

EFFETTI ACUSTICI DELLA CAVITA' POSTA SOTTO LA FOSSA  
ORCHESTRALE: RILIEVI SPERIMENTALI E GIUDIZI SOGGETTIVI.

A. Cocchi, A. Farina

Istituto di Fisica Tecnica, Facoltà di Ingegneria  
viale Risorgimento n. 2 - 40136 BOLOGNA

In molti teatri storici italiani é (o era) presente una cavità a forma di mezza botte collocata sotto lo impiantito ligneo della fossa orchestrale, realizzata per lo più in legno, ma a volte direttamente in pietra.

E' parere comune che tale cavità abbia funzioni acustiche, fungendo da cassa armonica per l' orchestra. Peraltro le moderne esigenze di impiego multiuso dei teatri richiedono l' installazione di impiantiti mobili ad azionamento meccanico, soluzione che inevitabilmente comporta la distruzione della cavità originale.

Nel presente lavoro si riferisce della sperimentazione eseguita presso il Teatro Alighieri di Ravenna, che ha consentito di evidenziare sia strumentalmente, sia soggettivamente, gli effetti acustici della cavità risonante a mezza botte.

#### 1. TIPOLOGIA DELLA CAVITA'

In quasi tutti i teatri storici italiani era presente una cavità a forma di mezza botte sotto la fossa orchestrale; essa però é stata eliminata o comunque alterata in tutte le sale che hanno adottato impiantiti a sollevamento meccanico. In alcune sale erano addirittura presenti due mezze botti, come é il caso del Teatro Mancinelli di Orvieto (fig.1): in tale sala, le cavità erano in comunicazione con un sistema di cunicoli ricavati sotto la platea, e sfocianti all' aperto tramite grigliati.

Il Teatro di Orvieto merita un ulteriore approfondimento, poiché in esso sia le botti, sia i cunicoli sottoplatea erano ricavati direttamente da scavi nel tufo (materiale piuttosto fonoassorbente), ed é risultato del tutto improponibile che la funzione di tali cunicoli fosse quella di "trasportare il suono" dalla orchestra verso le parti estreme della platea. Infatti in tal caso i cunicoli avrebbero trasportato entro la sala il rumore del traffico esterno, visto che le griglie

terminali sfociano direttamente in strada.

Il Teatro Alighieri di Ravenna (fig. 2) era originariamente dotato di una cavità di forma parallelepipedica; all' interno di essa fu costruita poi la attuale botte in legno, probabilmente per imitazione di altre sale dello stesso periodo.

Numerosi testi seicenteschi di architettura teatrale parlano di queste "casse armoniche"; ad es. in [1] si parla sia di casse armoniche, sia di "tubi sonori" situati sotto la platea, per portare il suono in fondo alla stessa.

## 2. SPERIMENTAZIONE EFFETTUATA

Il giorno 7/6/89 si é provveduto ad eseguire una sperimentazione diretta nel Teatro Alighieri di Ravenna, onde confrontare il comportamento acustico a buca risonante piena ed a buca vuota.

Al mattino, con buca piena di sacchi di segatura, si é proceduto all' esecuzione in fossa di alcuni brani musicali, grazie alla disponibilità di un gruppo di allievi del locale conservatorio. I brani eseguiti sono stati i seguenti:

- quartetto di clarinetti (Smith)
- due clarinetti ed 1 fagotto (Mozart)
- quartetto d' archi (op. 125 Schubert, 1. tempo)
- pianoforte (op. 111 Beethoven, 1. tempo)

In sala erano presenti esperti musicali, chiamati ad esprimere un giudizio.

Sono stati infine eseguiti rilievi strumentali dei tempi di riverbero e dei livelli sonori in bande di 1/3 di ottava, impiegando un generatore di rumore rosa situato sul pavimento, al centro della fossa.

Al pomeriggio é stata ripetuta l' intera sequenza di prove, dopo aver svuotato la cavità sotto la fossa dai sacchi di segatura, e si é provveduto a ripetere anche i rilievi del tempo di riverbero e del livello.

Tutti i brani musicali sono stati registrati, mediante testa microfonica binaurale, in 3 diversi punti di ascolto; ciò ha consentito poi il riascolto da parte degli esperti musicali, e la formulazione di giudizi per confronto diretto.

## 3. RISULTATI SOGGETTIVI

Gli esperti hanno fornito giudizi concordi, affermando che tutto sommato gradivano di più la situazione del

mattino (con buca piena di segatura).

Scendendo più in dettaglio, è risultato che l'effetto del riempimento della buca è nettamente diverso a seconda del punto di ascolto: nel punto A (5<sup>a</sup> fila al centro) la presenza della cavità risonante migliora l'ascolto, con esaltazione dei bassi e suono più vivo. Nei punti B (12<sup>a</sup> fila la centro) e C (13<sup>a</sup> fila di lato), si ha viceversa un peggioramento con la cavità risonante, poiché il suono giunge troppo vivo ed immediato.

Soggettivamente è stato dunque riscontrato soprattutto un aumento di vivezza del suono, che risulta gradito nel punto A (evidentemente qui il suono è tendenzialmente troppo poco vivo) e sgradito negli altri punti, ove il suono è chiaramente già troppo vivo anche con la buca riempita di segatura.

Rimane da stabilire cosa esattamente gli esperti musicali intendano per "vivezza" del suono; secondo Beranek [2], tale qualità è legata al tempo di riverberazione alle frequenze intermedie (500 e 1000 Hz), e dunque dipende sostanzialmente dal grado di assorbimento della sala. Va considerato a questo proposito che la sala era pressoché vuota al momento delle prove, e pertanto un po' troppo riverberante.

Infine merita di essere riportato il parere degli esecutori, nonostante la loro scarsa esperienza: essi hanno affermato concordemente che al pomeriggio, con la cavità risonante in funzione, era per loro più agevole sentirsi reciprocamente e suonare a tempo.

#### 4. RISULTATI SPERIMENTALI

Nella fig. n. 3 è riportato il confronto fra i livelli sonori misurati nel punto B a buca piena e vuota; si può osservare che le differenze sono veramente minime, ma la cavità risonante tende ad aumentare il livello alle alte frequenze, ed a ridurlo alle basse.

Nella fig. 4 è riportato il confronto fra i tempi di riverbero nello stesso punto B: si può osservare che la cavità risonante produce una sostanziale riduzione dei tempi di riverbero solo a bassa frequenza, mentre alle frequenze medie od alte l'effetto è insignificante.

Dai rilievi sperimentali si evince il reale comportamento fisico della cassa armonica: essa fa sì che alle basse frequenze l'impiantito lavori come un pannello vibrante, e dunque assorba energia. Ad alta frequenza, il tempo di riverbero non cresce (l'impiantito diviene in ogni modo un riflettore quasi perfetto), ma cresce il

livello sonoro: ciò può essere spiegato pensando che vi sia radiazione da parte dell' impianto stesso, per effetto della sollecitazione meccanica diretta da parte degli strumenti musicali che vi insistono, radiazione che diviene meno efficiente quando la buca sottostante viene riempita. Ciò spiegherebbe anche il parere soggettivo riportato dai musicisti.

## 5. CONCLUSIONI

La sperimentazione eseguita ha consentito di affermare che, se esistono differenze fra il comportamento acustico di una sala con e senza la cavità risonante, queste sono comunque modeste, e facilmente prevedibili.

La credenza che sia possibile "rinforzare il suono" con strumenti passivi quali le casse armoniche risulta pertanto ridimensionata: esse possono sicuramente agire da assorbitori accordati su particolari frequenze (in questo caso molto basse), ovvero dar luogo a fenomeni di radiazione in caso di eccitazione meccanica di un pannello, ma non possono certo "amplificare" un suono che vi incida sopra per via aerea.

Volendo eliminare la cavità sotto la fossa orchestrale per esigenze tecniche, si può dunque ripristinare agevolmente la situazione preesistente dal punto di vista della riverberazione inserendo nella sala altri elementi in grado di assorbire le basse frequenze. Visto che comunque le sale italiane sono spesso troppo sorde, può non essere necessario neppure questo intervento.

Più delicato è il problema della radiazione da parte del pavimento che sostiene gli strumenti musicali: è pertanto sempre da consigliare un leggero impianto ligneo, vincolato in modo abbastanza elastico alla struttura metallica di sollevamento, onde consentire comunque la propagazione di onde flessionali elastiche nello stesso. Ciò dovrebbe garantire comunque agli strumentisti la capacità di "sentirsi" reciprocamente, capacità che evidentemente non è solo acustica, ma è anche legata alla trasmissione solida attraverso il pavimento.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] T.Mace, "Musik's Monument", British Library (1676)
- [2] L.L.Beranek, "Music Acoustics and Architecture", J.Wiley, New York (1962).

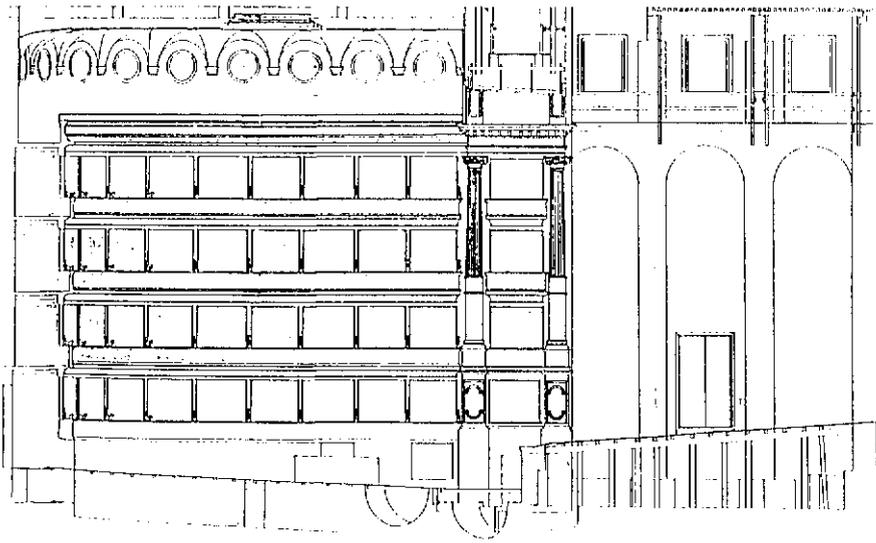


Fig. n. 1 - Sezione del Teatro Mancinelli - Orvieto.

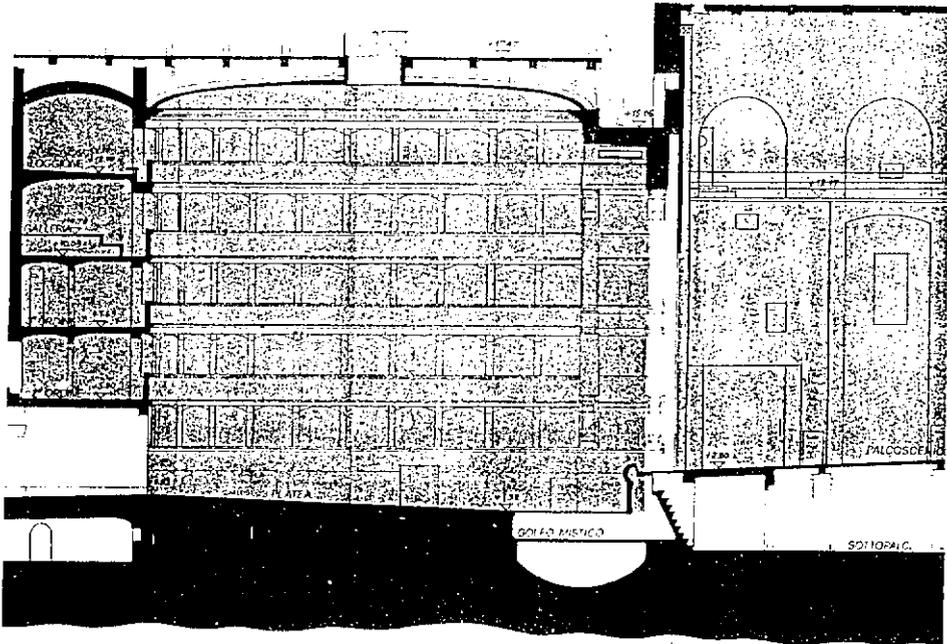


Figura n. 2 - Sezione del Teatro Alighieri - Ravenna

Teatro Alighieri - Ravenna  
Confronto fra Livelli Sonori - p. B

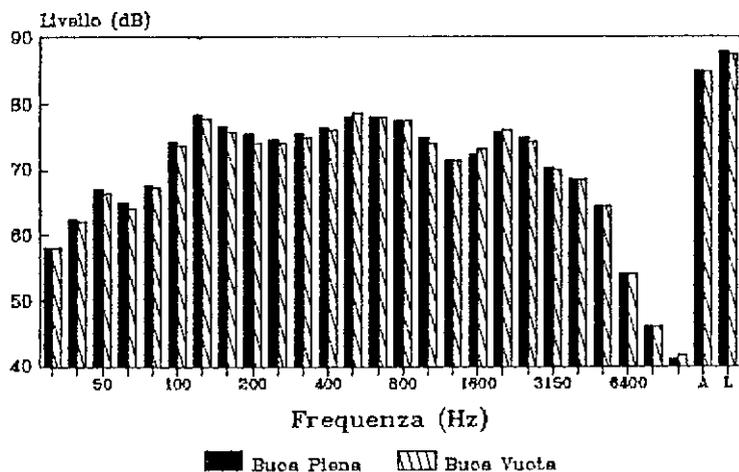


Fig. n. 3 - Confronto fra i livelli sonori.

Teatro Alighieri - Ravenna  
Confronto fra Tempi Riverbero - p. B

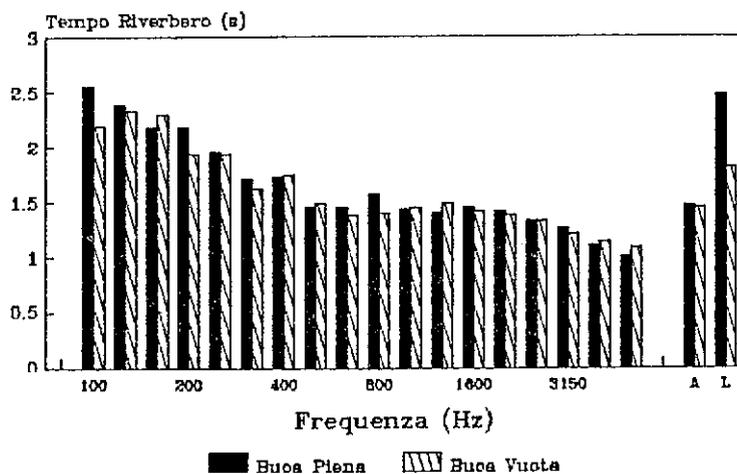


Fig. n. 4 - Confronto fra i tempi di riverbero.