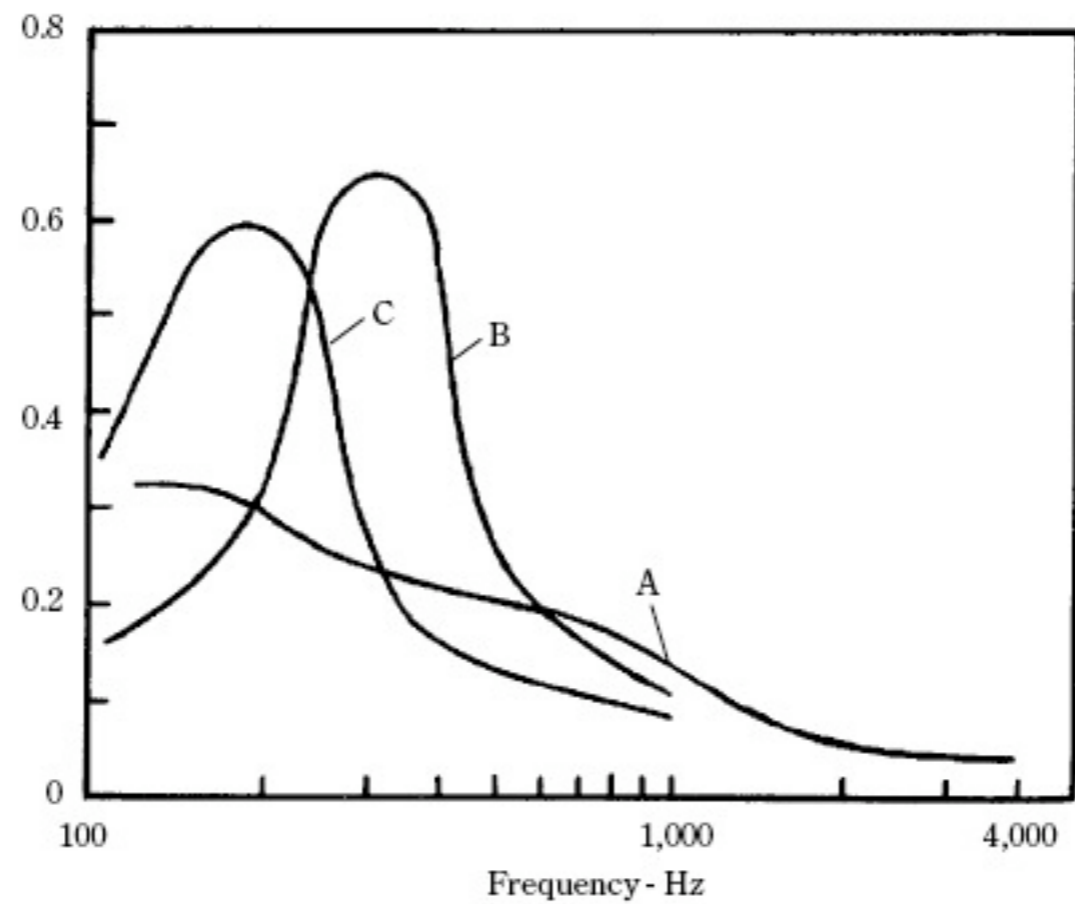
- Sistema massa-aria-massa
- Si assorbe una frequenza particolare
- Se si aggiunge nell'intercapedine del materiale fonoassorbente si può allargare in frequenza la campana per la quale avviene assorbimento
- assorbe parte del suono che trasforma in calore per il flettersi delle sue fibre

$$f_0 = \frac{62}{\sqrt{\rho_A \cdot d}}$$

ρ_A = densità del pannello (kg/m²)

d = spessore della camera d'aria (cm)



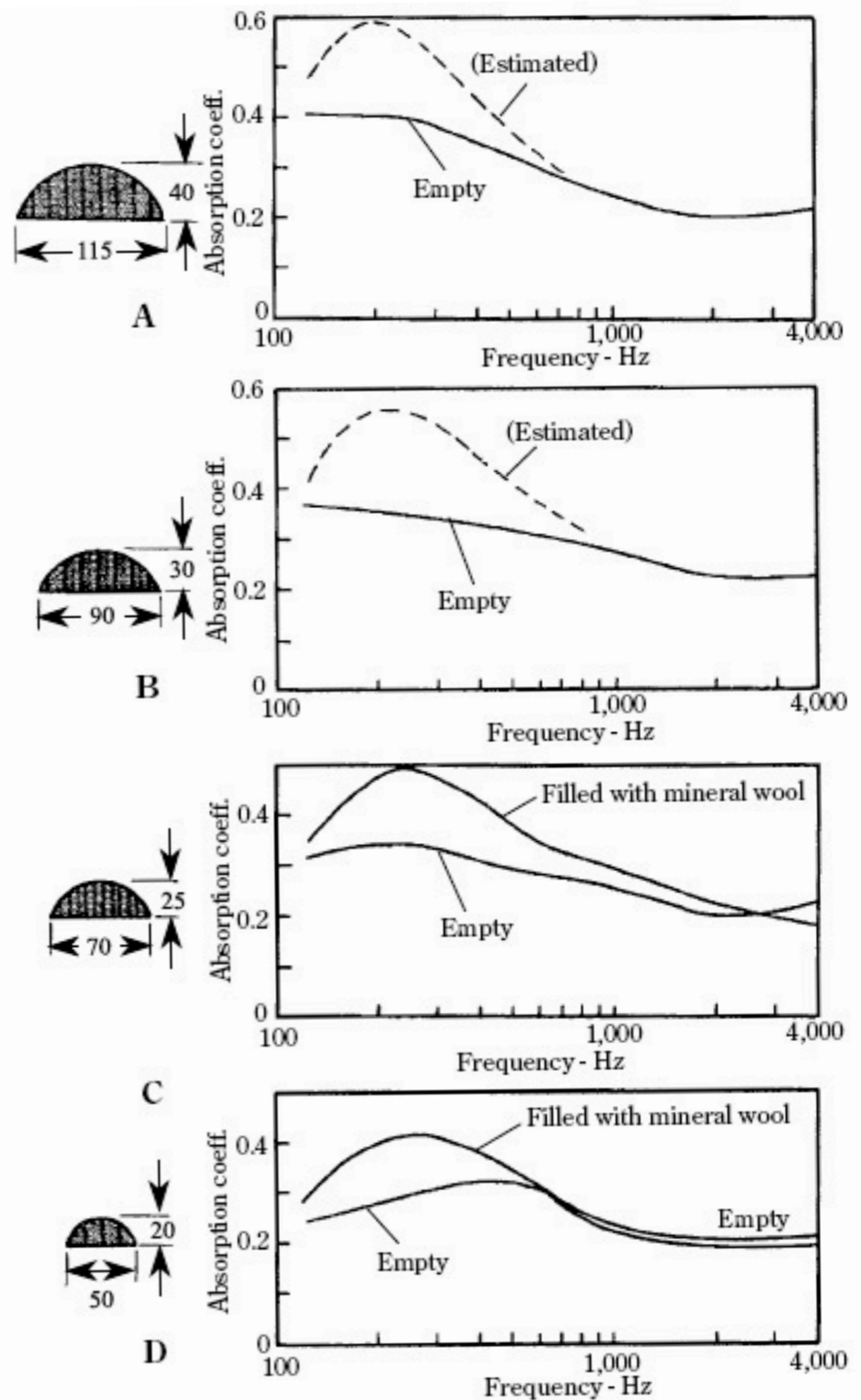


- (A) compensato 3/16" con 2" di aria
 (B) compensato 1/16" con 1" lana di roccia e 1/4" aria
 (C) come (B) ma per un pannello di 1/8"

Assorbitori policilindrici

- sono diffusori (ad alte freq.) e assorbitori (alle medio-basse)
- la frequenza propria dei policilindrici è approssimativamente 125 Hz più alta di quella relativa ad un pannello piatto con le stesse caratteristiche (densità, spessore)
- Il policilindrico inoltre irradia il suono con un angolo di circa 120° contro i 20° di un pannello piatto

Se il poly viene riempito con materiale assorbente aumenterà il suo potere assorbente per le basse frequenze, vedi fig a lato.

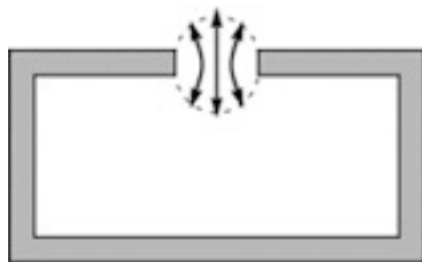


3. Assorbitori per Risonanza

- Risonatori di Helmholtz
- Assorbitori a pannelli forati
- Assorbitori a stecche

Il principio della risonanza di Helmholtz

- Il sistema si basa su una massa che vibra in risonanza con una molla.
- Il rapporto tra la massa e la rigidità dinamica della molla definisce la frequenza di risonanza.
- In questo caso l'aria agisce come una molla con una rigidità dinamica definita dal suo volume: più grande è il volume e più diventa debole la molla (frequenza di risonanza più bassa).
- Per un risonatore di Helmholtz la massa è rappresentata dalla massa d'aria racchiusa nel collo del risonatore.



$$f_H = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{V \cdot l}}$$

A = area del collo

V = volume del risonatore

l = lunghezza del collo

Caratteristiche della risonanza

1. Assorbimento del suono per una data frequenza e con una precisa campanatura. La larghezza della campana dipende dall'attrito del sistema, ad esempio questa si allarga se si inserisce materiale poroso fonoassorbente nel collo dell'apertura o dentro il risonatore stesso.
2. Il suono che non può essere assorbito dal risonatore viene diffuso. In particolare un risonatore irradia il suono dalla sua apertura in modo semisferico.

Assorbitori a pannelli perforati

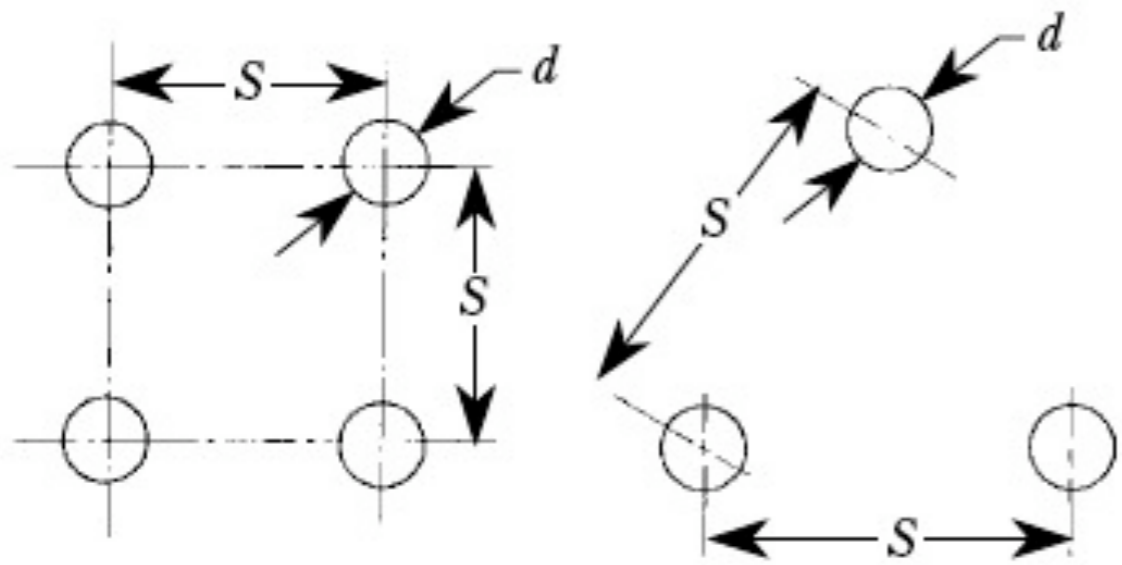
- Possiamo vedere questa struttura come un sistema di risonatori accoppiati.
- Se il suono giunge perpendicolare al pannello perforato, tutti i piccoli risonatori sono in fase. Per le onde sonore che arrivano dal lato, l'assorbimento è meno efficiente. Questa perdita può essere minimizzata sezionando la cavità dietro alla faccia perforata.

$$f_{Hp} = 508 \sqrt{\frac{P\%}{t \cdot l}}$$

$P\%$ = percentuale di perforazione: (area dei buchi / area del pannello) x 100

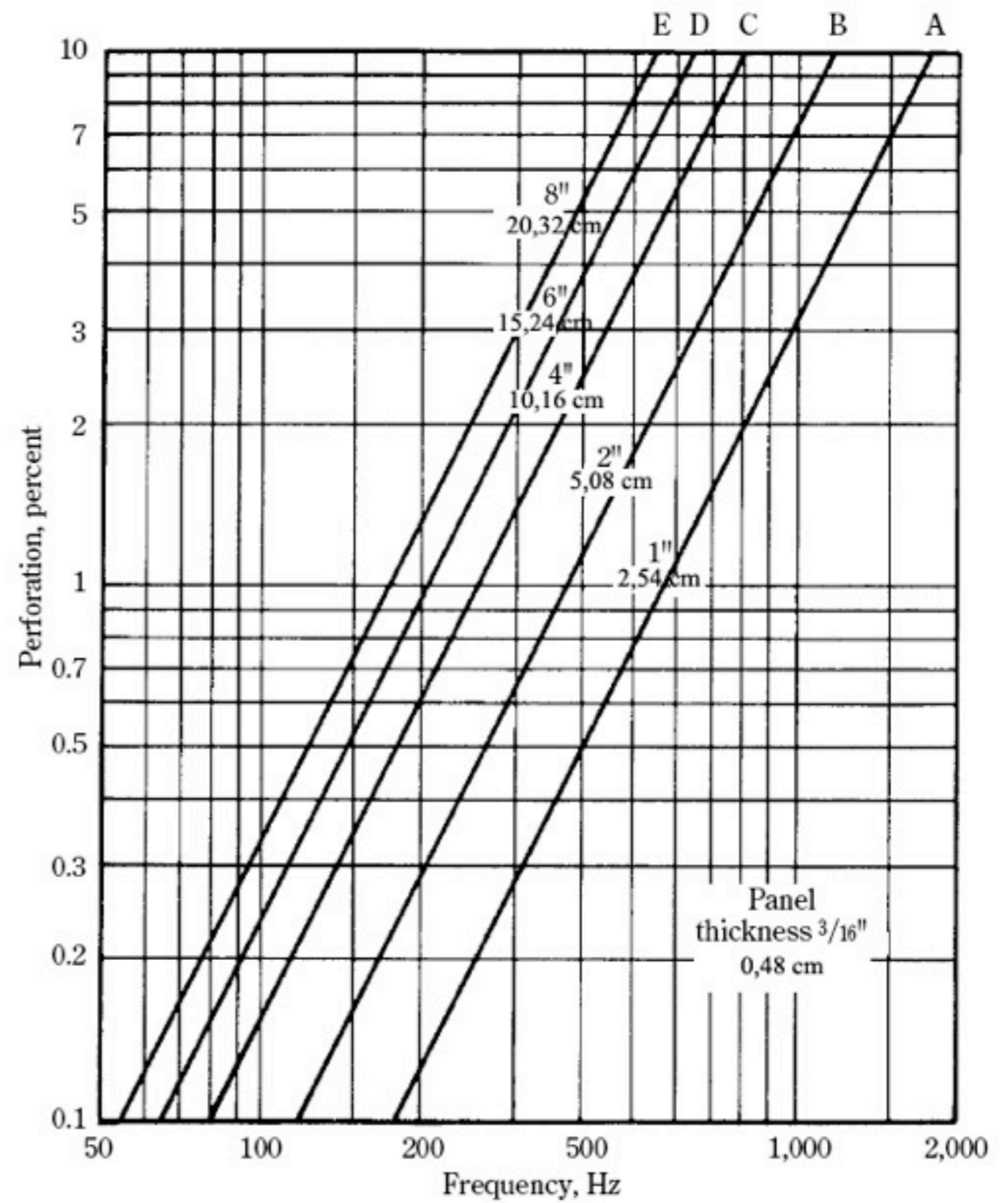
t [cm] = lunghezza effettiva dei buchi, con fattore di correzione applicato (spessore pannello + 0.8 x diametro buco)

l [cm] = profondità della camera d'aria



$$\text{PERF \%} = 78.5 \left(\frac{d}{S} \right)^2$$

$$\text{PERF \%} = 90.6 \left(\frac{d}{S} \right)^2$$



Assorbitori a Stecche

- La massa dell'aria negli slot tra le stecche reagisce con l'aria nella cavità per formare un sistema risonante.
- Si introduce solitamente fibra di vetro dietro agli slot per fare resistenza e allargare quindi il picco d'assorbimento
- Più sono stretti gli slot e più sono profonde le cavità, più è bassa la frequenza di assorbimento massimo.

$$f_{Hs} = 5469 \sqrt{\frac{r}{1.2[dD(r+w)]}}$$

r = slot width [cm]

d = slat thickness [cm]

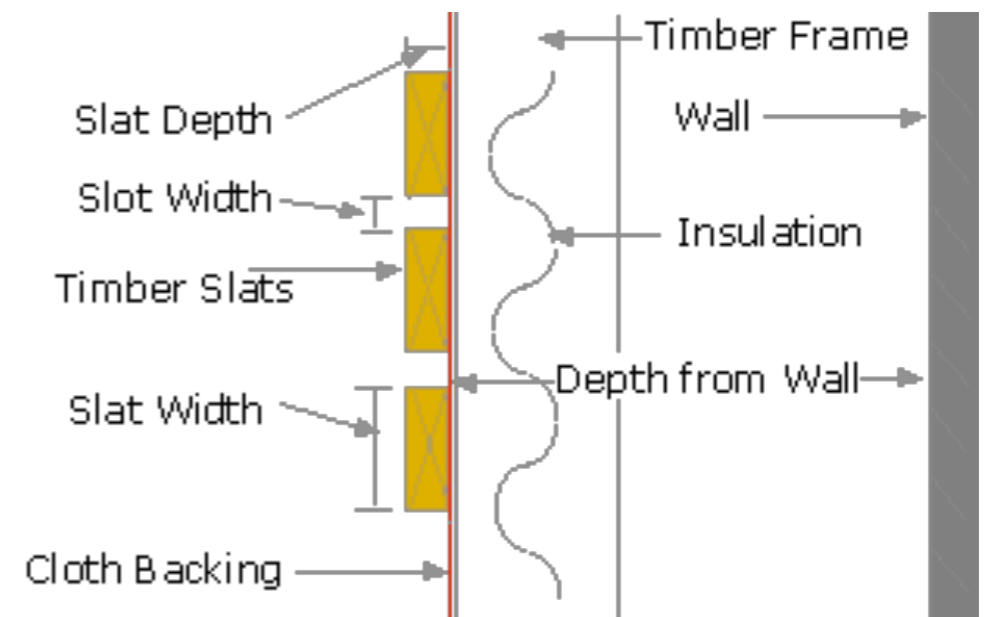
1.2 = mouth correction [cm]

D = cavity depth [cm]

w = slat width [cm]

5469 = $c/(2*\pi)$

c = speed of sound [cm/sec] (circa 34300)

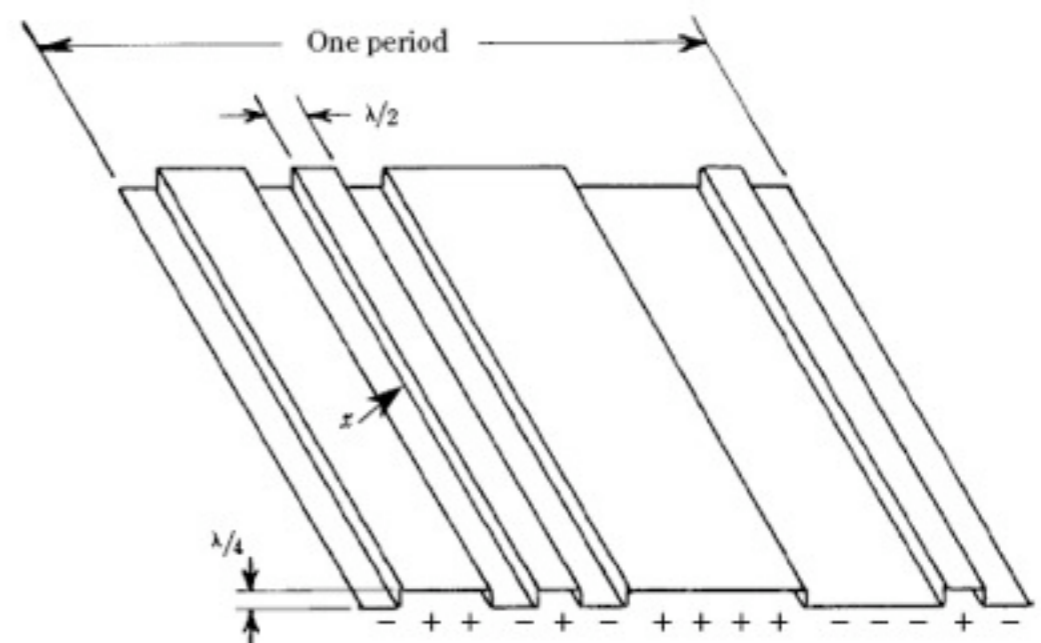


Diffusione acustica

- Superfici convesse (poly), triangolari etc.
- Diffusore di Schroeder
- QRD, linea RPG di D'Antonio
- Diffusione a linee curve elaborate con simulazioni di calcolo numerico

Diffusore di Schroeder

- Schroeder notò che una piastra metallica con la forma relativa ad una pattern che segue una sequenza MLS, per opera della diffrazione, diffonde il fascio incidente di un angolo molto più ampio di qualsiasi altro diffusore.
- se lo spessore è di $\lambda/2$: non accade niente
- se lo spessore è di $\lambda/4$: diffusione
- se lo spessore è di $\lambda/2$ ma anche solo un listello viene coperto: non accade niente



QRD Quadratic Residue Diffusors

- reticolo di diffrazione di fase e diffonde il suono piuttosto uniformemente in tutte le direzioni
- utilizzando queste evidenze sperimentali si è potuto progettare un dispositivo che permetta il phase-shift (o time-shift)
- per far ciò si è pensato ad una disposizione di buche e spessori determinati dalla sequenza dei residui quadratici
- lo spessore più alto è determinato dalla lunghezza d'onda più lunga che dev'essere diffusa
- la larghezza delle buche è circa mezza lunghezza d'onda della più corta lunghezza d'onda che dev'essere diffusa

$$d = n^2 \text{ mod } p$$

d : profondità di ogni buca

n : numero naturale (intero tra 0 e infinito)

p : numero primo

Quadratic-residue sequences

n	p						
	5	7	11	13	17	19	23
0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	4	4	4	4	4	4	4
3	4	2	9	9	9	9	9
4	1	2	5	3	16	16	16
5	0	4	3	12	8	6	2
6		1	3	10	2	17	13
7		0	5	10	15	11	3
8			9	12	13	7	18
9			4	3	13	5	12
10			1	9	15	5	8
11			0	4	2	7	6
12				1	8	11	6
13				0	16	17	8
14					9	6	12
15					4	16	18
16					1	9	3
17					0	4	13
18						1	2
19						0	16
20							9
21							4
22							1
23							0

Well depth or proportionality = n^2 modulo p

n = integer

p = prime number

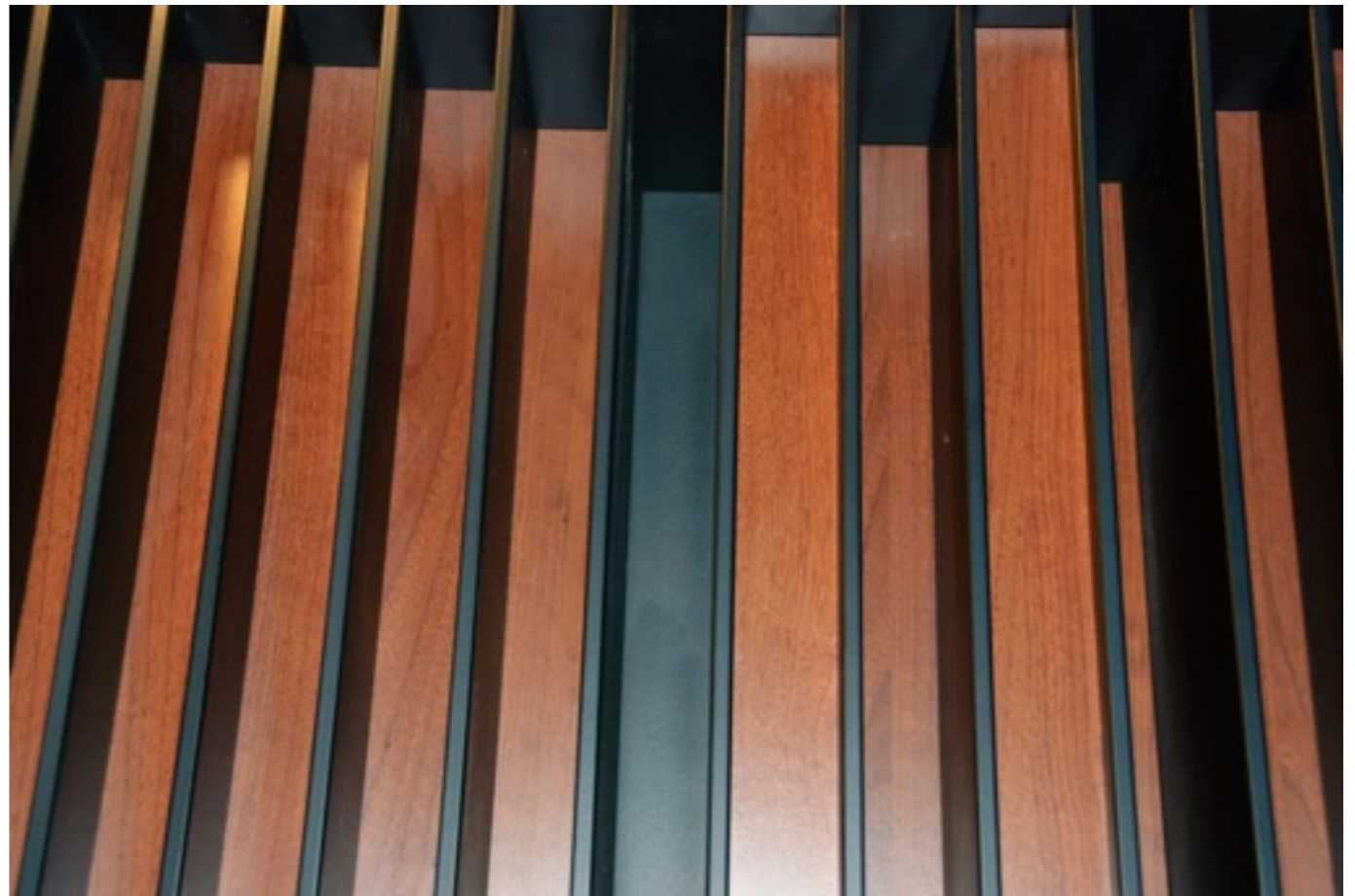
Per trovare la lunghezza di ogni singolo blocco si deve sapere la frequenza per la quale il diffusore è progettato:

$$d_n = s_n \left(\frac{\lambda}{2p} \right)$$

Tabella per ricavare la lunghezza dell'unità d_n a partire dalla frequenza per cui è progettato il diffusore		
Frequenza [Hz]	p (numero primo)	Lunghezza unità [cm]
1000	7	2,45
	11	1,56
	13	1,32
	17	1,01
	19	0,90
	23	0,75

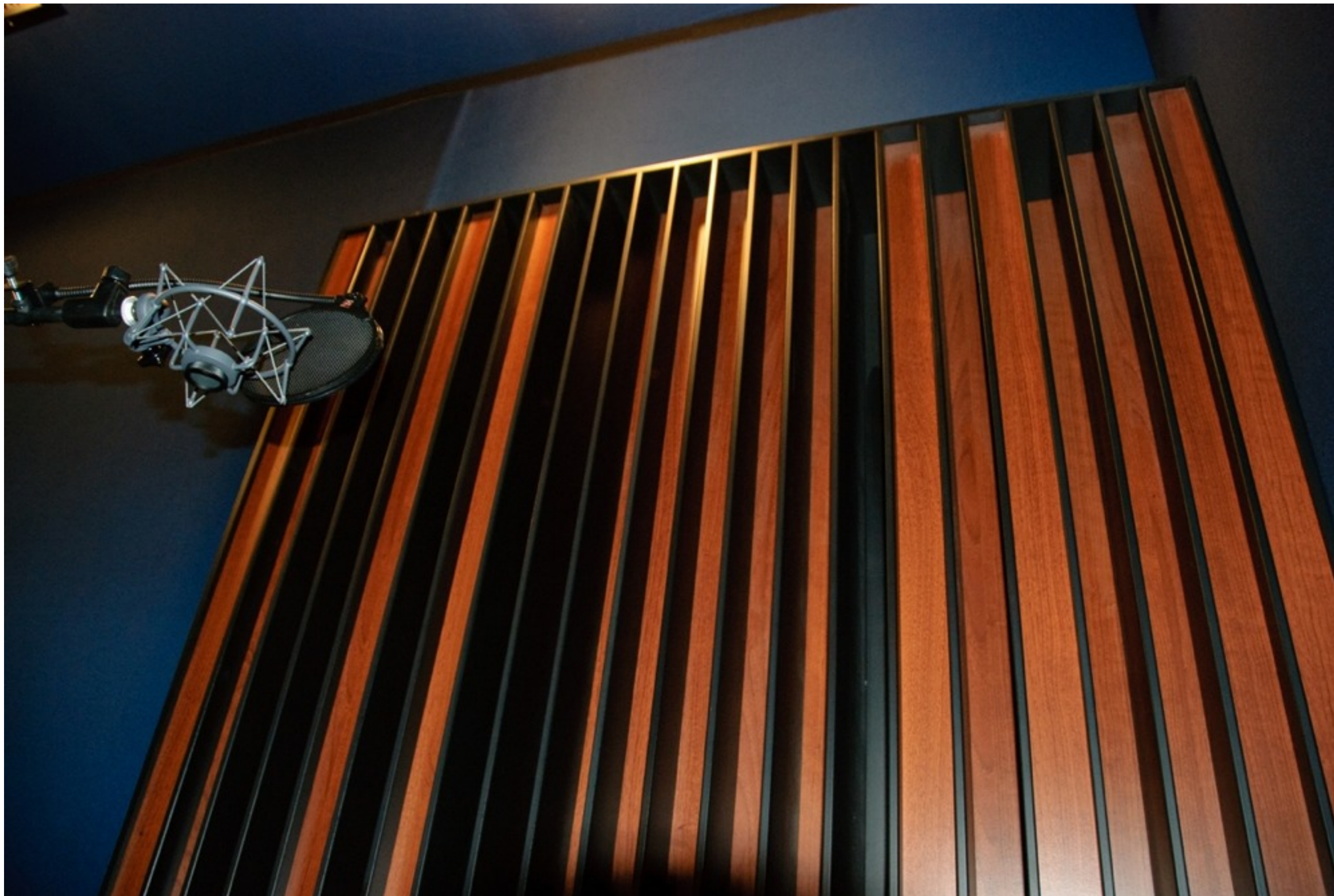
La larghezza dei blocchi invece dovrebbe essere costante e piccola se comparata alla frequenza per la quale è progettato il diffusore, o almeno sicuramente non più grande di $\lambda/2$

Schroeder suggerisce $0.137 \cdot \lambda$



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Primitive-Root Diffusers

Questo tipo di diffusori utilizza una differente sequenza della teoria dei numeri:

$$d = g^n \text{ mod } p$$

p : numero primo

g : è l'ultima primitive-root di p

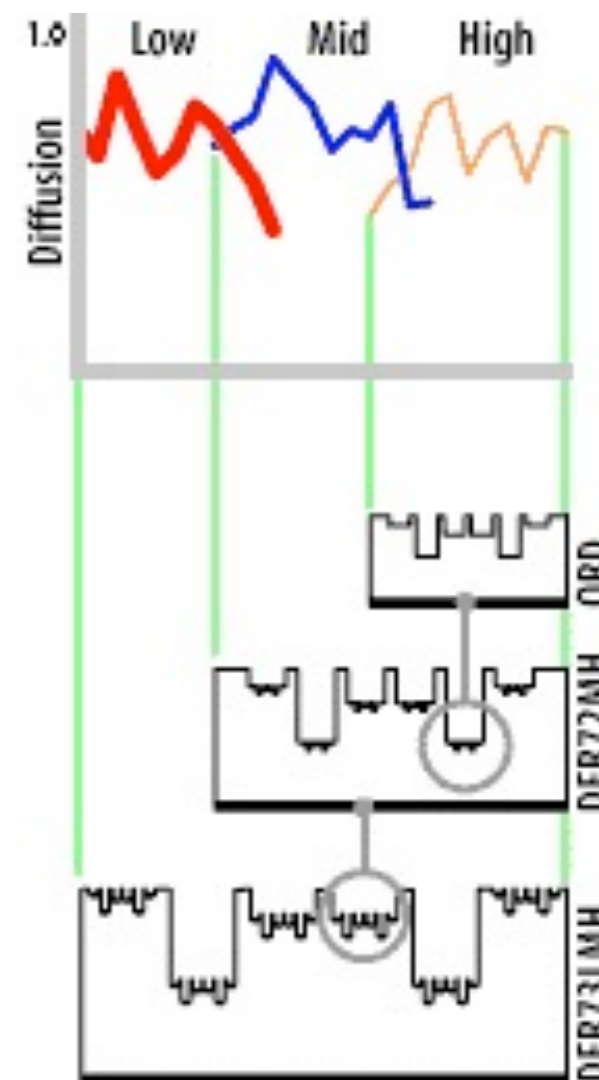
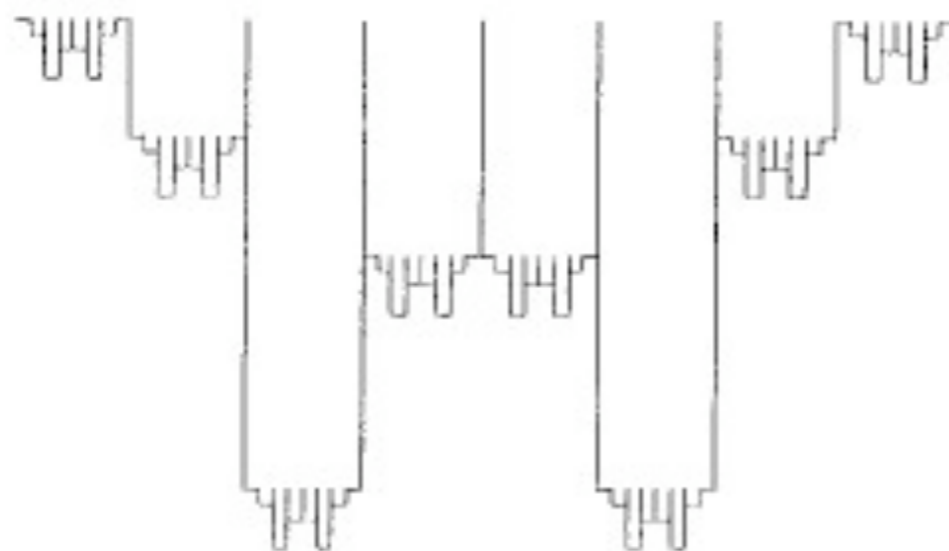
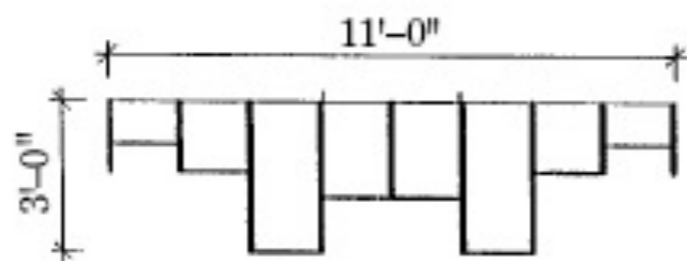
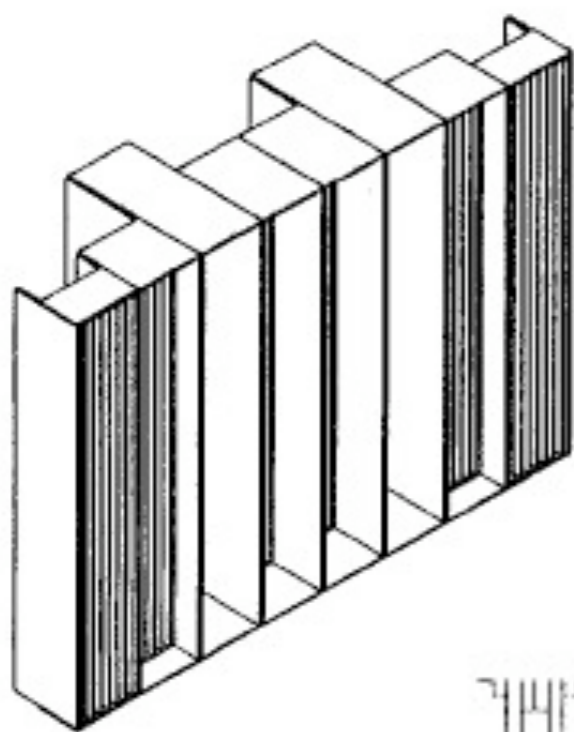
n : numero naturale (intero tra 0 e infinito)

Primitive-root sequences

n	$p = 5$ $g = 2$	$p = 7$ $g = 3$	$p = 11$ $g = 2$	$p = 13$ $g = 2$	$p = 17$ $g = 3$	$p = 19$ $g = 2$
1	2	3	2	2	3	2
2	4	2	4	4	9	4
3	3	6	8	3	10	8
4	1	4	5	3	13	16
5		5	10	6	5	13
6		1	9	12	15	7
7			7	10	11	14
8			3	9	16	9
9			6	5	14	18
10			1	10	8	17
11				7	7	15
12				1	4	11
13					12	3
14					2	6
15					6	12
16					1	5
17						10
18						1

Well depth or proportionality = g^n modulo p
 p = prime number
 g = least primitive root of p

È molto importante capire la frequenza sulla quale agisce il diffusore. Per questo motivo, sulla falsariga della costruzione delle casse a più vie, si costruiscono diffusori a banda larga (Diffractal) che sono tipo dei frattali, ossia in ogni elemento c'è una serie di elementi sempre più piccoli per le frequenze più grandi etc.



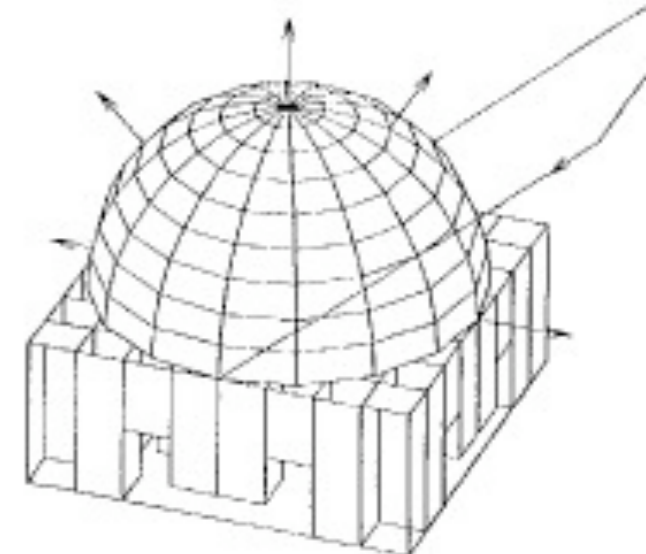
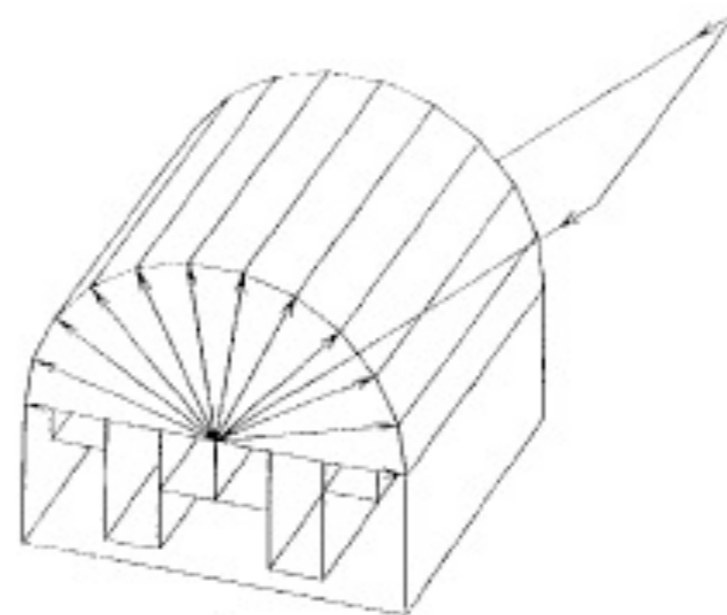
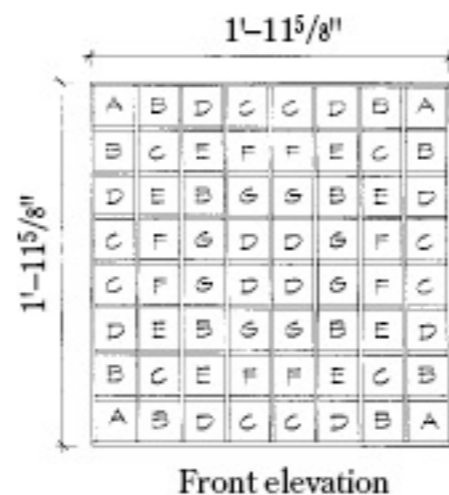
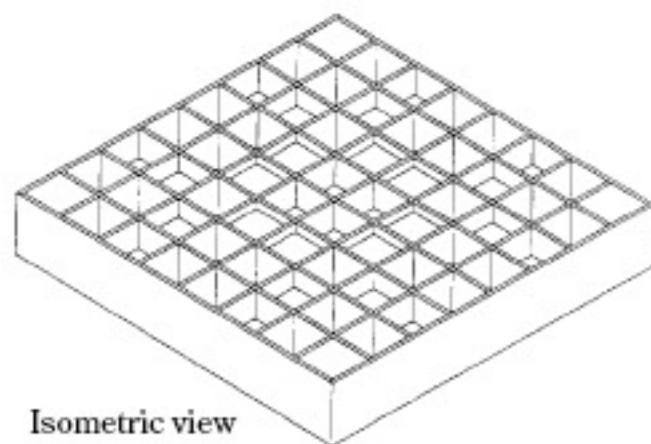


giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Diffusori in 2d

La distribuzione spaziale delle riflessioni provocate da questo tipo di diffusori è a semicerchio ossia in due dimensioni. Per avere una distribuzione sferica bisognerà utilizzare diffusori in tre dimensioni come l'Omniffusor RPG.



Schema dell'omniffusor

differenza tra QRD/
primitive-root
e Omniffusor in 2d



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Diffusori a linee curve

Quando si progetta un diffusore bisogna considerare sia le sue proprietà acustiche che quelle estetiche, e spesso queste sono in conflitto.

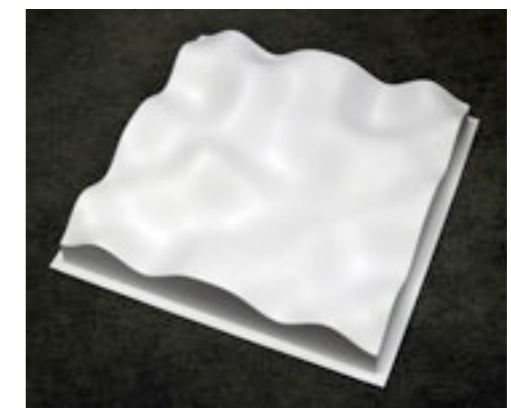
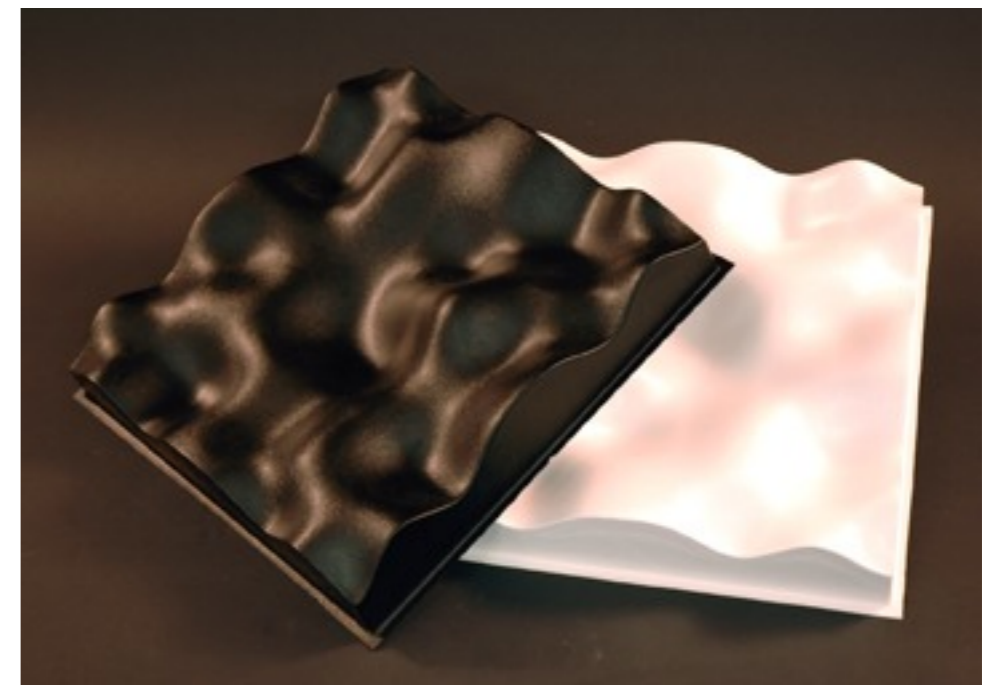
Nel design degli ultimi anni sono tornate di moda le linee curve, e si sono trovate nuove soluzioni estetiche per diffondere il suono, sul retro di uno studio o un soffitto di un teatro.

Con simulazioni al computer basate sul calcolo numerico si possono trovare forme curve ottimizzate per la diffusione.



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it

–

dott. Donato Masci

–

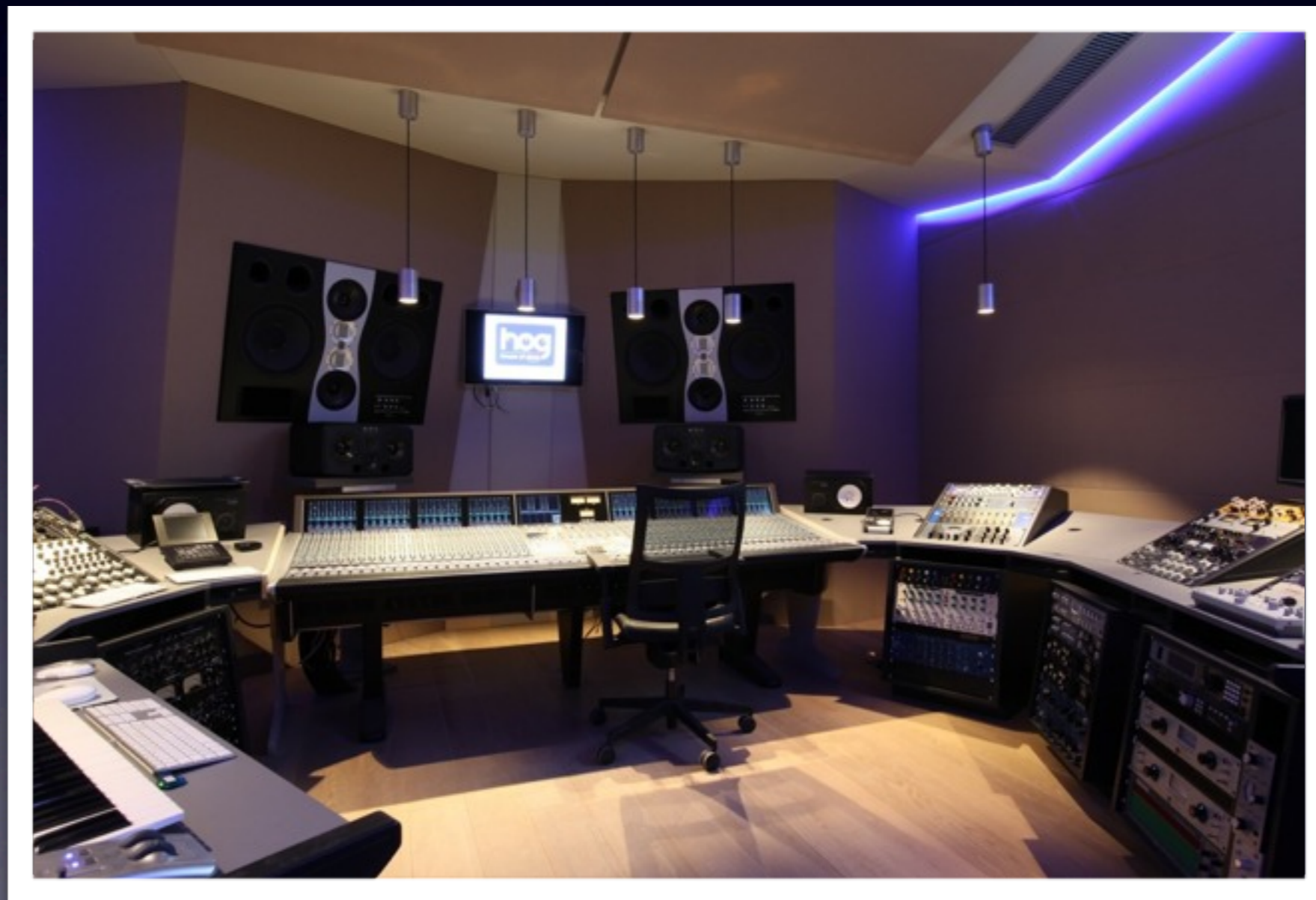
info@acousticdesign.it

Acoustic design

Alcuni studi di registrazione

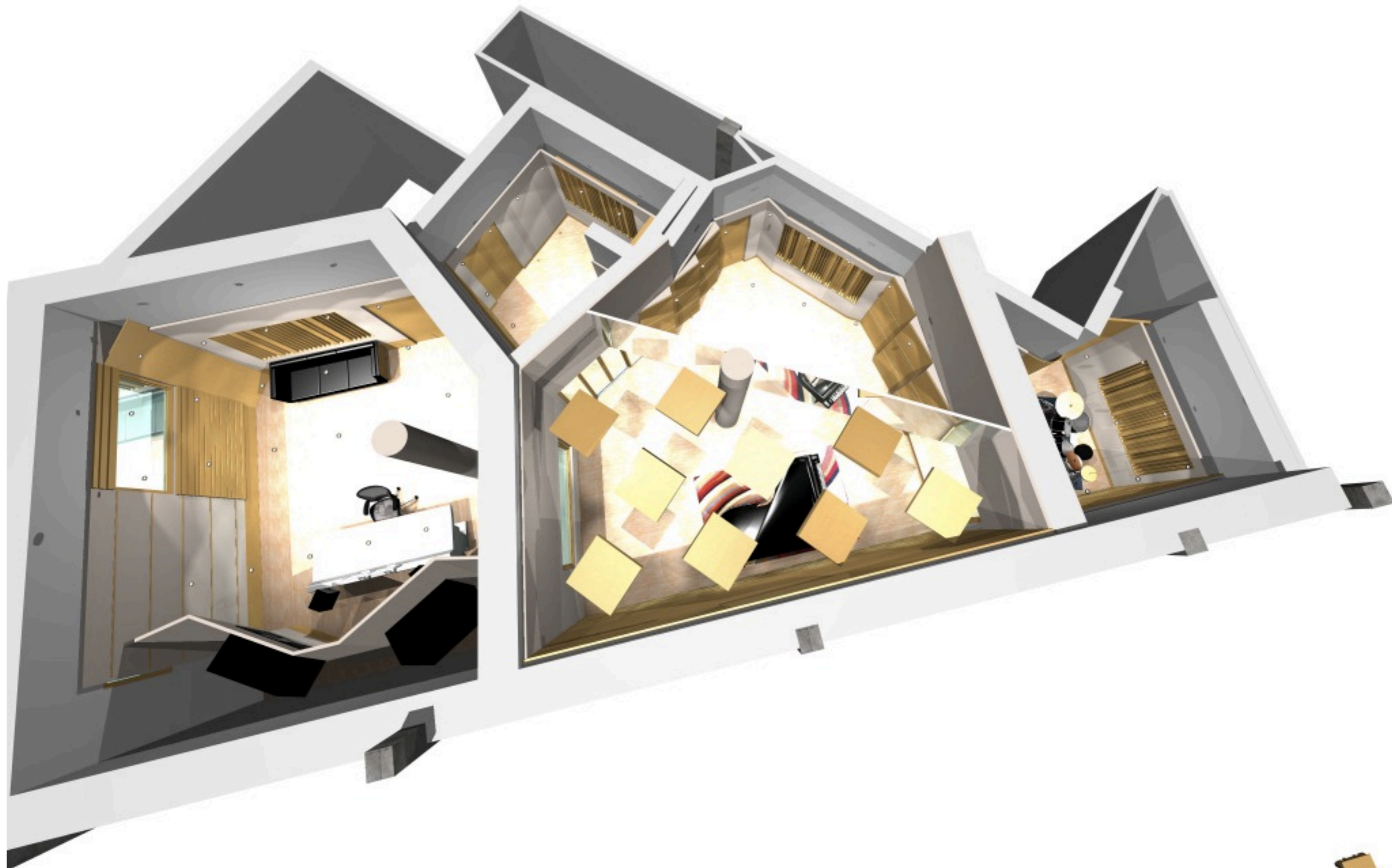
House of Glass

Gianni Bini, Viareggio (LU)



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it

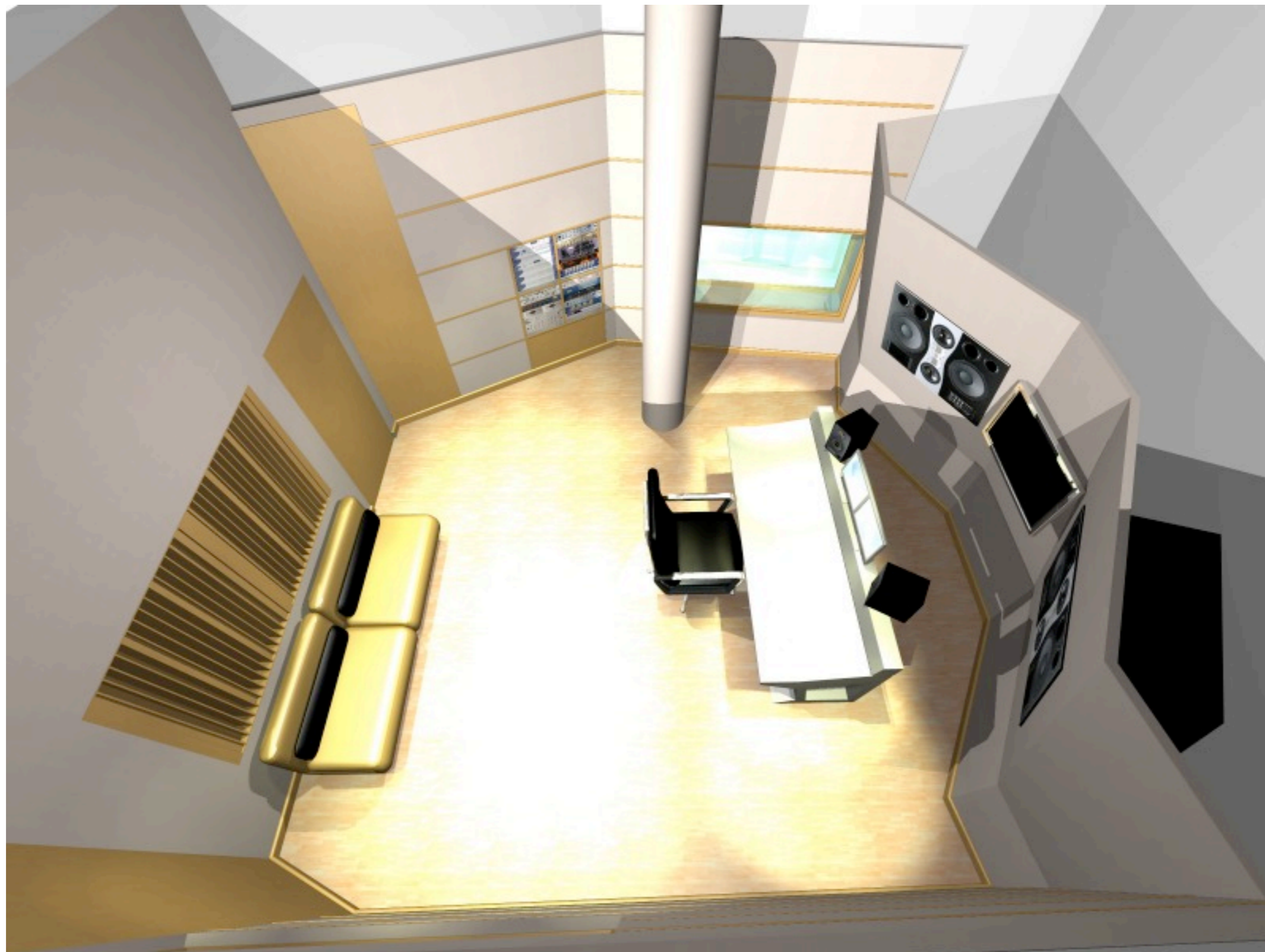
– dott. Donato Masci –

info@acousticdesign.it



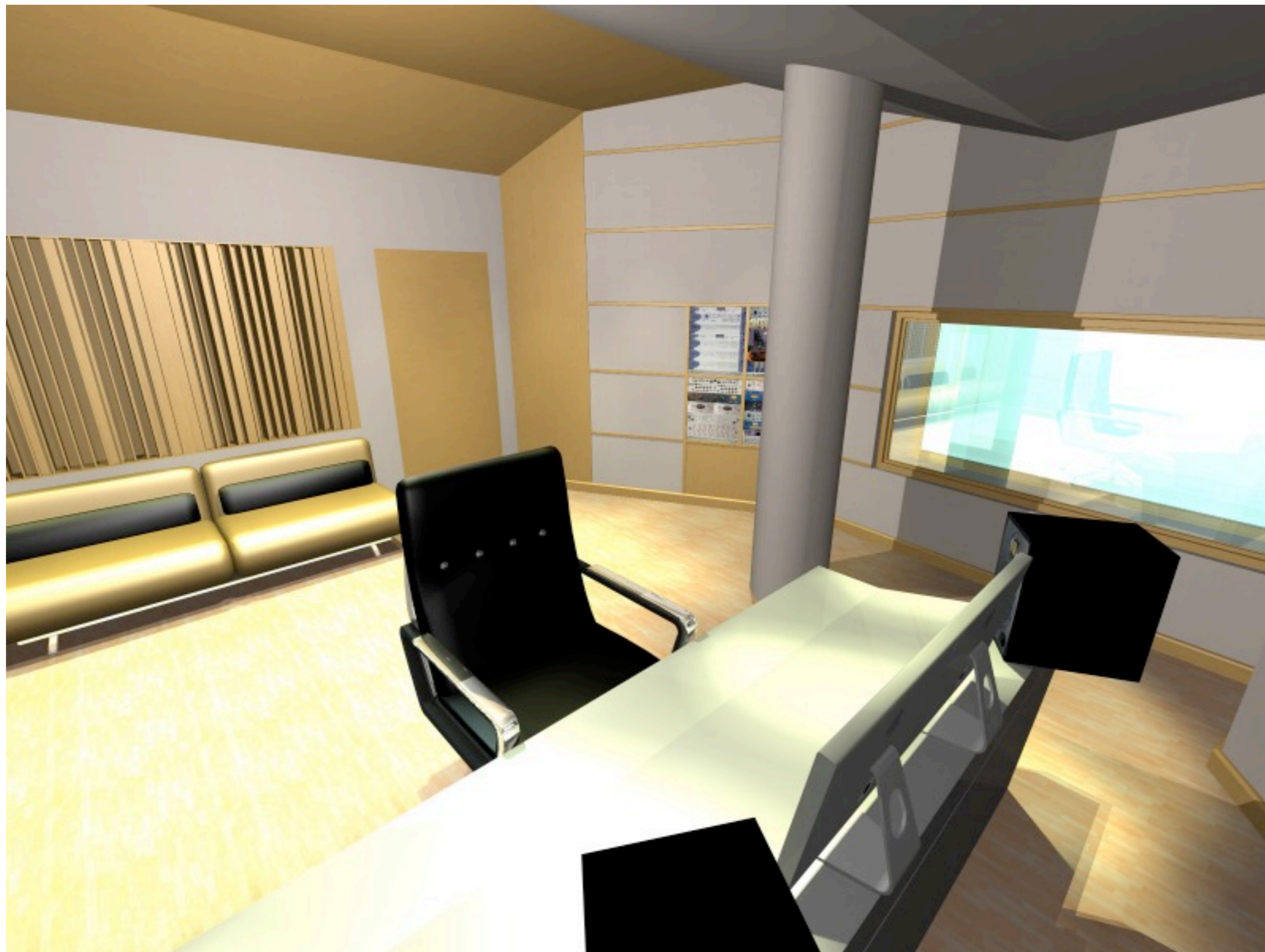
giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



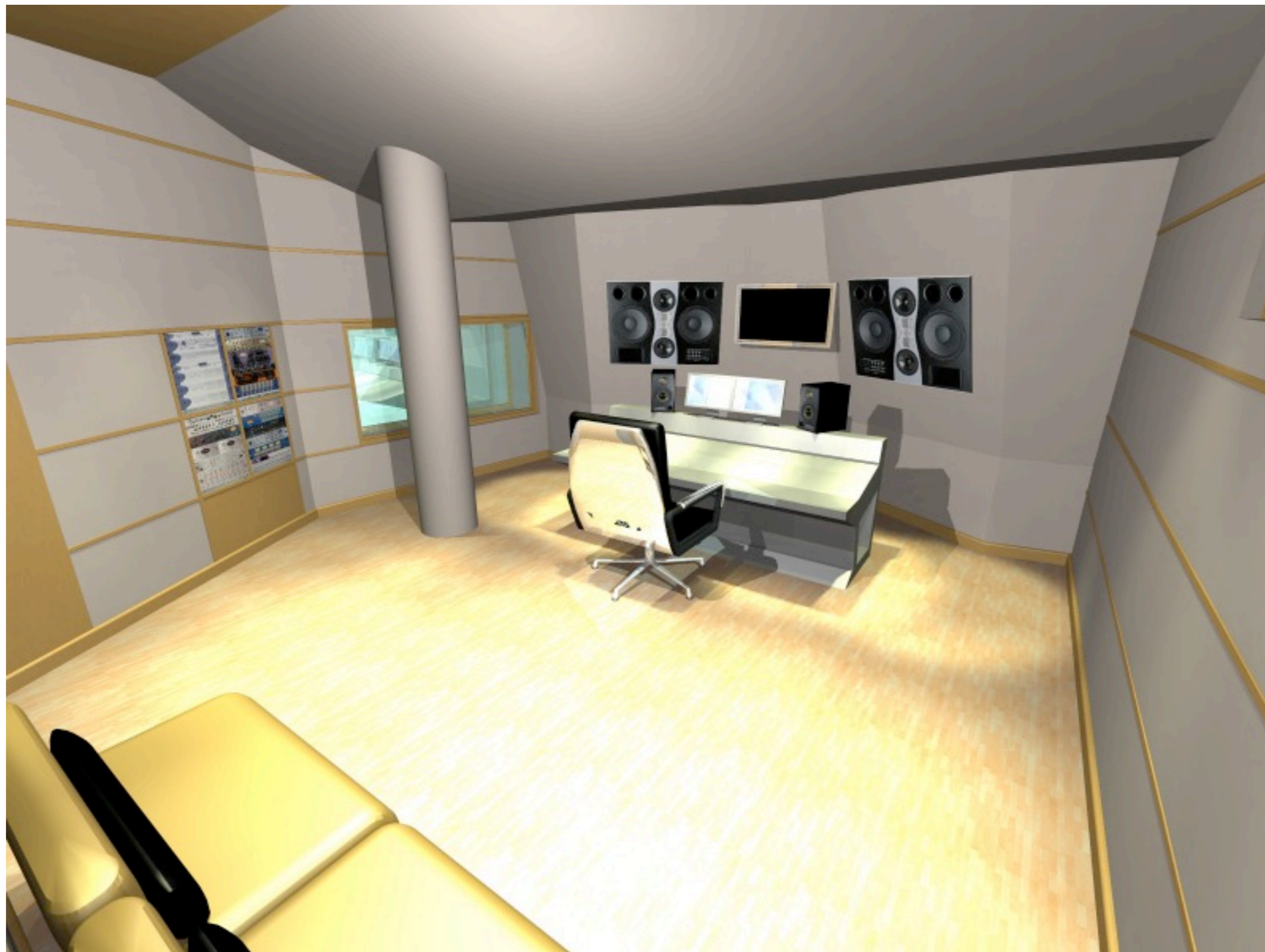
giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



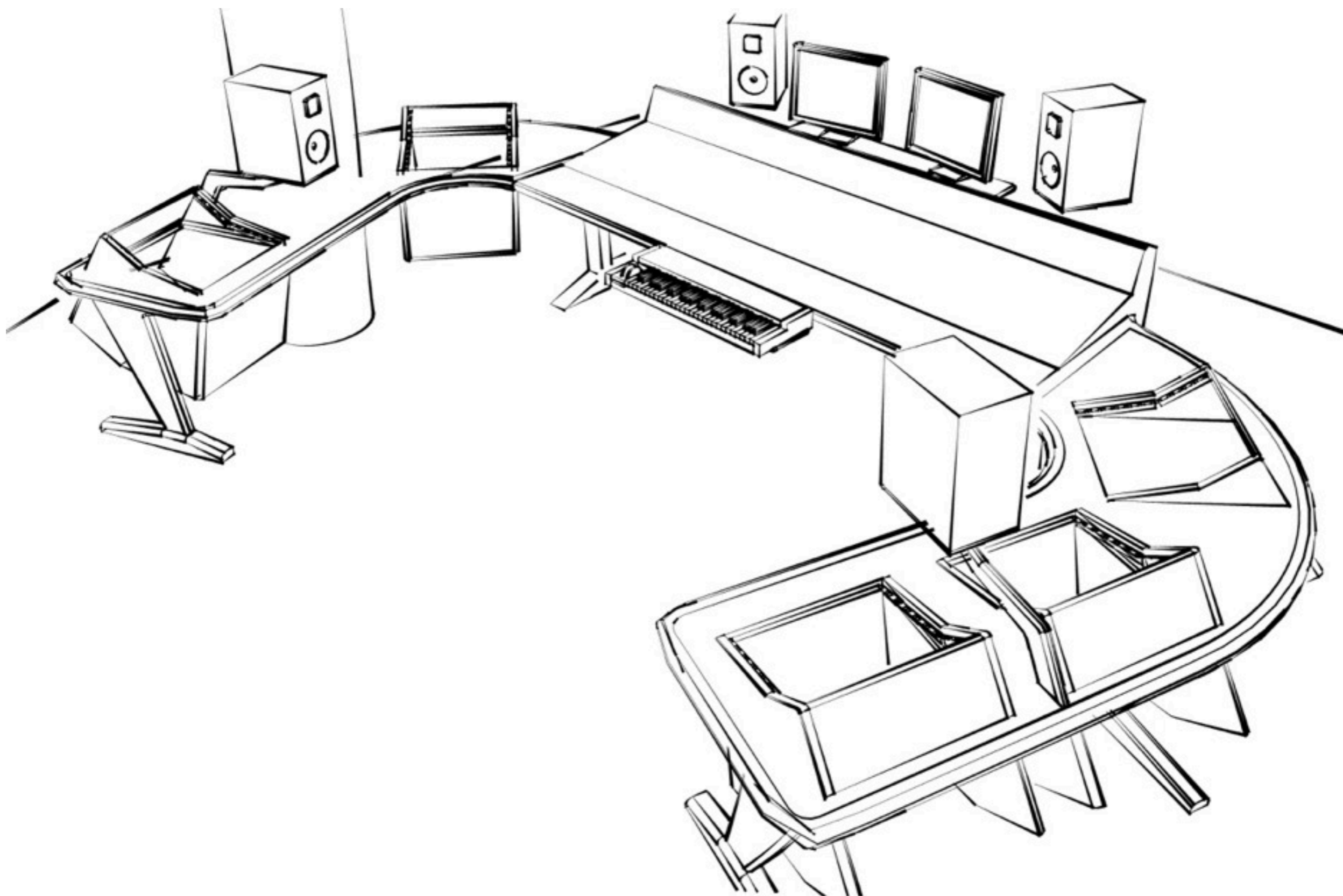
giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



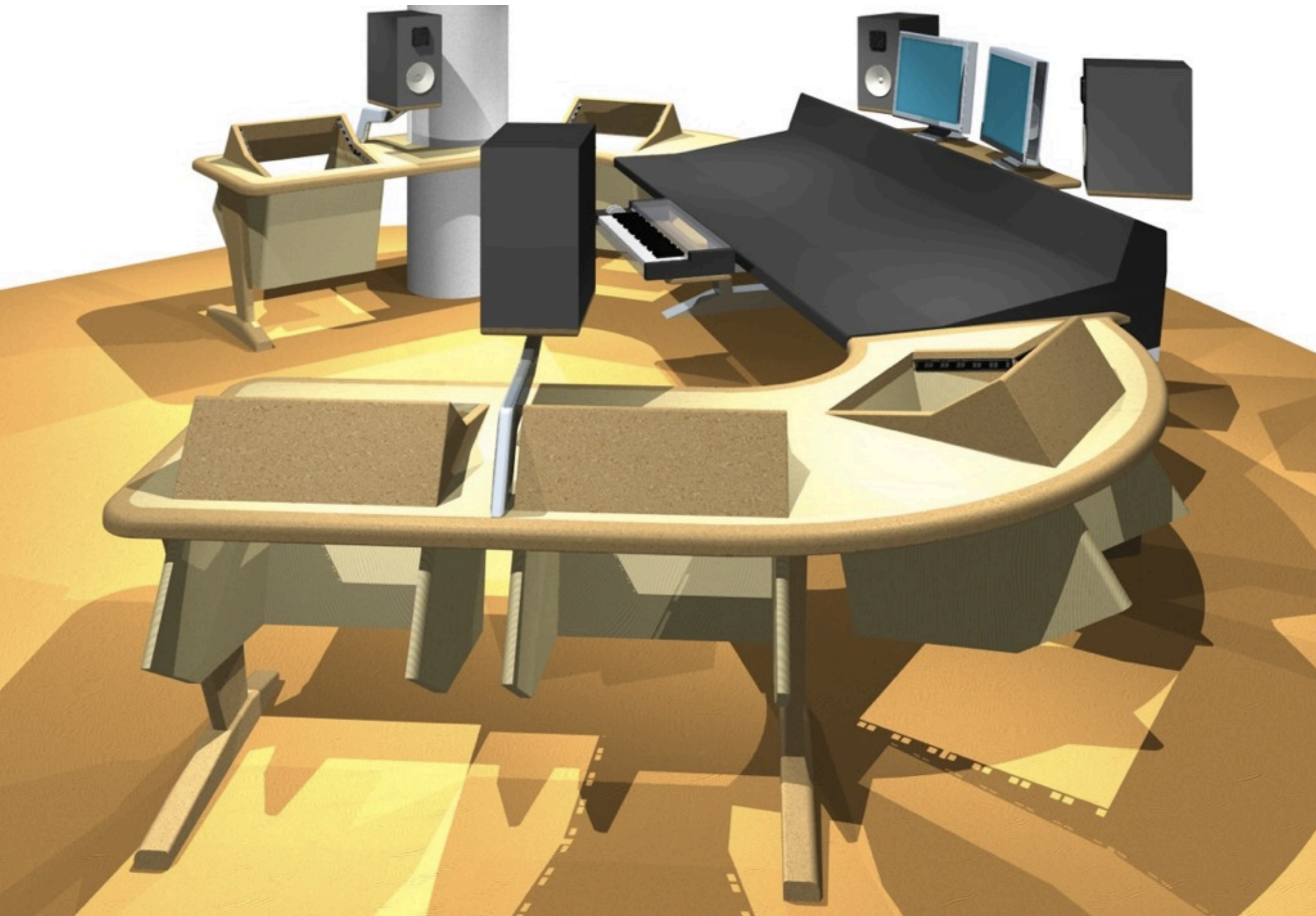
giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



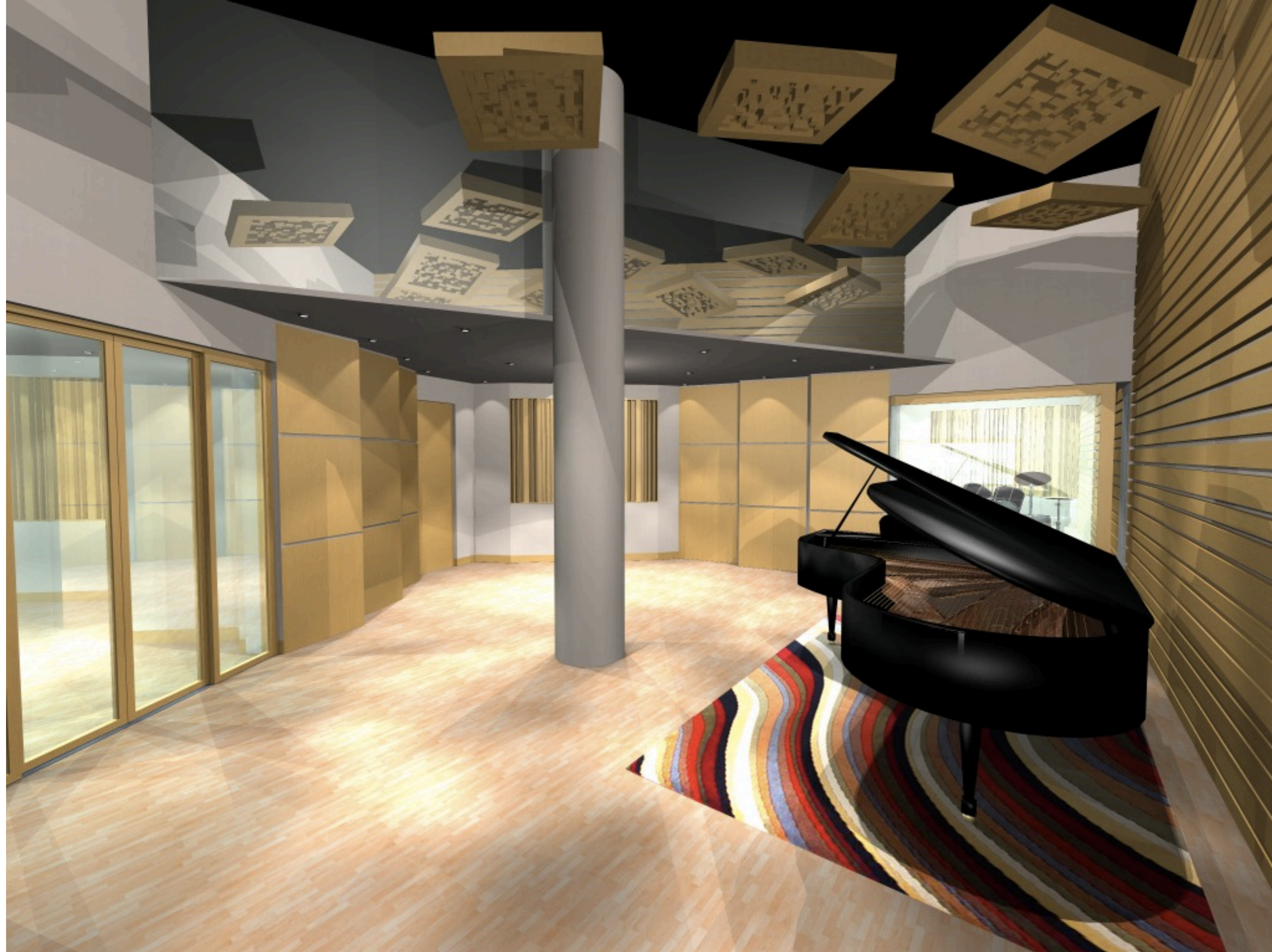
giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



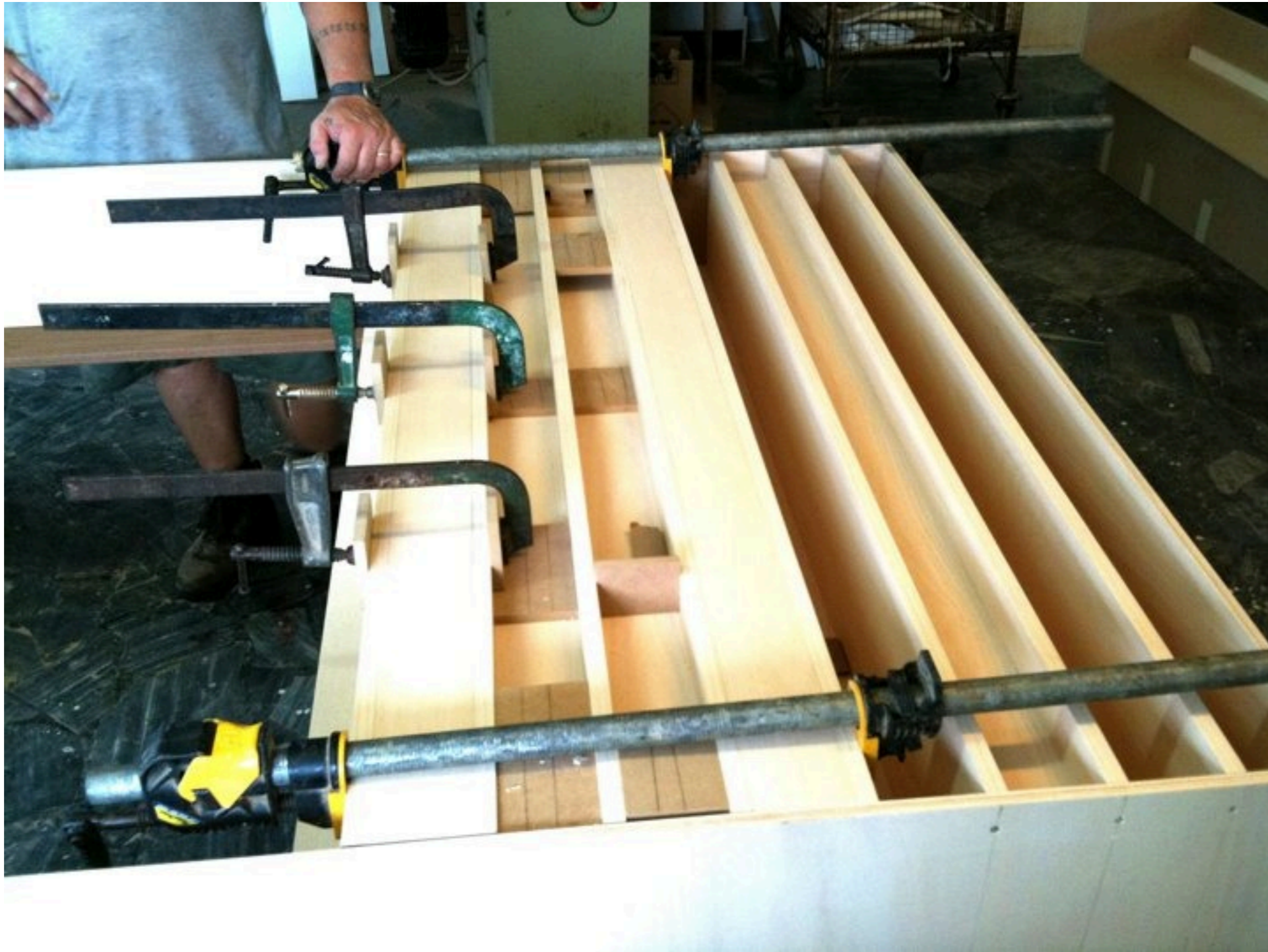
giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



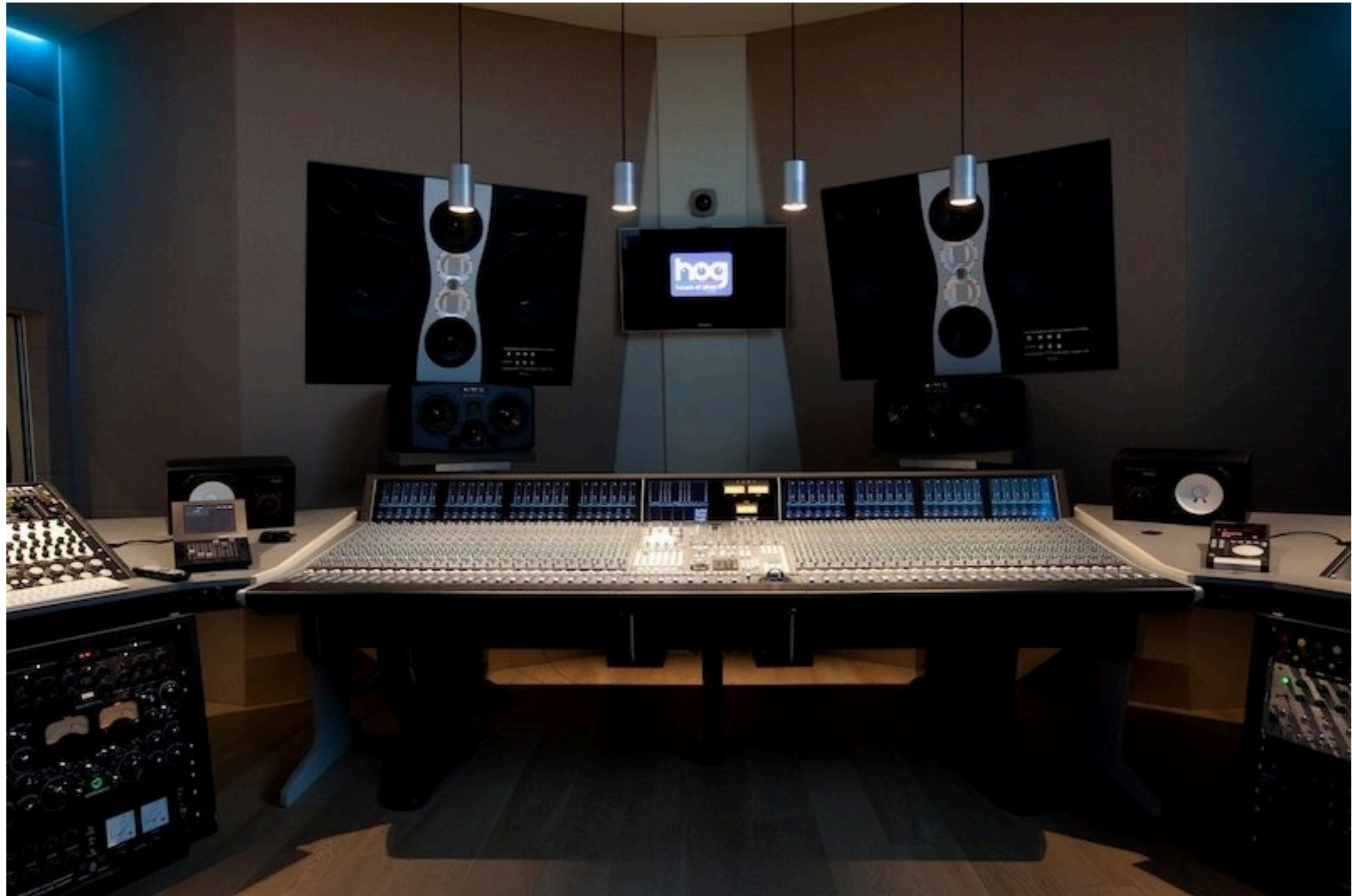
giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



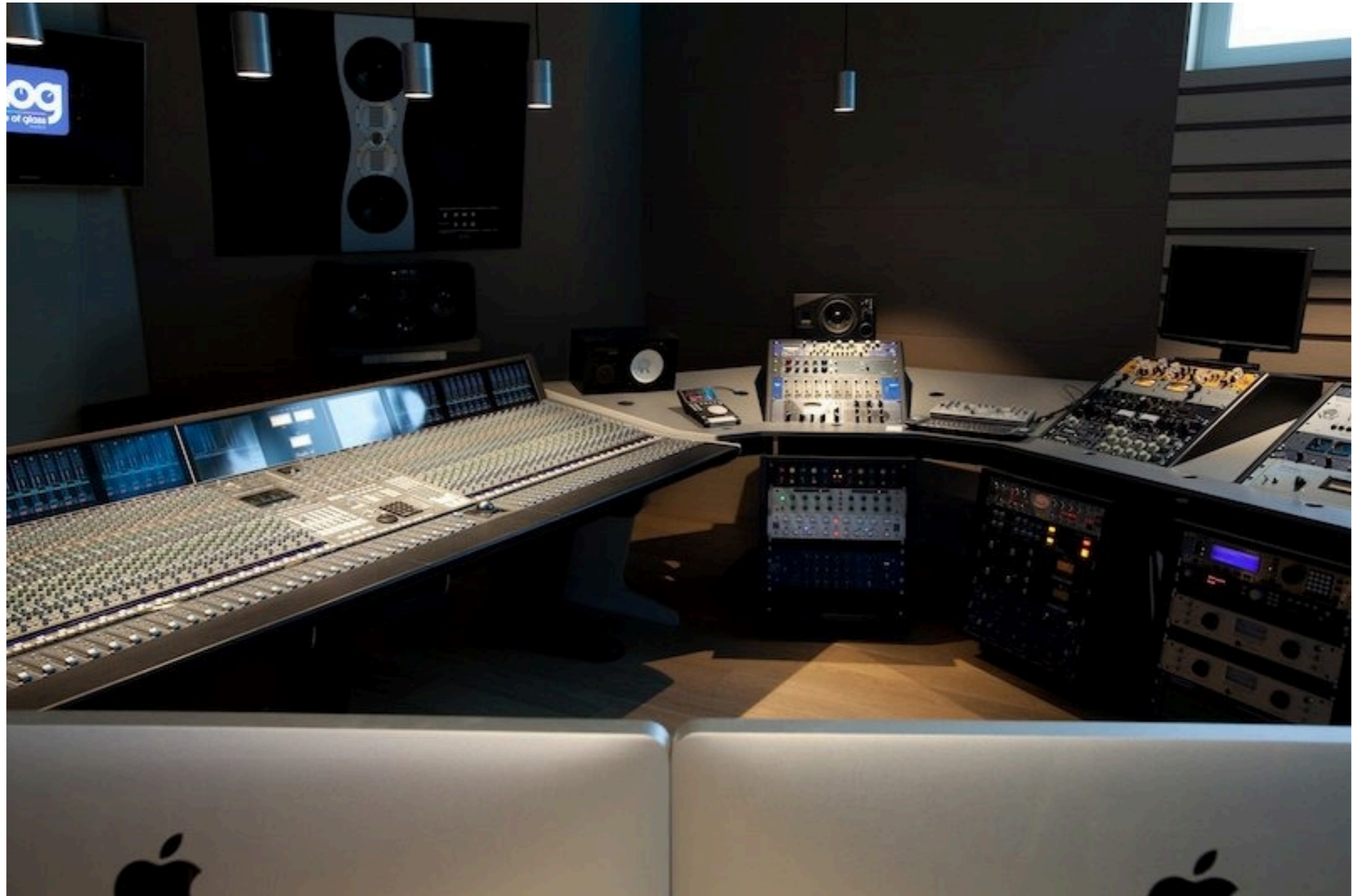
giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

International Sound Studio, Conversano (BA)



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

L'International Sound Studio di Conversano (BA) comincia in un classico capannone industriale.

In questo posto siamo stati in grado di sfruttare tutta l'altezza e lo spazio necessari per uno studio di registrazione senza compromessi.

Si cominciano
a creare le
“stanze nelle
stanze” ovvero
i “box-in-the-
box”



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Pareti ben staccate dalla
struttura portante, o attaccate
tramite supporti di tipo elastico



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

La muratura delimita tutta la sala di ripresa, ogni stanza ha una sua muratura e queste non si toccano tra loro



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it - dott. Donato Masci - info@acousticdesign.it



**Materiale elastico
tra le due murature**

**Si usa anche piombo
per l'isolamento**



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it - dott. Donato Masci - info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it - dott. Donato Masci - info@acousticdesign.it



Cablaggio: attenzione a non fare
anelli tra cavi elettrici e cavi
audio!

giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it - dott. Donato Masci - info@acousticdesign.it

Cablaggio “sotterrato” da sabbia



Ogni sala ha un “suo”
pavimento:
la sabbia è un materiale
ottimo dal punto di
vista acustico e molto
economico.

giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it

–

dott. Donato Masci


–

info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it




Sopra la sabbia si pone
l'MDF (medium density,
circa 800 Kg/m³)

Si cominciano a
costruire i mobili
per lo studio



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



Il soffitto ha un profilo particolare: questo tipo di soffitto è chiamato “a compressione”: lavora sulle prime riflessioni.

Dopo il punto di ascolto
il soffitto non comprime
più e risale, aumentando
il volume della stanza e la
sua ariosità

L'operatore si trova
sotto il soffitto a
compressione



Telai per la tela tesata

Gli angoli si “smussano”
e si costruiscono quelle
che si chiamano in gergo
“bass traps”



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



**Le finestre vengono
poste elasticamente su
telai indipendenti poggiati
su murature indipendenti**

**Si inclinano i vetri per evitare
l'effetto specchio e anche per
evitare risonanze interne**



Nelle finestre vengono messi materiali fonoassorbenti per evitare che si trasformino in cavità risonanti, e sali per evitare l'umidità e quindi l'appannamento



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

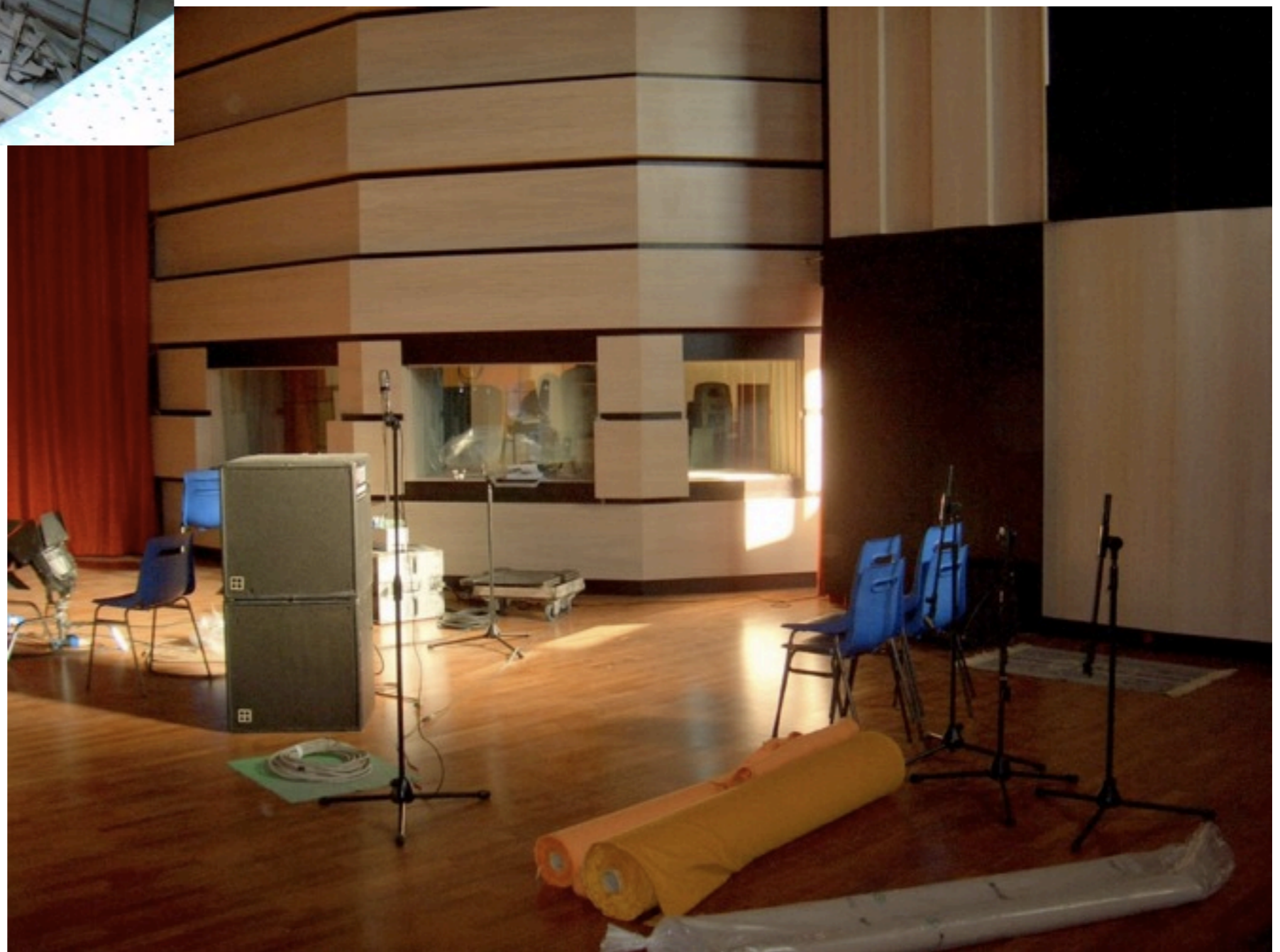


giovedì 24 febbraio 2011

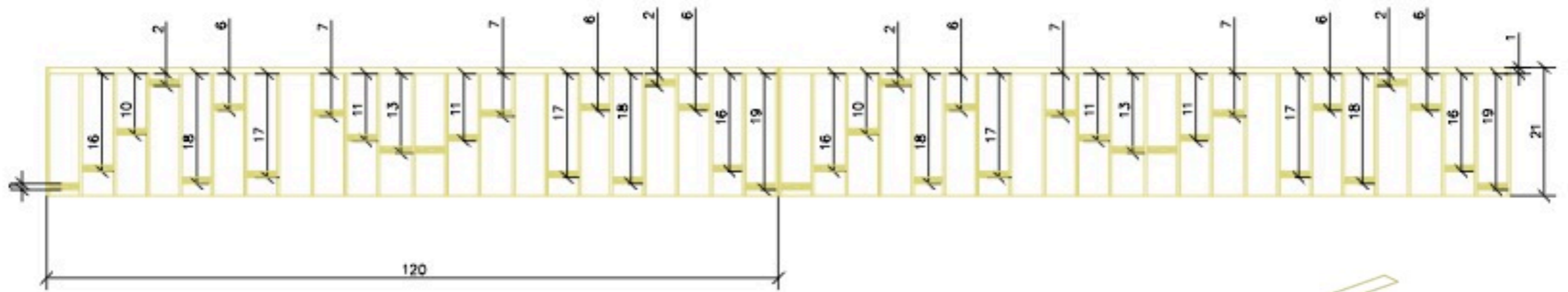


Dopo la muratura c'è il trattamento acustico dell'interno, in questo caso sono stati costruiti rivestimenti e dispositivi acustici in legno, e usati tendaggi di velluto

Qui si stavano facendo delle misurazioni acustiche per verificare in corso d'opera la qualità acustica prima di approntare le ultime correzioni



Diffusore sezione vista dall'alto
sezioni di 5 cm., spessore sezioni 0,4 mm.
esterno 10 mm.

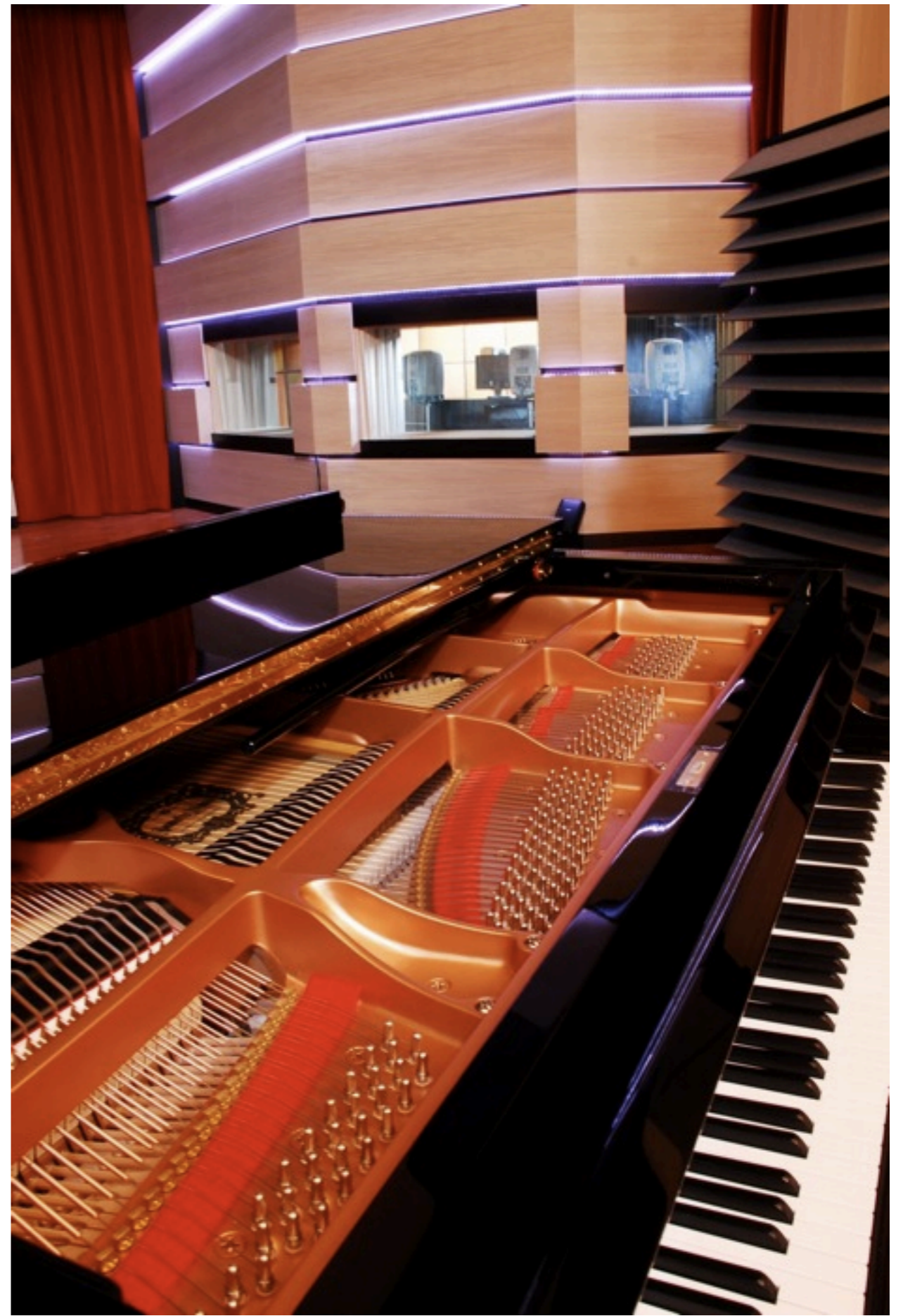


Sala di ripresa conclusa



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

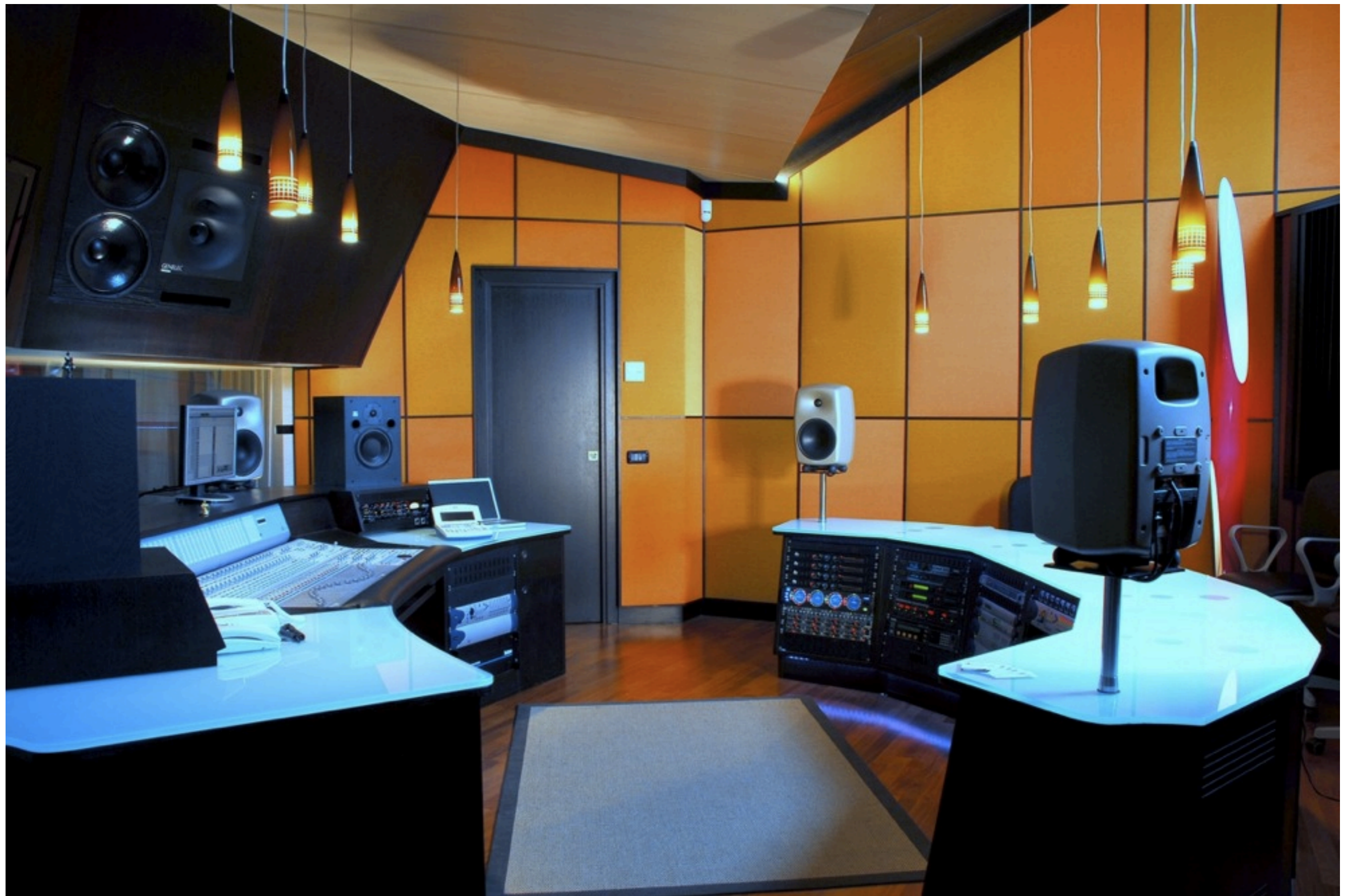
www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Sala di regia conclusa



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Studio Stornelli Avezzano (AQ)



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Isolamento acustico:

questo studio non è stato costruito in una struttura molto più grande, ma si è dovuto lavorare sullo spazio a disposizione, creando sempre il box-in-the-box



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Areazione: i canali dell'aria non possono essere tanto piccoli altrimenti la velocità dell'aria sarebbe alta e dalle grate si sentirebbe rumore (il soffio dell'aria).



giovedì 24 febbraio 2011



Elementi di acustica variabile

Il resto del muro è
rivestito da lana di roccia
e tela tesata su un telaio
di listoni di abete



Acustica variabile: dietro i pannelli rotanti lisci c'è materiale fonoassorbente.



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Sala di ripresa ultimata



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Il fronte della regia è riflettente,
mentre la parte laterale è assorbente



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Main-monitor e posizione operatore sono gli elementi fondamentali su cui partire per il disegno di uno studio di registrazione



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Retro dello studio: ancora assorbimento ma soprattutto diffusione con il QRD



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Regia quasi ultimata



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

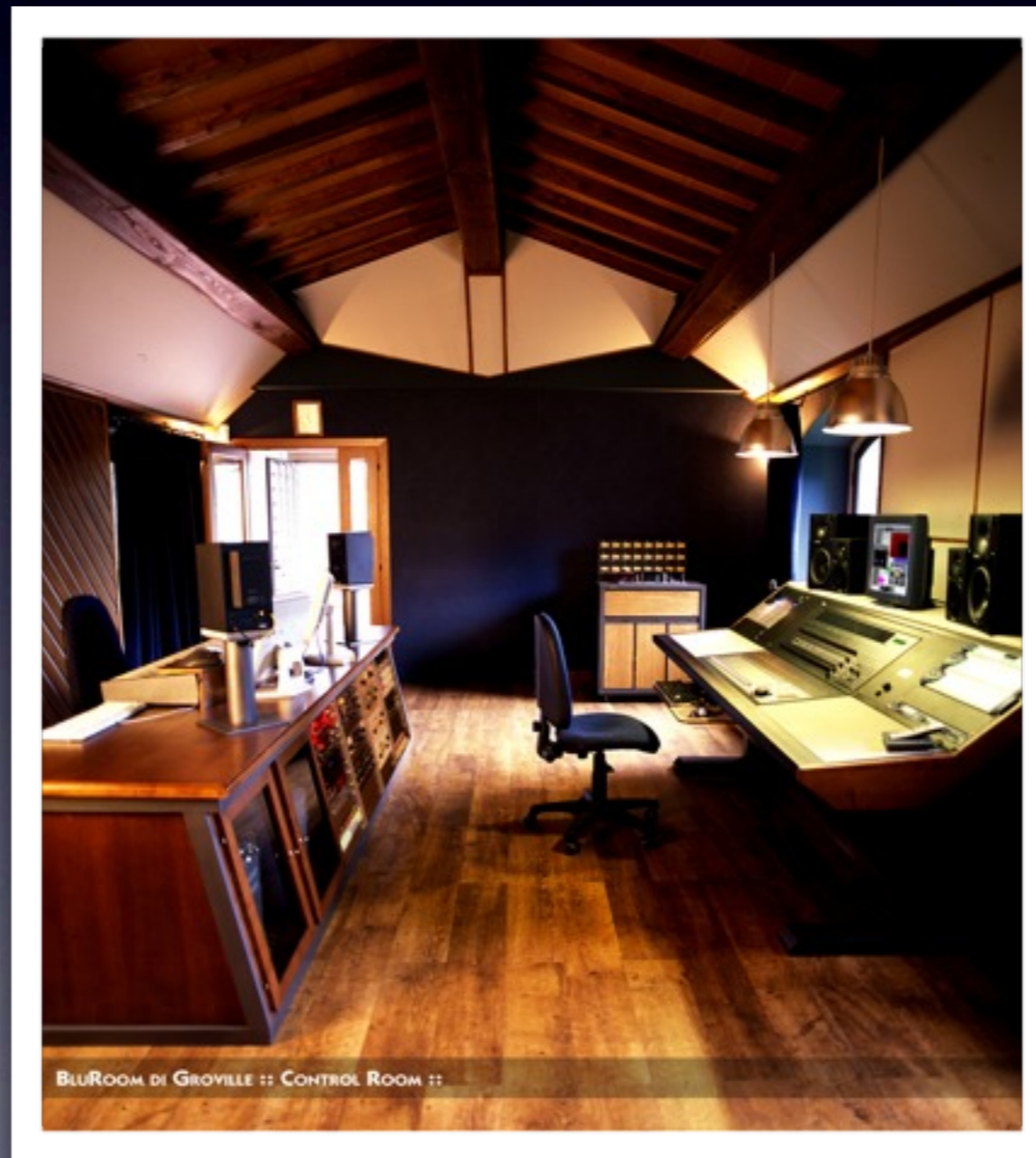
Regia ultimata



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Blu Room Studio di Manzani, Poppi (FI)



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



BLURoom di GROVILLE :: CONTROL ROOM ::

giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



BLURoom DI GROVILLE :: CONTROL ROOM ::

giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Tende di velluto
pesante davanti alle
finestre

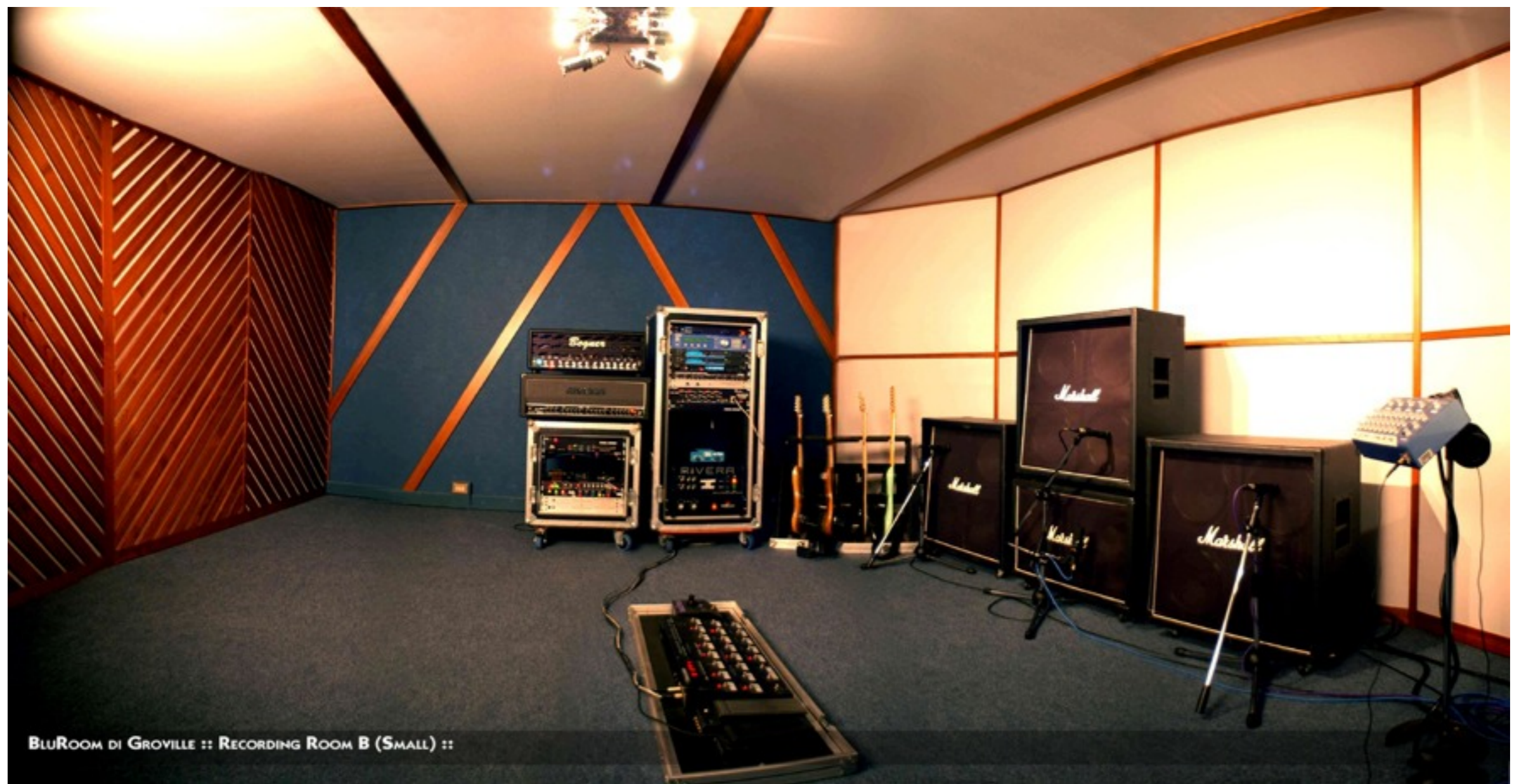


giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Sala ripresa

Notare la soluzione delle stecche oblique per diffusione



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

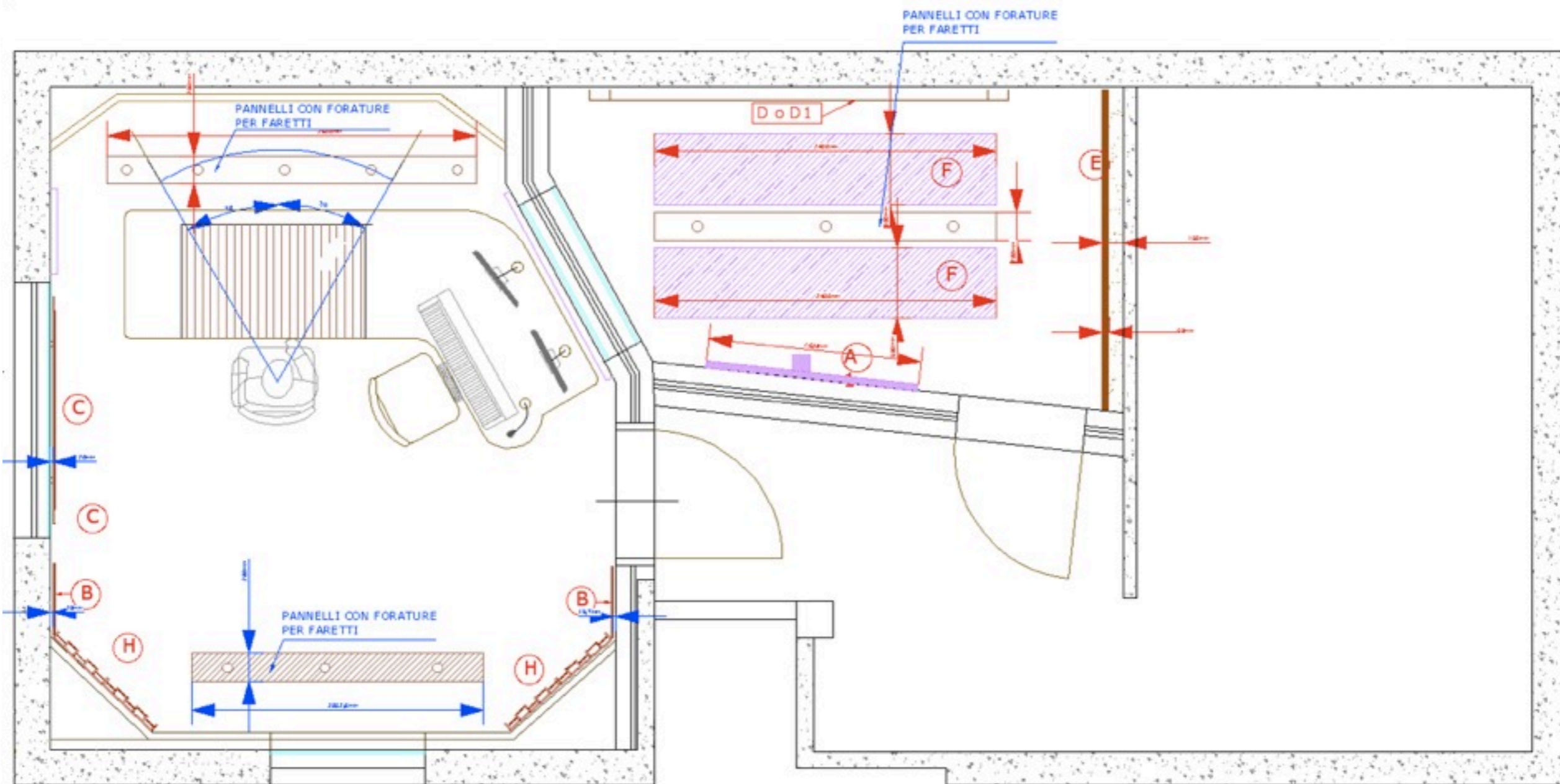
www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Studio Millbeats, Certaldo (FI)

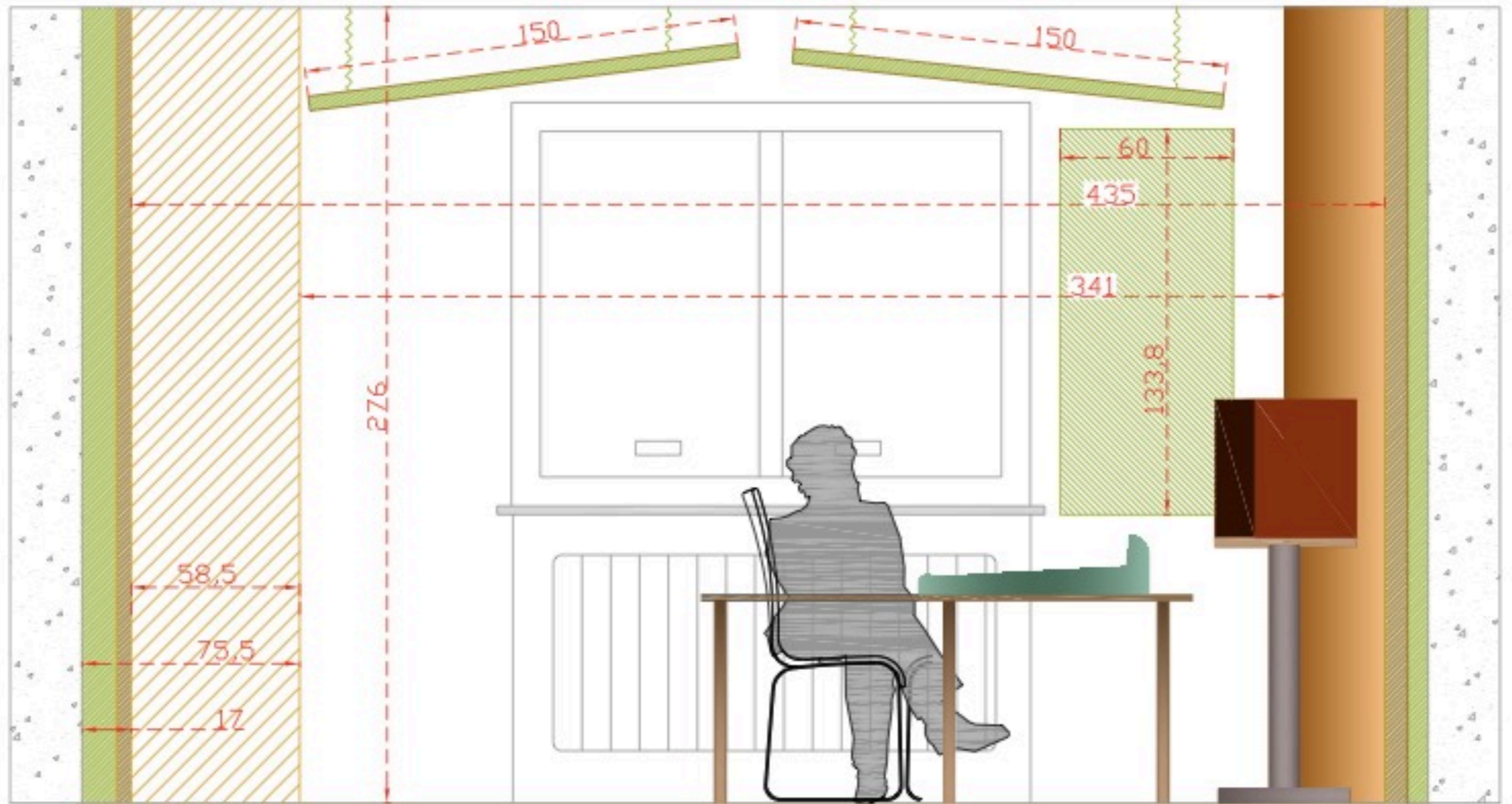


giovedì 24 febbraio 2011

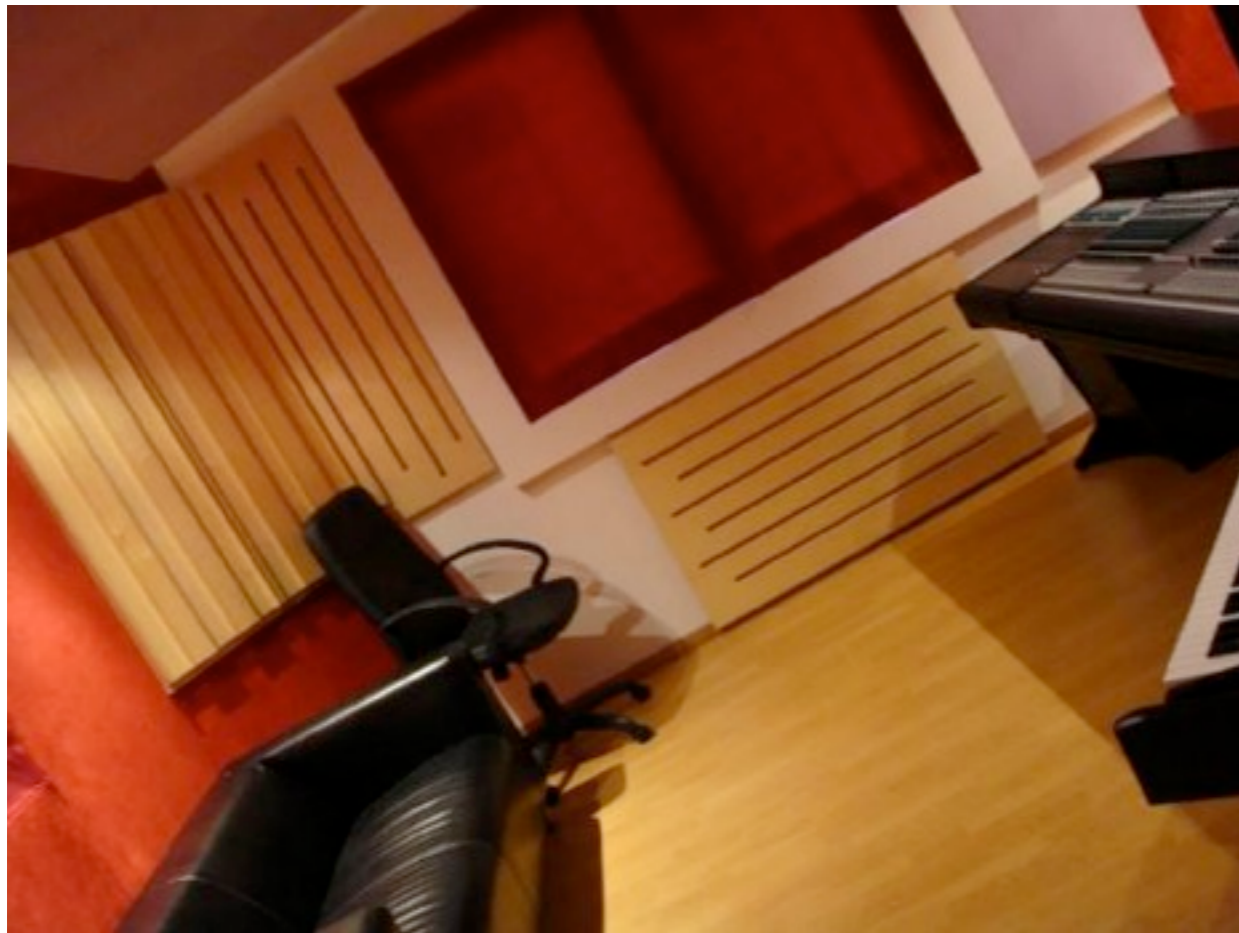
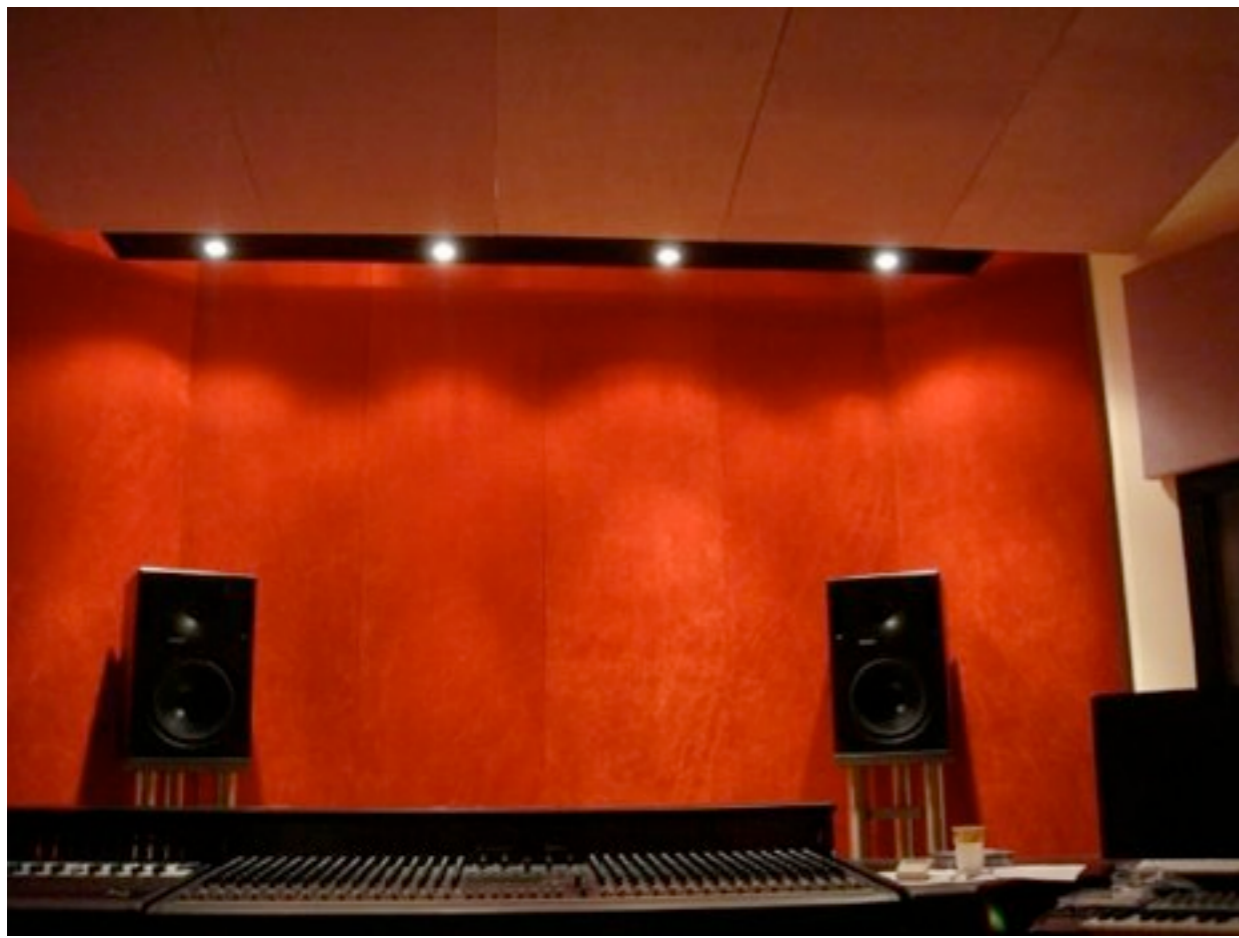
www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011



LATO SINISTRO REGIA



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it



giovedì 24 febbraio 2011

www.acousticdesign.it – dott. Donato Masci – info@acousticdesign.it

Bibliografia e testi di riferimento

- A. Everest: “The Master Handbook of Acoustics” 4th ed.
- L. Beranek: “Concert Halls and Opera Houses - Music, Acoustics, and Architecture” 2nd ed.
- L.E. Kinsler: “Fundamentals of Acoustics” 4th ed.
- M. Long: “Architectural Acoustics”
- D. Egan: “Architectural Acoustics”
- T.J. Cox, P. D’Antonio: “Acoustic Absorbers and Diffusers - Theory, design and application” 2nd ed.