

SIB

ENTERTAINMENT

Rimini 25/27 Marzo 2001



**Applicazioni
e Norme
del 2001**

I Parte



CURRICULUM VITAE

Fabrizio CALABRESE

nato a Roma nel 1957

- Consulente in Electroacustica.
- Consigliere nazionale dell'Audio Engineering Society.
- Autore di ricerche sui sistemi di diffusione ad elevata direttività di emissione anche alle basse frequenze (con brevetto riconosciuto).
- Dotato di strumentazione di misura avanzata (Analizzatori Technon TEP-12 e TEP-20, MLSSA, con microfoni Brüel & Kjær).
- Nel settore dell'audio per Cinema, autore di numerosi articoli tecnici e ricerche.
- Presente in numerose testate tecniche di settore (Duckstage-Multimedia-Audio review-Stereopiù).

IL RINFORZO ACUSTICO DELLA BASILICA

DI SAN PETRONIO, IN BOLOGNA

- 1979 - Progettista dei sistemi di concerto di alta potenza Audiometric (79), Horn-Quake (92) e Road Runner (23 vie, '86).
- 1982 - Attivo nella realizzazione di impianti di registrazione, con risonatori a cavità: Bagaria ('82), Casa del Cinema in San Vito (86), Road Runner ('87).
- 1980 - Progettista degli impianti ad elevata intelligibilità per il Pala Trippardi.
- 1989 - Progettista degli impianti al Pala Eur in occasione dei Congressi Nazionali DC e PCI.
- 1992 - Ha sviluppato sistemi di tolleramento (SODAR, cioè, radar acustici) e nel 1992 (per la missione in Antartide).
- 1992 - Progettista degli impianti al Pala de Andre di Ravenna.
- 1994 - Ha realizzato oltre 20 impianti audio per discoteche caratterizzati da basso "inquinamento acustico".
- 1998 - Realizzato un sistema innovativo per il cinema Royal (Civitavecchia), con irradiazione a fronte d'onda pieno sulle basse frequenze a 129 dB di picco (Lm) a 14 metri dallo schermo.
- 1999 - Una nuova configurazione, con riflettori parabolici, è presentata nel 1999 (Mega-Fono e Garden Studio).

SEMINARI TECNICI

- 1976 - Autore di numerosi interventi a Conferenze e Seminari dell'Audio Engineering Society.
- 1995 - Relatore al Congresso NIB.

CURRICULUM VITAE

Fabrizio CALABRESE

nato a Roma nel 1957

- Consulente in Elettroacustica,
- Consigliere nazionale dell'Audio Engineering Society,
- Autore di ricerche sui sistemi di diffusori ad elevata direttività di emissione anche alle basse frequenze (con brevetto riconosciuto),
- Dotato di strumentazione di misura avanzata (Analizzatori Techron TEF-12 e TEF-20, MLSSA, con microfoni Bruel & Kjaer).
- Nel settore dell'audio per i cinema, autore di numerosi articoli tecnici e ricerche.
- Presente su numerose testate tecniche di settore (Backstage-Multisala-Audio review-Stereoplay)

ATTIVITA' PROFESSIONALE

- 1979 - Da questa data opera come progettista di impianti audio da concerto, per stadi e palasport.
- 1979 - Progettista dei sistemi da concerto di alta potenza Audiometric ('79), Horn-Quake ('82) e Road Runner (23 vie, '86).
- 1982 - Attivo nella realizzazione di regie per Studi di registrazione, con risonatori a cavità: Bagaria ('82), Easy Recond e M.Malavasi ('86), Road RuMer ('87).
- 1986 - Progettista degli impianti ad elevata intellegibilità per il Pala Trussardi
- 1989 - Progettista degli impianti al Pala Eur in occasione dei Congressi Nazionali DC e PCI.
- 1992 - Ha sviluppato sistemi di telerilevamento (SODAR, cio, radar acustici) e nel 1999 (per la missione in Antartide).
- 1992 - Progettista degli impianti al Pala de Andrè di Ravenna.
- 1994 - Ha relizzato oltre 20 impianti audio per discoteche caratterizzati da basso "inquinamento acustico".
- 1998 - Realizzato un sistema innovativo per il cinema Royal (Civitavecchia), con emissione a fronte d'onda piano sulle basse frequenze e 129 dB di picco (Lin.) a 14 metri dallo schermo.
- 1999 - Una nuova configurazione, con riflettori parabolici, è presentata nel 1999 (Mega-Fono e Garden Studio's).

SEMINARI TECNICI

- 1976 - Autore di numerosi interventi a Conferenze e Seminari dell'Audio Engineering Society
- 1995 - Relatore al Congresso SILB.



Il Rinforzo Acustico della Basilica di San Petronio, in Bologna

Premessa

L'intervento ha per oggetto la particolare ed innovativa sonorizzazione effettuata nella Basilica di San Petronio, in Bologna, in occasione del Concerto dell'Orchestra Sinfonica della RAI del 16 settembre 2000, con musiche del Maestro L. Berio, dirette dallo stesso.

Per la prima volta in Italia sono stati impiegati –dal vivo- diffusori direttivi fino alle più basse frequenze e paraboloidi per le medie frequenze.

Questo è stato possibile grazie alla direzione tecnica di Hubert Westkemper, che ha coordinato tutte le fasi della complessa sonorizzazione, dal progetto all'impiego del sistema.

L'allestimento del sistema di rinforzo e l'equalizzazione SIM sono stati effettuati da Daniele Tramontani, la cui collaborazione va segnalata anche per la creatività dispiegata nel proporre l'interessante configurazione di doppio dipolo ritardato scelta per la gamma bassa.

Studio di fattibilità:

Il materiale di testo e grafici che segue è ricavato direttamente dalle due relazioni –la prima quale studio di fattibilità, la seconda come relazione di collaudo- presentate a suo tempo, con minime variazioni.

La vastità e l'articolazione degli spazi della Cattedrale di San Petronio, in Bologna, rendono particolarmente impegnativo contemperare le differenti richieste tecniche e musicali connesse con l'evento in oggetto.

Evidenti motivi di opportunità hanno condotto ad escludere di porre l'orchestra nell'unica posizione ove avrebbe beneficiato di riflessioni prossime, cioè l'area immediatamente interna al portale d'accesso alla Cattedrale.

L'area antistante l'altare –al contrario- è praticamente priva di pareti riflettenti più vicine di venti metri, queste peraltro assai articolate e dunque tendenzialmente diffondenti. Questo rende minima la quantità di energia scambiata tra le diverse sezioni dell'orchestra stessa, con evidenti problemi di comunicazione e sincronia che è imperativo non aggravare con eccessive quote di ritorni dal sistema di amplificazione.

La prevista ripresa in diretta radio ed in differita TV rafforzano la necessità di cautela nell'immissione di ulteriore energia in uno spazio così vasto e riverberante. La presenza di un ristretto pubblico, distribuito per una profondità di oltre sessanta metri, rende tuttavia indispensabile ricorrere ad un impianto di amplificazione, senza il quale sarebbe compromessa sia l'intelligibilità che il livello energetico e, con esso, il coinvolgimento emotivo del pubblico.

Proprio la necessità di configurare con la massima cautela ed efficacia l'impianto di amplificazione ha suggerito di operare una serie di rilievi preventivi, descritti in dettaglio qui di seguito.

La tecnica dei rilievi

Per la misura del Tempo di Riverbero, della distanza critica e del rapporto tra energia diretta e campo riverberato ci si è avvalsi di un Analizzatore di Time Delay Spectrometry tipo Techron TEF-20, con un diffusore di prova omnidirezionale ed un microfono di misura Bruel & Kjaer mod.4190 con preamplificatore B & K 2669.

La sorgente di prova, un diffusore Revac S-401, è stata posizionata in corrispondenza della posizione che successivamente avrebbe occupato la parte anteriore del palco, ad altezza simile.

Il microfono di misura -su asta e ad altezza testa- è stato dislocato in un numero di posizioni comprese nell'area ove avrebbe preso posto il pubblico.

La particolare tecnica di rilievo in Time Delay Spectrometry, mediante toni sinusoidali rapidamente variati in frequenza e con filtro sintonizzato in ingresso all'analizzatore, ha consentito di operare rilievi con elevatissima gamma dinamica nonostante i rumori interni ed esterni alla Cattedrale (peraltro accentuati dal riverbero).

Successivi rilievi mediante sequenze digitali MLS hanno permesso di disporre di una seconda serie di dati, più adatti al processamento ed all'analisi fuori opera, ma sempre caratterizzati da elevata dinamica e risoluzione, questa volta grazie alla reiterazione della stessa sequenza e dalla media vettoriale tra le successive acquisizioni.

L'importanza dei rilievi risiede soprattutto nella relativa sicurezza dei dati - ottenuti comunque con due tecniche di misura assai differenti- rispetto alle comuni previsioni basate su una modellazione necessariamente assai schematica e grossolana dello spazio: tutti i programmi di simulazione attualmente disponibili richiedono un dato iniziale in merito ai coefficienti di assorbimento delle pareti ed altri dati geometrici di una certa discrezionalità e dunque con evidenti possibilità di errore.

I rilievi

I sette grafici qui commentati sono una ristretta selezione dei più significativi tra i circa duecento rilievi effettuati, per due diverse posizioni della sorgente di misura.

I primi tre grafici mostrano l'andamento dell'energia acustica rispetto al tempo, cioè il succedersi di arrivi diretti e riflessioni, per la banda di frequenze posta un'ottava attorno a 2000 Hz.

Questa gamma di frequenze è particolarmente critica per l'articolazione del parlato, ma anche dei transienti musicali: da questi rilievi è possibile ricavare un Indice di Perdita di Articolazione delle Consonanti mediante un opportuno algoritmo, che tuttavia correla assai da vicino con quanto altrimenti rilevabile mediante sequenze di sillabe registrate, con valori accettabili inferiori al 10 per cento.

Il Grafico n.1 mostra il succedersi degli arrivi di energia acustica nelle immediate vicinanze del diffusore di prova (a soli 5 metri di distanza), il primo arrivo – diretto dal diffusore di prova- prevale di oltre 8 deciBel rispetto alla somma delle riflessioni, nonostante il Tempo di Riverbero sia di ben sette secondi a queste frequenze.

E' evidente che queste prestazioni sono dovute alla distanza assai ravvicinata e descrivono piuttosto il tipo di trasferimento di energia tra le diverse sezioni dell'orchestra: la prime riflessioni utili sono evidentemente assai distanti nel tempo di arrivo (un quarto di secondo circa) e –fortunatamente- assai contenute in ampiezza e fitte, a conferma della diffusività ed articolazione degli spazi attorno all'area prescelta per porre il palco.

Il Grafico n.2 mostra il succedersi degli arrivi di energia per una posizione più rappresentativa del settore di pubblico più vicino al palco (venti metri di distanza): il primo arrivo è ancora consistente, ma il campo riverberato è di pari entità e l'Articolazione del Parlato è già compromessa del 13 per cento nonostante il tipo di misura ignori volutamente il contributo aggiuntivo del rumore di fondo.

In condizioni effettive di impiego questa distanza sarebbe di già eccessiva, dato che le basse frequenze sono ancor più riverberate (il Tempo di Riverbero sale ad 11 secondi) e qualsiasi fondo di rumore o rientro nei microfoni innalzerebbe la perdita di articolazione a valori del tutto inaccettabili. E' evidente che due terzi dell'area prevista per il pubblico sono situati oltre questa distanza, con previsioni di resa pessime.



Il Grafico n.3 conferma con precisione lo scenario prevedibile a 40 metri di distanza dal diffusore di prova: il campo riverberato qui prevale di 14 deciBel (25 volte) e la Perdita di Articolazione è prossima al 48 per cento.

Questi dati –di evidente conferma all'ascolto già durante i rilievi- sono peraltro relativi ad una singola sorgente di prova: nel caso di un'orchestra la situazione è aggravata dalla schermatura ed assorbimento che ogni componente l'orchestra opera inevitabilmente nei confronti delle emissioni sia del suo strumento che di quello degli altri orchestrali.

Nel caso di qualsiasi impianto di amplificazione è il numero dei diffusori a moltiplicare il livello energetico del solo campo riverberato, ricreando un livello di prestazioni assai compromesso anche a distanze inferiori (in proporzione alla radice quadrata del numero di diffusori).

Il Grafico n.4 mostra un'altra caratteristica particolarmente negativa del riverbero naturale nella Cattedrale di San Petronio ed in spazi simili: dopo un secondo dalla cessazione del segnale di prova il livello è ancora consistente (vedi i grafici successivi) ed è costante per le tre posizioni di misura a 5-20-40 mt., ma le alte frequenze sopra i 2500 Hz sono inesorabilmente eliminate dall'assorbimento sia dell'aria che delle asperità delle pareti.

Il riverbero acquisisce dunque un equilibrio spettrale assai diverso da quello dell'arrivo di energia diretto, essendo così particolarmente riconoscibile e fastidioso.

Questo tipo di comportamento dei vasti spazi ne spiega bene la caratteristica impronta, che rende purtroppo inutilizzabile la pure discreta disponibilità di energia garantita dal riverbero.

I tre ultimi grafici sono particolarmente interessanti per la facilità di interpretazione: in essi è visibile la Funzione di Trasferimento al variare della frequenza per due differenti finestre temporali.

La curva in basso mostra la risposta dell'arrivo diretto dal diffusore di prova, mentre quella superiore è relativa al complesso dell'energia diretta e riverberata (entro 1,3 secondi) percepibile dall'ascoltatore.

Le due curve coincidono alle alte frequenze, ove manca il riverbero: il livello energetico scende considerevolmente al crescere della distanza dal diffusore di prova, come pure diminuirebbe l'energia diretta proveniente da qualsiasi strumento musicale.

Alle basse frequenze le due curve si allontanano fin'anche di 10 deciBel, indicando un livello pressoché costante per il campo riverberato ed un campo diretto praticamente non supportato da alcuna riflessione ravvicinata (utile, in termini musicali).

Il Grafico n.5 mostra la risposta diretta e totale del diffusore di prova, a soli 5 metri di distanza: le due curve coincidono tranne dove la riflessione dal pavimento crea un vuoto nella risposta in gamma medio-bassa, assai caratteristico degli spazi ove il pubblico è disposto ad una distanza stabile dal pavimento (e non su gradinate).

Il Grafico n.6 mostra che a 20 metri di distanza il livello delle alte frequenze è già calato considerevolmente, mentre alle basse frequenze è solo il riverbero a mantenere un certo livello energetico, con ovvie implicazioni a livello di resa dei transienti e di bilanciamento di questo tipo di passaggi musicali rispetto alle emissioni temporalmente meno articolate e più stabili.

Il Grafico n.7 mostra che a 40 metri di distanza dal diffusore di prova – o da qualsiasi sorgente musicale – l'emissione diretta è ormai completamente sovrastata dal campo riverberato (10 volte, in media) ed il bilanciamento timbrico è ormai del tutto compromesso, quanto l'intelligibilità del parlato e dei transienti.

La scelta del tipo di impianto di amplificazione

Premesso che il netto decadimento del campo diretto su distanze così considerevoli e senza prime riflessioni utili, nonché la marcata personalità timbrica del riverbero impongono l'impiego di un impianto di amplificazione, questo idealmente dovrebbe essere composto dal minimo numero di diffusori in grado di emettere sull'angolo solido sotteso dal complesso delle aree occupate dal pubblico e verso la posizione di emissione scelta.

In un primo momento –infatti– si è ipotizzata la scelta di due sole sezioni di impianto audio, talmente direttive da emettere sui soli dieci gradi di copertura verticale e trenta gradi orizzontali necessari per i tre settori di pubblico principali e per una quota di sospensione di circa cinque metri.

Questo tipo di impianto avrebbe comportato la possibilità di esentarsi dall'impiego di sezioni ritardate –con gli ovvi problemi di sincronizzazione delle emissioni– con evidenti benefici in termini di impatto visivo.

Tuttavia la mancata disponibilità di diffusori commerciali così direttivi avrebbe comportato la necessità di una sperimentazione assai avanzata e poco compatibile con i tempi dell'evento (soprattutto il fatto di seguire di poco il mese di agosto): anche operando di rimbalzo, con i diffusori in terra ed un pannello riflettente a circa 5 metri di altezza, l'ingombro e l'impatto visivo delle due sorgenti non sarebbero stati comunque trascurabili.

Per questo motivo la scelta di due sole sezioni e di una bassa quota di sospensione (anche del pannello riflettente) è stata necessariamente abbandonata.

La scelta alternativa di elezione è stata quella di impiegare un numero ridotto (6+2) di sezioni ritardate, del massimo livello qualitativo.

In particolare per la gamma alta sono stati suggeriti diffusori (Meyer MSL-5) che sono da molti riconosciuti come lo stato dell'arte disponibile.

Per questo numero di sezioni la quota minima di sospensione necessaria -per non esporre gli ascoltatori più vicini a livelli di pressione sonora eccessivi o troppo differenti da quelli della media- si è rivelata pari a circa otto metri di altezza.

A questa distanza è tuttavia assai critico il bilanciamento con le basse frequenze, inevitabilmente emesse quasi omnidirezionalmente da tutti i diffusori commerciali, incluse le Meyer MSL-5: per questo la sezione bassi di queste è stata prevista come non utilizzata, in quanto sostituita -per ogni sezione- da una coppia di dipoli appositamente approntati (per la gamma bassa) e da un sistema di dipolo e paraboloidale (per la gamma medio-bassa).

Verifica strumentale delle prestazioni:

La taratura del complesso insieme di sezioni ritardate indipendentemente e la loro equalizzazione sono state effettuate mediante un Analizzatore SIM-II della Meyer: i dati dei rilievi seguenti sono operati dopo la taratura.

I rilevamenti sono stati operati mediante un Analizzatore di Time Delay Spectrometry tipo Techron TEF-20, con microfono di misura Bruel & Kjaer mod.4190 e preamplificatore B & K mod.2669.

La presenza di un complesso sistema, composto di sei sezioni principali (tre per lato), più due per il fondo, due per il settore anteriore ed una sezione sospesa al centro, per il direzionamento dell'immagine, ha in effetti permesso di dominare completamente le caratteristiche acustiche naturali dell'ambiente.

Quello che emerge dai rilievi di collaudo è –infatti- uno spazio dalle prestazioni acustiche completamente diverse e migliori, al punto di poter effettivamente essere paragonabile ad un Auditorium convenzionale sia in termini di risoluzione ed intellegibilità che in termini di potenza e naturalezza di emissione.

I grafici

I primi tre grafici mostrano il succedersi degli arrivi di energia acustica rispetto al tempo per l'importante gamma di frequenze di un'ottava intorno a 2000 Hz, la più critica per l'intellegibilità delle consonanti ed assai indicativa della resa dei transitori musicali.

Il Grafico "A" mostra il succedersi degli arrivi di energia e delle riflessioni per una posizione di misura a circa 27 metri di distanza dal palco: nonostante siano operanti quattro sezioni (tutto il lato destro dell'impianto) il campo diretto prevale di oltre sette deciBel e la Perdita di Articolazione delle Consonanti è inferiore al 7 per cento, cioè un livello di resa ottimale.

Questo livello di prestazione va comparato con quello dell'orchestra non assistita, già nettamente compromessa nella resa fin dai sei-sette metri di distanza dal bordo del palco dall'effetto di schermatura delle emissioni operato reciprocamente dagli stessi musicisti e reso più evidente dalla mancanza di riflessioni utili –provenienti cioè da pareti assai vicine- e dalla bassa quota del palco, pressoché piano.

Il Grafico "B" mostra esattamente lo stesso livello di prestazioni del precedente, ma ad una distanza questa volta di circa 40 metri dal palco. Intellegibilità e rapporto tra campo diretto e riverberato sono ancora una volta eccellenti, al punto di superare anche quanto ottenibile al meglio con mezzi passivi e grande dispendio di progettualità e cura nella realizzazione, ma in spazi necessariamente assai più ridotti per dimensioni.

Il Grafico "C" mostra un livello di prestazioni che è definibile come eccezionale per la distanza di circa 60 metri dal palco alla quale è stato eseguito il rilievo: il campo diretto prevale di oltre cinque deciBel sull'insieme delle riflessioni – nonostante sia operante tutto un lato dell'impianto- e la Perdita di Articolazione delle Consonanti è di appena il 7,5 per cento. In pratica nessuna difficoltà a percepire sia il parlato che le più sottili sfumature dinamiche dell'orchestra.

Soprattutto le prestazioni sono esattamente identiche a quelle riscontrate nel settore anteriore e comparano bene con quanto rilevato in sede di Studio di Fattibilità ma a soli 5 metri dalla sorgente (unica).

Il Grafico "D" mostra la risposta del sistema di amplificazione per le tre posizioni di misura a 27-40-56 m. di distanza dal palco: il livello è perfettamente costante e la linearità di risposta estrema, soprattutto considerando la prevalenza del campo diretto in tutti i rilievi.

Il Grafico "E" mostra la risposta dopo un secondo di decadimento: il livello è assai inferiore a quello del campo diretto, visibile nel grafico precedente, ma soprattutto è da notare la gradualità dell'andamento delle risposte alle tre distanze di misura, a conferma della mancanza di brusche variazioni all'indice di direttività delle sezioni di impianto prescelte.

Nel caso di diffusori commerciali convenzionali è facilmente riscontrabile un brusco rialzo del livello energetico del riverbero in corrispondenza della frequenza alla quale il diffusore perde il controllo della direttività di emissione.

Gli ultimi tre grafici mostrano sovrapposte le curve di risposta relative all'arrivo diretto di energia da ogni sezione dell'impianto (la curva inferiore) e quella relativa alla somma di campo diretto e riverberato.

Nel Grafico "F", rilevato a 27 metri dal palco, la differenza tra campo diretto e riverberato resta contenuta sino alle più basse frequenze emesse, con un andamento particolarmente graduale ed un notevole controllo sotto i 100 Hz, impossibile ad ottenersi con diffusori convenzionali.

Il Grafico "G" mostra un eguale ed eccellente livello di prestazioni ad una distanza di 40 metri dal palco: tra l'arrivo di energia diretto dal diffusore e l'insieme di questo e delle riflessioni fino a 1,3 secondi vi è una differenza praticamente sempre inferiore a 5 deciBel, a tutte le frequenze ed anche bene sotto i 100 Hz.

Il Grafico "H" mostra che solo a 56 metri dal palco si incomincia ad avvertire l'incremento di energia apportato dal riverbero: siamo comunque a circa tre volte la distanza cui un simile quadro sarebbe tipico con una singola sorgente e qui sono operanti ben quattro sezioni (un ulteriore fattore di due volte).

Altri grafici confermano un bassissimo livello di distorsione, inferiore all'un per cento a circa 90 deciBel, anche alle basse frequenze.



Conclusioni

La disponibilità –per la prima volta in Italia- di un sistema di rinforzo direttivo fino alle più basse frequenze emesse ha reso possibile operare con successo la sonorizzazione di un evento, in uno spazio evidentemente altrimenti del tutto impervio a questo tipo di esecuzioni musicali.

Il rilievo dimostrano facilmente e con chiara evidenza grafica l'ottenimento di livelli sonori e di intellegibilità e risoluzione uniformi per tutta l'area occupata dal pubblico, fino a circa sessanta metri di distanza dal palco.

Anche all'ascolto è emersa evidente la resa nitida dei transienti e la grande naturalezza di emissione, senza lo sbilanciamento verso le basse frequenze tipico dei vasti spazi riverberanti come la Cattedrale di San Petronio, in Bologna.

L'aspetto probabilmente più notevole della realizzazione consiste nell'accurata rispondenza alle previsioni di ogni parametro, incluso il rapporto tra campo diretto e riverberato, il livello energetico e l'intellegibilità del parlato alle varie distanze di misura.

Naturalmente gran parte di questa rispondenza è garantita dall'effettuazione di veri rilievi in luogo di semplici simulazioni, in sede di studio preventivo.

In presenza del supporto di una conchiglia riflettente –che garantisca adeguate prestazioni acustiche sul palco e buona comunicazione tra i musicisti- il livello di prestazioni sarebbe stato facilmente comparabile a quello di un Auditorium, con il beneficio di un livello energetico comunque cospicuo fin nei settori di pubblico più distanti dal palco.

Basilica di San Petronio - Bologna







