

ECCO COME 'FUNZIONANO' I TUBE TRAPS

Nel numero di marzo 1987 di 'Alta Fedeltà' vi avevamo presentato questi componenti destinati a correggere l'acustica ambientale. Un interrogativo: qual è la loro reale efficacia? L'abbiamo misurata in camera riverberante. A voi i risultati (più che positivi).

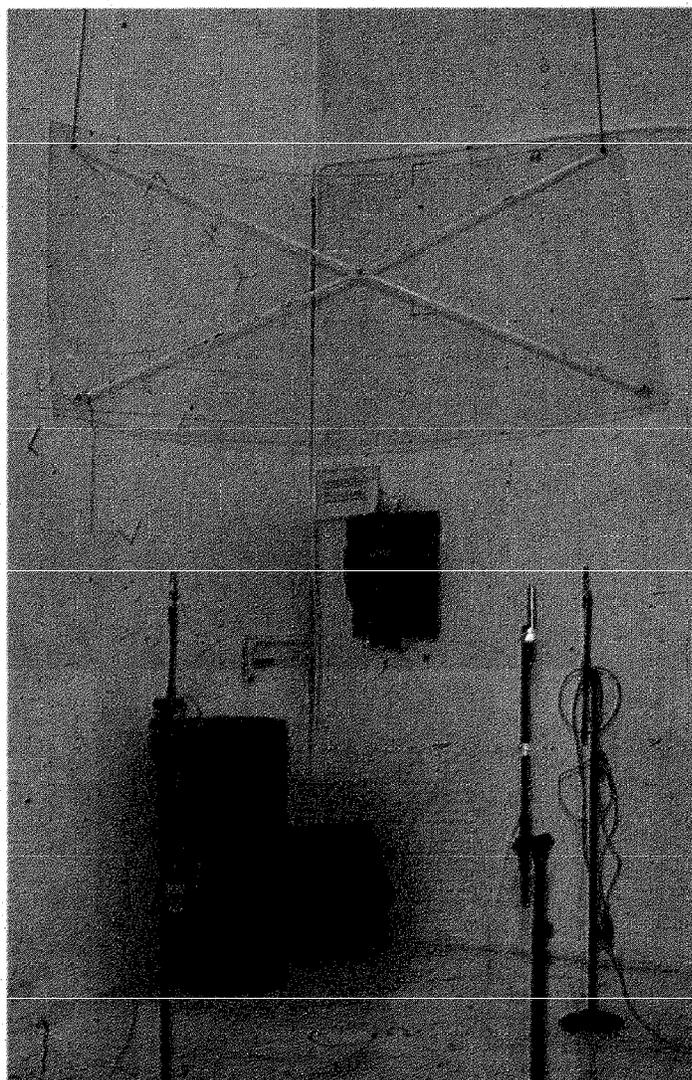
L'acustica ambientale è forse il settore dell'alta fedeltà normalmente meno considerato dall'appassionato, che spesso passa da un componente all'altro alla ricerca di un risultato sonoro che lo soddisfi, trascurando di prendere nella dovuta considerazione l'ultimo anello dell'impianto, che è appunto l'ambiente d'ascolto.

Intervenire sulle caratteristiche dell'ambiente d'ascolto non è purtroppo semplicissimo; una volta sistemato l'arredamento e i diffusori nella maniera più opportuna, si può operare abbastanza facilmente sulle caratteristiche di assorbimento alle alte frequenze mediante opportuni pannelli, tappeti e materiali assorbenti. Quando però il locale presenta delle risonanze, dovute alla formazione di onde stazionarie, la loro eliminazione richiede interventi spesso complicati, costosi e dall'esito non sicuro. Negli ultimi tempi sono apparse sul mercato le cosiddette "trappole sonore", i Tube Traps appunto, studiati per compensare ed attenuare l'effetto delle risonanze ambientali e avere un assorbimento (controllabile) alle alte frequenze; di questi componenti "Alta Fedeltà" si è già occupata nell'articolo pubblicato sul numero di marzo (Le "audio trappole") di quest'anno, dove vengono presentati e descritti i Tube Traps; nel suddetto articolo si descrivevano il principio di funzionamento e le problematiche di acustica ambientale che i Tube Traps possono risolvere; venivano forniti inoltre alcuni consigli sul posizionamento e sul numero di elementi necessari ad ottenere un effetto udibile.

COSÌ LE MISURE

Al di là delle asserzioni del costruttore, è sorta spontanea la curiosità di tentare di quantificare l'efficacia dei Tube Traps con delle opportune misure, verificando in special modo la capacità dei tubi di assorbire energia alle basse frequenze, caratteristica peculiare di questi componenti. A questo scopo la Italiana Keller (ditta all'avanguardia nel

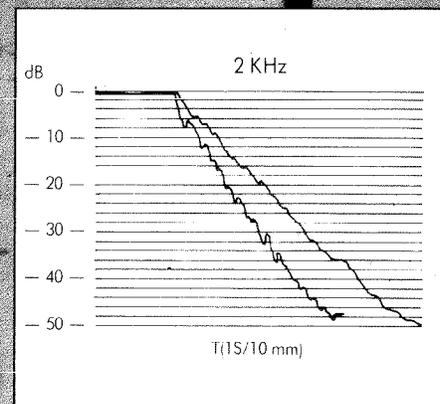
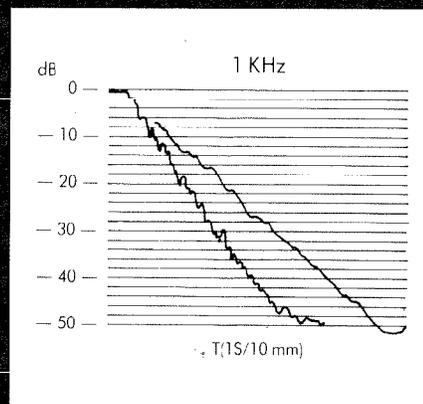
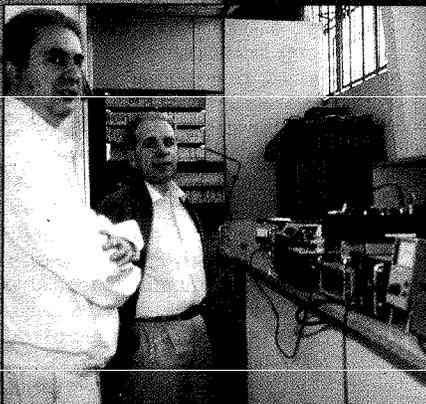
settore dell'insonorizzazione e del trattamento acustico professionale) ha messo a disposizione la propria camera riverberante (vedi riquadro) e i propri tecnici. La catena di misura e la disposizione dei microfoni all'interno della camera riverberante sono riportate nell'apposito riquadro. La procedura di misura è stata la seguente: dopo aver rilevato le caratteristiche della camera riverberante vuota (vedi grafico 1, dove sono riportati lo spettro di eccitazione e i tempi di riverberazione alle varie frequenze della camera vuota) e misurata la curva di decadimento (che si ottiene interrompendo improvvisamente il segnale di eccitazione e misurando il decadimento della pressione sonora in funzione del tempo) alle varie frequenze e relativamente ad ogni microfono, sono stati inseriti nella camera i Tube Traps, ripetendo la stessa serie di misurazioni e confrontando i risultati con le curve rilevate a camera vuota. Nel grafico 2 sono riportati i tempi di riverberazione alle varie frequenze relativi alla camera vuota e alla camera con inseriti i Tube Traps, mentre nel grafico 3 sono riprodotti alcuni esempi di curve di decadimento con e senza elementi assorbitori. L'effetto dei Tube Traps è evidente: l'energia, in presenza degli assorbitori, decade molto più rapidamente; la differenza di energia che le due curve visualizzano viene evidentemente assorbita dai Tube Trap. Come si nota, l'efficienza maggiore si ottiene a 250 Hz, dato che conferma le dichiarazioni del costruttore per quanto riguarda il tipo di Tube Trap oggetto delle nostre misure (cilindro di diametro 41 cm per un'altezza di 91 cm). Nel trattamento acustico di locali, in sostituzione del tempo di riverberazione, si utilizza spesso come parametro di valutazione dell'efficacia dell'intervento di un materiale l'unità di assorbimento (espressa in metri quadri), che si ricava a partire dal tempo di riverberazione e dal volume della camera, mediante la formula di Sabine, di cui si accenna nel breve riquadro relativo ad alcuni richiami teorici. Nel grafico 4 vengono riportati,



ECCO COME 'FUNZIONANO' I TUBE TRAPS

I TUBE TRAPS DISPOSTI
NELLA CAMERA
RIVEBERANTE; SI
INTRAVEDONO DUE
RIFLETTORI ACUSTICI (IN
ALTO) E UNA PARTE DEI
MICROFONI DI MISURA.

ALCUNI ESEMPI DI CURVE DI
DECADIMENTO, RILEVATE CON E
SENZA MATERIALI ASSORBITORI
(TUBE TRAPS).

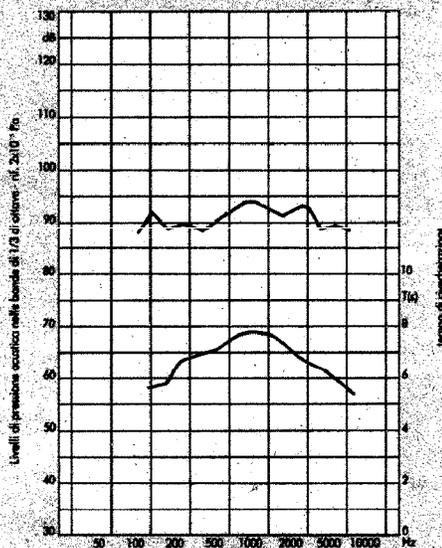


in funzione della frequenza, le unità di assorbimento di un singolo cilindro; le unità di assorbimento possono essere utilizzate direttamente nei calcoli di correzione acustica dei locali.

CONCLUSIONI

Scopo delle misure era verificare e quantificare l'effettivo funzionamento, secondo quanto promesso dal costruttore, dei Tube Traps. In particolare si voleva verificare l'assorbimento di energia alle basse frequenze; infatti, pur presentando i Tube Traps delle ottime caratteristiche di assorbimento alle alte frequenze (tra l'altro variabili dall'utente, fino a far diventare i tubi riflettenti mediante la rotazione del cilindro), crediamo che la novità più importante che questi componenti introducono consista proprio nella possibilità di intervenire sui difetti acustici dei locali d'ascolto alle basse frequenze (vedi la formazione di onde stazionarie) la cui soluzione rappresentava, finora, un problema, per ragioni sia economiche sia di miglioramento effettivamente raggiungibile. Le misure effettuate hanno dimostrato che i Tube Traps mantengono quanto promesso, anche se i valori di unità di assorbimento dichiarati dal costruttore sono piuttosto ottimismo. Chiunque ha problemi di acustica ambientale ha ora a disposizione un nuovo mezzo per tentare di risolverli: un mezzo la cui recente drastica riduzione di prezzo (provocata dalla decisione dell'importatore italiano di far assemblare, con materiali originali, i cilindri nel nostro paese) li rende avvicinabili anche all'appassionato fornito di un "budget" economico anche non elevato.

MARCO CIBOLDI



SPETTRO DI ECCITAZIONE E TEMPI DI RIVERBERAZIONE RELATIVI ALLA CAMERA RIVERBERANTE VUOTA.

QUANTO COSTANO?

L'importatore italiano (e probabilmente prossimo distributore europeo) dei Tube Traps è la ditta Sound and Music di Lucca (via Mazzarosa 125, tel. 0583/581327); ripartiamo di seguito le misure e i relativi prezzi dei modelli disponibili di "Tube Traps" ASC

23 x 95 (diametro per altezza, in cm)	lire 220.000
28 x 95	lire 290.000
41 x 95	lire 350.000
23 x 95 x 1/2 (semicilindro)	lire 130.000
28 x 95 x 1/2 (semicilindro)	lire 170.000
23 x 64	lire 190.000
28 x 64	lire 250.000
41 x 64	lire 310.000

Rispetto ai precedenti listini, si può notare come i prezzi abbiano subito una drastica riduzione: questo è dovuto al fatto che i Tube Traps vengono attualmente assemblati (con materiali originali) in Italia, con ovvi benefici sui costi finali, dovuti alla ovvia riduzione delle spese di trasporto.

UN PO' DI TEORIA

Quando un'onda sonora incide su una parete ed un oggetto l'energia ad essa associata viene in parte assorbita e in parte riflessa, secondo delle leggi fisiche ben precise. Questa proprietà dei corpi di assorbire energia acustica è caratterizzata dal cosiddetto "coefficiente di fonoassorbimento", definito come rapporto tra l'energia assorbita e l'energia incidente sulla superficie del corpo sotto un certo angolo θ :

$$\alpha_{\theta} = \frac{E_a}{E_i} \quad 0 < \alpha_{\theta} < 1$$

In pratica l'incidenza del suono non avviene con un angolo fisso, ma si ripartisce in modo aleatorio; si definisce quindi un coefficiente di assorbimento statistico α , che rappresenta il valore medio di α con uguale probabilità di tutte le incidenze; in altre parole α è il rapporto tra le energie E_a ed E_i con campo sonoro perfettamente diffuso. Per definizione α è compreso tra 0 e 1.

Misura di α in camera riverberante

Questo metodo è quello di gran lunga più usato per la caratterizzazione di materiali e manufatti; l'intensità di un suono rilevabile in un dato punto di un ambiente e generato da una data sorgente è influenzata, in maniera molto importante, dalle riflessioni delle pareti del locale. La sovrapposizione del suono diretto con quello riflesso è causa di un aumento di intensità sonora rispetto alle condizioni di campo libero (cioè senza riflessioni) e di un prolungamento della durata del suono quando la sorgente viene spenta. Il fenomeno ora introdotto prende il nome di riverberazione. La durata del fenomeno della riverberazione dipende ovviamente dalla forma e dalle caratteristiche di assorbimento delle pareti; si definisce Tempo di riverberazione "T60" l'intervallo di tempo necessario, dopo lo spegnimento della sorgente, affinché l'intensità acustica del suono riflesso si riduca di 60 dB.

Il tempo di riverberazione nella camera riverberante vuota è dato dalla relazione di Sabine:

$$T_0 = 0.16 \frac{V}{A_0} \quad [s]$$

dove V = volume della camera [m^3]

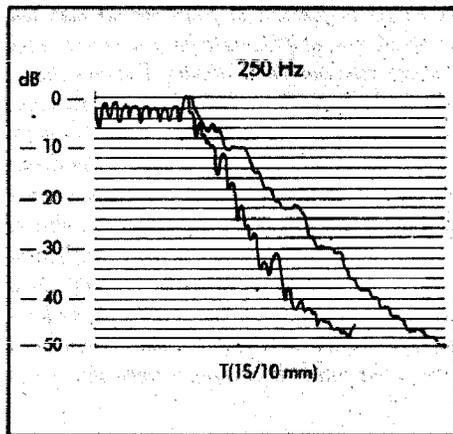
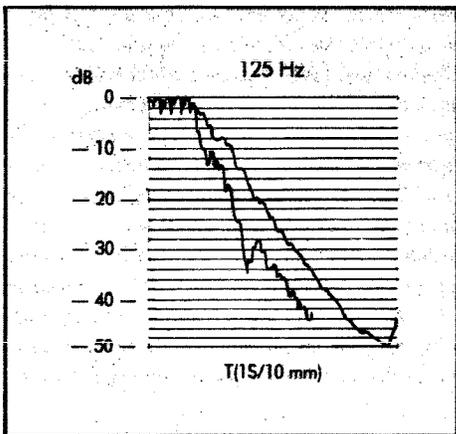
$$A = \text{area equivalente di assorbimento} = \sum_{i=1}^n S_i \alpha_i$$

con S_i area della superficie i -esima e α_i coefficiente di assorbimento della superficie i -esima.

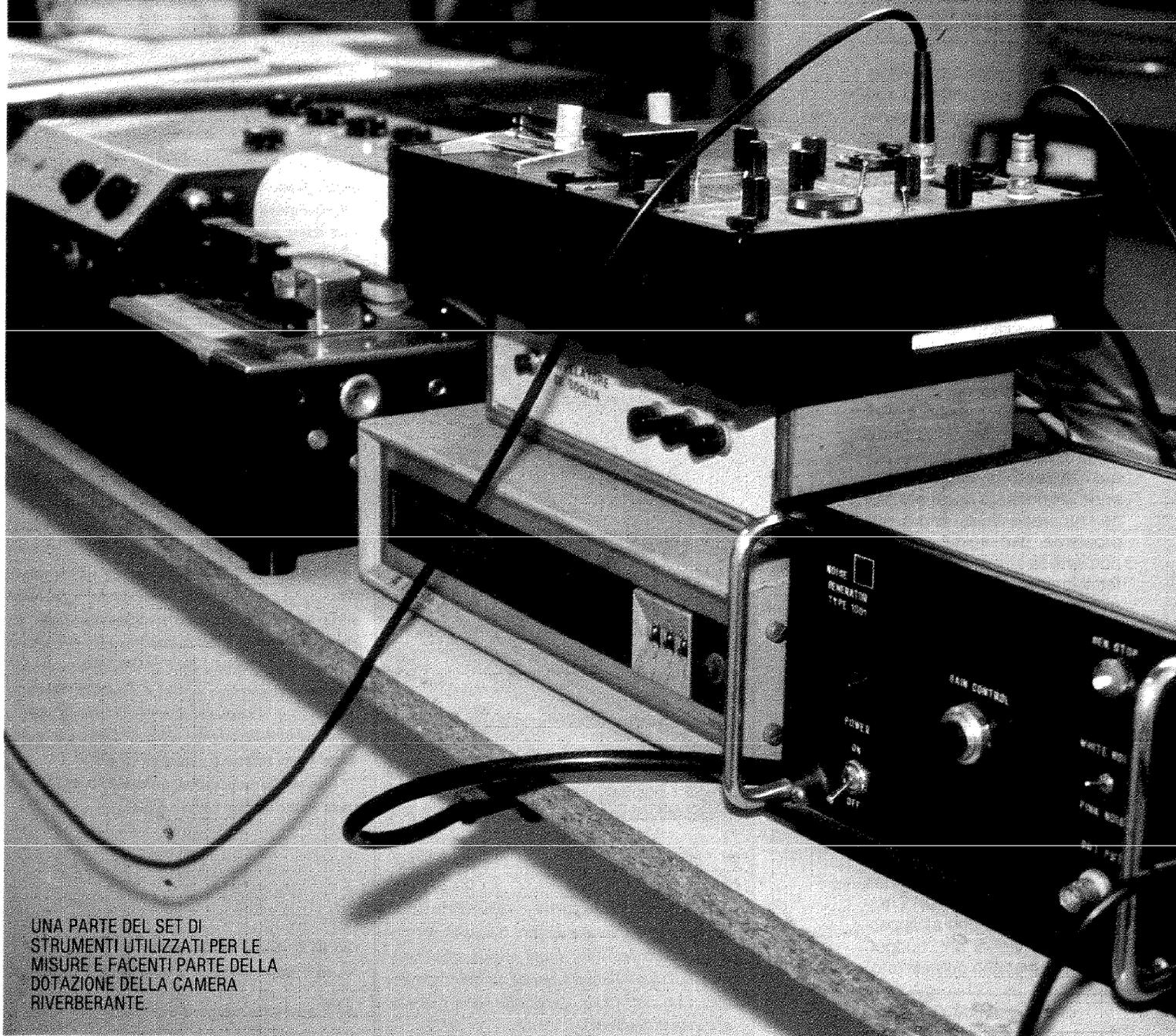
Introducendo nella camera il materiale in prova, di superficie S_m e assorbimento α_m , nella camera il tempo di riverberazione si riduce a T_m ; si ricava, con alcuni passaggi:

$$\alpha_m = \frac{0.161 V}{S} \left(\frac{1}{T_m} - \frac{1}{T_0} \right)$$

Nella pratica intervengono alcuni fattori non considerati dalla teoria (come la diffrazione delle onde sonore sul materiale, l'influenza dei sistemi di supporto, la superficie reale d'assorbimento) che conducono a un valore rilevato del coefficiente di assorbimento più alto di quanto non sia in realtà. A causa di questa differenza i valori dei coefficienti di assorbimento rilevati in camera riverberante vengono indicati con α_{SAB} cioè "coefficiente di assorbimento Sabine".



ECCO COME 'FUNZIONANO' I TUBE TRAPS



UNA PARTE DEL SET DI STRUMENTI UTILIZZATI PER LE MISURE E FACENTI PARTE DELLA DOTAZIONE DELLA CAMERA RIVERBERANTE.

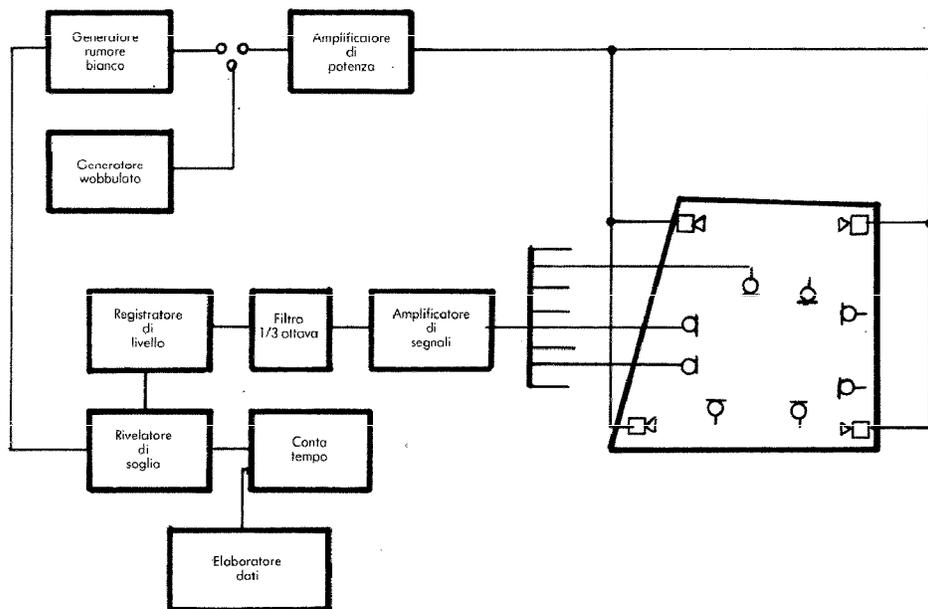
IL PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEI TUBE TRAPS

Il progettista dei Tube Traps, Art Noxon, ha spiegato personalmente il principio di funzionamento di questi componenti. Per comprenderlo è necessario analizzare il modo con cui sono costruiti: una struttura metallica a rete costituisce il supporto della superficie laterale del cilindro; all'interno, su tutta la superficie, è sistemato un assorbitore acustico molto simile alla lana di vetro e il tutto è ricoperto da un tessuto in tela

che ha sia la funzione di protezione del materiale assorbente vero e proprio, sia la funzione di rendere più gradevole esteticamente il cilindro. Il tutto è chiuso, sulle due basi, da due "tappi" circolari in masonite. La superficie interna laterale del cilindro è ricoperta per metà da un foglio di materiale plastico, che riflette le frequenze superiori ai 400 Hz; ruotando opportunamente il cilindro è così possibile variare, oltre al tempo di riverberazione, l'assorbimento e la riflessione delle medie frequenze; ma torniamo ad analizzare il modo in cui i tube traps variano il tempo di riverberazione, che costituisce la proprietà più interessante di questo componente. Il cilindro, essendo sigillato (a

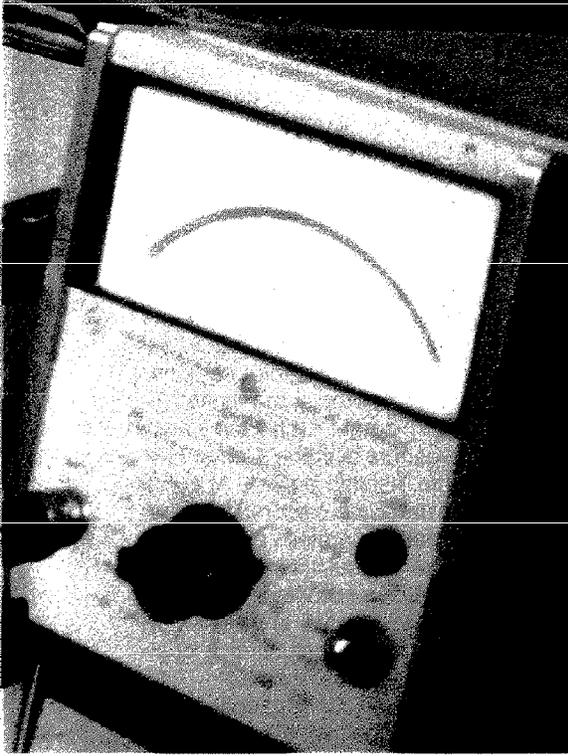
tenuta d'aria) forma una resistenza acustica fra il picco di pressione all'esterno e l'aria all'interno del cilindro stesso; i tube traps sono infatti progettati per funzionare in zone in cui la pressione acustica è massima e la velocità della propagazione è minima. La differenza di pressione tra esterno e interno del cilindro fa sì che si crei un flusso d'aria (il cui verso dipende dalla zona del cilindro in cui la pressione è maggiore; quando vi è una depressione il flusso d'aria avrà verso opposto) la cui energia cinetica viene trasformata in calore dall'assorbitore acustico (lana di vetro) presente sulla superficie del cilindro. La frequenza a cui il rendimento del cilindro è massimo dipende dalle di-

LA CAMERA RIVERBERANTE



Per effettuare le misure sui Tube Traps è stata utilizzata una camera riverberante, messa gentilmente a disposizione dalla S.Az. Italiana Keller div. Idikell; una camera riverberante è un po' l'opposto della più familiare camera anecoica; in quest'ultima si fa in modo che le riflessioni delle onde sonore siano trascurabili; si cerca cioè di simulare l'ambiente infinito, in cui il campo sonoro sia formato solo da componenti dirette e non riflesse. In una camera riverberante, al contrario, le riflessioni, oltre ad essere volute, rappresentano la componente principale dell'onda di pressione sonora che si crea all'interno della camera stessa. La camera in oggetto è stata progettata per effettuare principalmente le seguenti misure: coefficiente di as-

sorbimento di materiali e manufatti stampati (secondo norme ISO 354); potenza acustica di macchine (ISO 3741, 3742, 3743); misura di fonoisolamento (ISO 140); misura della perdita di inserzione dei silenziatori (ISO/DIS 7235). Il volume della camera è di 180 metri cubi, con pareti ad angoli obliqui, una superficie totale di 192,7 metri quadri e 5 diffusori curvi in plexiglas (dimensioni 1800 x 1200 mm). La camera è dotata di 4 altoparlanti di eccitazione montati in apposite cassette smorzanti e posti a 20 centimetri dal pavimento e di 8 microfoni ad electret fissati ad opportuni supporti appoggiati al pavimento. La strumentazione impiegata, insieme alla disposizione dei microfoni, è riportata in figura.



mensioni dello stesso (infatti il costruttore prevede diversi formati), consentendo così di compensare l'effetto di risonanze o onde stazionarie di ambienti di varie dimensioni.

Un aspetto critico consiste nella scelta del tipo di assorbente acustico, che deve essere tale da creare una resistenza acustica, in modo da provocare una sufficiente dispersione d'energia ma al tempo stesso da permettere al flusso d'aria di passare attraverso la superficie del cilindro con una sufficiente velocità, in modo da permettere l'assorbimento di energia voluta da parte dell'assorbente acustico.

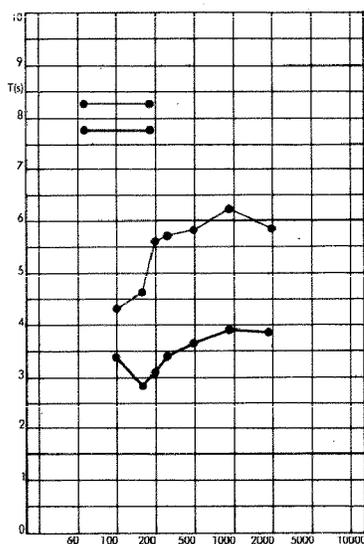


GRAFICO 2: CONFRONTO TRA I TEMPI DI RIVERBERAZIONE DELLA CAMERA RIVERBERANTE CON E SENZA I TUBE TRAPS.

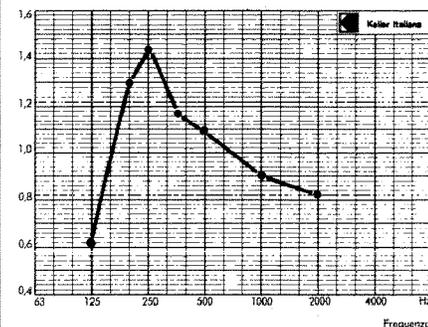


GRAFICO 4: UNITÀ DI ASSORBIMENTO, RELATIVAMENTE A UN SINGOLO ELEMENTO, IN FUNZIONE DELLA FREQUENZA; LE UNITÀ DI ASSORBIMENTO SI RICAVALO, MEDIANTE LA FORMULA DI SABINE, A PARTIRE DAI TEMPI DI RIVERBERAZIONE.

Un ambiente acustico ideale per i test d'ascolto

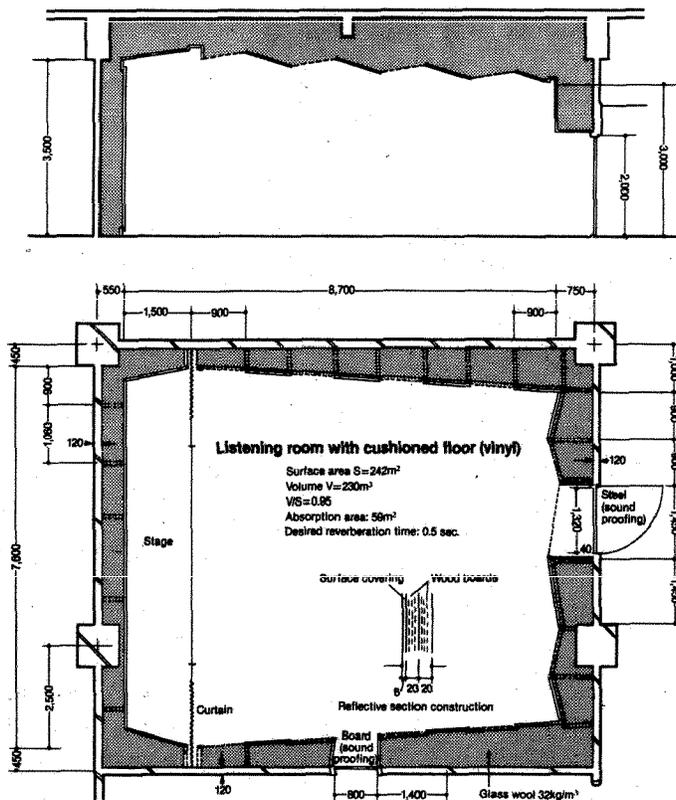
Nell'intento di effettuare i test d'ascolto in condizioni quanto più controllate possibile, la Technics ha espressamente progettato e costruito una speciale sala d'ascolto, che non influenza in nessun modo il comportamento e di conseguenza la resa sonora dei diffusori. Questo obiettivo è stato raggiunto mediante un'accurato studio sulla propagazione del suono nell'ambiente, prevedendo, in primo luogo ad eliminare le principali fonti di alterazioni della risposta in frequenza dei diffusori (vale a dire l'instaurarsi di onde stazionarie, l'innescarsi dei modi vibrazionali fondamentali) ed in secondo luogo a garantire il mantenimento dell'ottimale tempo di riverberazione, per questo genere di ascolti, sull'intero spettro della banda audio. Il primo punto è stato affrontato in sede di progettazione, disegnando una particolare conformazione delle pareti laterali e del soffitto, di cui le prime risultano convergenti verso il fondo sala ed il secondo presenta una marcata ondulazione discendente.

Il secondo punto, invece, ha previsto l'oculato impiego di idonei materiali, dalle caratteristiche di assorbimento più appropriate per le varie bande di frequenze audio. Il problema più grande, in questo tipo di progetti, è rappresentato dalla necessità di provvedere ad un adeguato assorbimento delle frequenze più basse dello spettro, caratterizzate da ampie lunghezze d'onda. La soluzione impiegata in questa realizzazione, è sicuramente la più efficace ed elegante, ma, di pari passo, la più costosa.

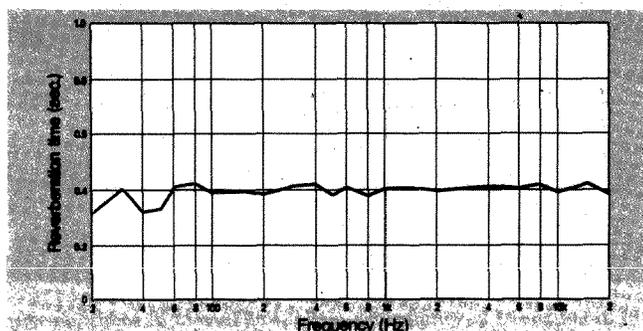
Nella stessa direzione degli aggiornamenti effettuati da Tom Hidley, notissimo progettista di « control room » per studi di registrazione (Westlake/Eastlake) alle sue realizzazioni (possiamo per esempio citare la ristrutturazione acustica effettuata al Lark Recording di Allan Goldberg a Carimate), si sono mossi

i progettisti Technics, disponendo con estrema accortezza le cosiddette trappole acustiche, costituite, in pratica, da ampi volumi riempiti di materiale fonoassorbente che inframezzano nel perimetro della stanza, le superfici riflettenti.

Marcello Croce



Nei disegni qui riprodotti possiamo notare la particolare conformazione delle pareti e del soffitto, e la strategica collocazione delle trappole acustiche. Il grafico invece, illustra l'eccezionale linearità del tempo di riverberazione che si attesta su un valore di circa 0,4 sec. per tutto lo spettro audio.



$$T = 0,16 \frac{V}{\sum \alpha \times S}$$

si calcola il tempo di riverberazione della stanza alle varie frequenze.

Qualora si voglia ottenere un tempo di riverberazione particolare, occorre calcolare il numero di unità assorbenti necessarie alle varie frequenze mediante la:

$$\sum \alpha \times S = \frac{0,16 V}{T}$$

ove T è il T_{60} prefissato in secondi.

Ciò permetterà, conoscendo gli α dei vari materiali assorbenti, di decidere quanti m^2 di questi installare nell'ambiente per raggiungere l'obiettivo prefissato.

Nella posa del fonoassorbente è comunque opportuno evitare di agire su di un'unica superficie, perché è preferibile avere più pareti con un rivestimento discontinuo che non una sola completamente assorbente e le altre libere. Tale discontinuità porta infatti ad un miglioramento della distribuzione dell'energia sonora nell'ambiente.

Qualche consiglio

Visto che non tutti gli audiofili sono disposti a spendere cifre considerevoli per l'adeguamento dal punto di vista acustico di un ambiente, è opportuno precisare comunque che anche con semplici e poco costose soluzioni si possono ottenere discreti risultati: è già sufficiente un minimo di cura nel posizionare i diffusori e nel disporre gli arredi.

Per il posizionamento dei diffusori è tassativo attenersi alle indicazioni che a questo proposito danno gli stessi costruttori, ricordando comunque di metterli sempre abbastanza lontani dal giradischi, onde evitare fastidiosi fenomeni di rientro acustico. Per gli arredi sarebbe opportuno stendere un tappeto pesante sul pavimento, mettere tende di una certa consistenza alle finestre e disporre di poltrone e divani ben imbottiti.

Sono da evitare le superfici completamente libere di riflettere il suono: una buona resa acustica è fornita, ad esempio, da una parete ricoperta di moquette con alcuni quadri appesi, oppure da una parete nuda intervallata da pannelli fonoassorbenti.

E' comunque meglio non porre alcun ostacolo tra i diffusori e l'ascoltatore, così come è opportuno evitare di dissimulare i diffusori stessi dietro tendaggi o schermature similari.

Come già detto, gli ambienti molto piccoli sono, per quanto possibile, da evitare perché non permettono la propagazione corretta delle frequenze più basse.

Un'altra buona norma è quella di distanziare il punto d'ascolto di 1-1,5 m. dalla parete posteriore onde evitare l'effetto delle riflessioni su quest'ultima, riflessioni che peggiorano notevolmente la ricostruzione corretta della scena acustica.

Quelle appena elencate sono semplici norme che apportano però notevoli miglioramenti all'ascolto. A volte bastano pochi minuti spesi a riposizionare le casse e l'arredamento per risparmiare i soldi che si sarebbero utilizzati per sostituire quell'impianto di cui si giudicava poco soddisfacente il suono a causa di inadatte condizioni ambientali.

Gianpiero Majandi