

APPLICAZIONI DELLE SALE DI RIASCOLTO IN AMBITO AUTOMOTIVE

Andrea Azzali (1)(4), Piercarlo Miglietta (2), Giovanni Orefice (2), Angelo Farina (3)

- 1) Studio Acustica, www.studioacustica.it, Rivarolo Mantovano (MN)
- 2) FIAT GROUP Automobiles, piercarlo.miglietta@fiat.com, Torino (TO)
- 3) LAE, www.laegroup.org, Parma (PR)
- (4) TeTa Project srl, Rivarolo Mantovano (MN)

1 Abstract

La rapida evoluzione del mercato in ambito automotive e le crescenti aspettative della clientela in termini di comfort e qualità acustica richiedono da un lato la dotazione di procedure e strumentazioni precise destinate a quantificare il rumore misurato, dall'altro richiedono strumenti di supporto alla valutazione soggettiva individuale e di gruppo. I migliori strumenti utilizzati a tal fine risultano essere i sistemi di riascolto. Questi consentono di costruire database storicizzati dei vari allestimenti e presentare in tempi rapidi test comparativi, risolvendo il problema della breve "memoria acustica" e riducendo al minimo gli effetti di bias che affliggono i test in vettura. Riprodurre con un alto grado di fedeltà i rumori misurati in vettura consente infatti al soggetto di discriminare attraverso il riascolto differenze anche piccole fra componenti e allestimenti diversi utilizzati sul medesimo veicolo, o su veicoli differenti, altrimenti impercettibili su vetture reali ascoltate a distanza di tempo di alcuni minuti.

Anche per la messa a punto di parametri oggettivi nelle procedure di analisi, riguardanti fenomeni complessi, legati alla percezione di gradevolezza sonora, per esempio per la determinazione del carattere sportivo di un motore o per decidere la timbrica e il "carattere" del rumore emesso dalle varie sorgenti un riascolto fedele a bassa e alta frequenza è indispensabile. Inoltre solo attraverso i sistemi di riascolto si garantisce che i vari componenti di una giuria abbiano effettivamente ascoltato lo stesso suono, contrariamente a quanto avviene durante le "prove collettive" su veicolo, durante le quali diversi passeggeri forniscono giudizi soggettivi maturati in diverse posizioni nel veicolo o in diverse ripetizioni della prova.

Si rende dunque necessaria una registrazione del fenomeno acustico il più fedele possibile ed un altrettanto fedele riproduzione in un ambiente ottimizzato per il riascolto. La sala di riascolto rappresenta uno strumento di lavoro efficiente e robusto per tutti i campi di frequenza udibile e tanto per ascolti individuali quanto per prove di giuria. La

valutazione e progettazione della sound quality della vettura e la valutazione dei costi/benefici del prodotto che si intende sviluppare si svolge qui in modo rapido ed efficace attraverso prove di giuria standard e documentabili.

La sala "SONIA", realizzata di recente nell'Ente di Acustica e Vibrazioni di Fiat Auto (NVH), rappresenta in questi termini uno strumento importante a supporto della progettazione acustica e dello sviluppo del know how codificato nelle procedure. Nel presente lavoro verrà presentata la sala e discussi gli aspetti che riguardano il riascolto.

2 Riascolti in-line e off-line

Livello di rumorosità percepito, estetica del rumore motore, del rumore di rotolamento e di quello aerodinamico, timbrica del rumore degli attuatori elettrici e di porte e sportelli, assenza di rumori fastidiosi, comprensione della parola fra i passeggeri sono solo alcuni degli aspetti che necessariamente devono essere valutati attraverso un riascolto accurato sia in fase di analisi che in fase di definizione della customer satisfaction. In quest'ottica l'attività del gruppo di acustica non può prescindere dalla definizione di un sistema funzionale e ottimizzato, nonché da una metodologia di misura precisa, in grado di fornire una riproduzione fedele degli eventi sonori caratteristici dell'acustica veicolo. In via introduttiva a questo lavoro è quindi necessario chiarire quali siano i vantaggi di svolgere le attività di test e caratterizzazioni off-line in un ambiente di riascolto, vantaggi che hanno portato alla realizzazione della sala SONIA.

All'interno del Dipartimento NVH di FIAT molteplici risultano essere le attività di analisi, progettazione e caratterizzazione acustica: misure di funzioni di trasferimento vibro/acustico fra le varie sorgenti di rumore e l'interno vettura; misure dell'isolamento acustico; misure ed analisi del rumore motore; analisi dei parametri psicoacustici; misure ed analisi del rumore aerodinamico, dei rumori dello scarico, del sistema di climatizzazione, degli attuatori elettrici e manuali, dell'apertura/chiusura porte, degli scricchiolii, della trasmissione. Tutte queste attività vengono svolte soggettivamente, "in campo", nelle svariate condizioni vissute dai clienti, ma i test realizzati in ambiente reale sono poco ripetibili e non possono essere adeguatamente storicizzati. Il reperimento infatti di veicoli significativi per i diversi fenomeni e la preparazione dei vari allestimenti richiedono tempi lunghi contrariamente alle esigenze imposte dalla brevità della memoria acustica; risulta quindi molto difficile effettuare soggettivamente confronti acustici fra diversi allestimenti di una stessa vettura, pur rappresentato questi gli unici in grado di fornire indicazioni realistiche sull'efficacia degli interventi effettuati; sono quindi fondamentali per dare il polso dell'avanzamento acustico del veicolo. Parallelamente il confronto di diversi modelli, in fase di benchmarking, richiede un'organizzazione pesante, necessaria a reperire un numero di veicoli significativo nello stesso momento, in uno stesso ambiente. Questi confronti sono fondamentali per la definizione di targets di rumore e per la valutazione finale delle prestazioni di una vettura. In una sala di riascolto è possibile passare istantaneamente da un traccia acustica ad un'altra, azzerando i tempi della memoria acustica e ripresentando lo stesso fenomeno a tutti i tester in condizioni identiche, contemporaneamente o in tempi separati. Nelle prove in campo infine l'interazione fra diversi aspetti sensoriali quali la vista e le vibrazioni al corpo umano spesso concorrono alla definizione di un giudizio diverso da quello effettivamente ottenuto in sala. Il brand e l'impatto visivo degli interni spesso condizionano il giudizio della giuria introducendo un bias. Questo effetto viene sicuramente evitato all'interno di una sala di riascolto in cui è possibile effettuare "blind test" reali, durante i quali l'ascoltatore non ha nessuna informazione del veicolo che sta ascoltando.

3 Le tecniche per il riascolto

Un sistema di riascolto è definito come un insieme di apparecchiature e tecniche in grado di riprodurre il campo sonoro (e le sue caratteristiche) in modo invariato rispetto alla realtà. La trasparenza del sistema deve risultare verificata non in generale ma solo per le caratteristiche che effettivamente si vogliono valutare durante il riascolto. Nel caso di valutazioni sull'intelligibilità della parola ad esempio, in cui il parametro psicoacustico maggiormente coinvolto è il rapporto fra il rumore di fondo e il livello della voce al punto di ascolto, gli aspetti spaziali risultano trascurabili e quindi una carenza del sistema di riproduzione nella ricreazione dello stage sonoro non inficia i risultati del test. Queste considerazioni vanno oltre il settore automotive ma risultano vere in generale. In precedenti esperienze ad esempio sono stati confrontati diversi sistemi di riproduzione valutando la loro capacità di riprodurre le dimensioni di un ambiente o la distanza dalla sorgente dal punto di registrazione [1] [2]. È quindi possibile affermare che: *“La scelta di un sistema di riascolto risulta funzione imprescindibile del fine da raggiungere”*.

Ad oggi le tecniche di riproduzione audio hanno raggiunto livelli di accuratezza elevata, e basandosi su diversi principi fisici sono in grado di raggiungere livelli di realismo impensati. Tali tecniche possono sostanzialmente essere classificate in due macro-categorie: sistemi binaurali fra cui si annoverano cuffie, stereo, stereo dipolo, doppio stereo dipolo; sistemi multicanale costituiti dagli standard 5.1, 7.1 e dalle tecniche Ambisonics, Ambiophonics e Wave Field Synthesis. In ambito automotive, l'esigenza di velocizzare le procedure di acquisizione e semplificare le fasi di analisi e caratterizzazione, portano ad utilizzare preferibilmente sistemi di acquisizione binaurale effettuati con coppie di microfoni o con teste acustiche. Viene di seguito effettuato un elenco dei sistemi di riproduzione binaurali maggiormente utilizzati.

3.1 Cuffie

Le cuffie stereo rappresentano lo strumento più intuitivo per riprodurre registrazioni binaurali. Esse possono ricreare alle orecchie una pressione identica a quella registrata mantenendo la separazione fra i due canali uditivi (non è presente alcun effetto di cross-talk) e senza essere affetta dalla risposta dell'ambiente. La riproduzione in cuffia risulta molto realistica solo nel caso in cui la testa utilizzata per la registrazione (o la misura della risposta all'impulso) sia la stessa dell'ascoltatore (HRTF identica durante la misura e l'ascolto). Questo risulta impossibile in termini pratici. Inoltre le cuffie, risultando solidali con la testa, non permettono una corretta localizzazione delle sorgenti sonore in quanto queste si muovono con la rotazione della stessa. Tale effetto provoca un errore soprattutto nella localizzazione di sorgenti frontali.

3.2 Stereo normale

Il sistema stereo convenzionale non risulta molto utilizzato nella ricerca acustica, al contrario di quanto avviene a fini entertainment e HI-FI. Diverse tecniche di registrazione bicanale possono essere utilizzate in fase di acquisizione dei segnali da riprodurre (AB, XY, MS, O.R.T.F). La tecnica stereo prevede l'utilizzo di due altoparlanti in posizione simmetrica rispetto all'ascoltatore. Rispetto all'asse passante per il punto d'ascolto i due altoparlanti possono essere posizionati secondo diversi angoli di apertura. La tecnica stereo classica permette di discriminare correttamente il suono proveniente dalla parte frontale, riproducendo suono diretto e prime riflessioni in maniera affidabile. Non fornisce però informazioni accurate circa la sensazione spaziale caratteristica dell'ambiente registrato ma solo sulla durata temporale della coda riverberante.

3.3 Stereo dipolo

La cross-talk cancellation rappresenta un metodo alternativo alle cuffie per riprodurre registrazioni binaurali. Originalmente proposta nel 1960s [3,4], questo approccio fu largamente usato per la ricerca sull'acustica degli auditorium da Schoroder et al. nel 1974 [5]. Ad una specifica posizione della testa dell'ascoltatore il cross-talk che porta parte del segnale dell'altoparlante destro all'orecchio sinistro e viceversa, viene cancellato attraverso segnali imposti dall'altoparlante complementare. Questo sistema ha un limite alle basse frequenze a causa della piccolissima differenza di ILD (Inter-aural level difference) e di fase. La corta lunghezza d'onda alle alte frequenze rende invece la posizione della testa dell'ascoltatore critica rendendo inefficace la cancellazione. Inoltre la cross-talk richiede che l'ambiente di ascolto sia un ambiente acusticamente assorbente per esser efficace. Infatti gli effetti delle riflessioni non risultano controllabili, e quindi non risultano cancellabili oltre un certo ordine.

Uno dei principali vantaggi dello stereo dipolo rispetto alle cuffie è la sua capacità di generare un'immagine dell'auditorium localizzata frontalmente, senza perdere informazioni sui contributi laterali dello stage. Questo permette di ottenere una sensazione molto più naturale durante l'ascolto rispetto a quella delle cuffie in cui il suono sembra provenire dentro la testa, o rispetto allo stereo classico in cui il suono risulta molto frontale. Un altro fondamentale vantaggio è che il sistema tollera movimenti del capo, essendo il campo sonoro non solidale con la testa. Questo permette di avere un beneficio dai piccoli movimenti del capo nella localizzazione delle sorgenti, ottenendo durante l'ascolto una naturale sensazione di spazialità. Analogamente a quanto effettuato per i sistemi binaurali è possibile effettuare una carrellata dei sistemi di riproduzione multicanale; per motivi di sintesi tale trattazione viene tralasciata.

4 Progettazione della sala di riascolto "SONIA"

La sala SONIA è stata realizzata all'interno del complesso Mirafiori di Torino, in una sala originariamente destinata a magazzino, e nasce dalla collaborazione fra lo studio di progettazione StudioAcustica, il gruppo di Acustica ed Elettroacustica LAE, e la società Bosco Italia. Le dimensioni iniziali della sala risultavano essere **5x8x4 m**, tali da poter realizzare 10 postazioni di ascolto. Da quanto precedentemente esposto è emerso come l'esigenza di utilizzare procedure di acquisizione semplici e veloci, abbia richiesto la scelta di un sistema di riproduzione di tipo "binaurale". Questa scelta permetterà di sfruttare il database di registrazioni precedentemente effettuate all'interno del gruppo NVH. La necessità di disporre di più postazioni di riascolto inoltre ha inoltre reso obbligatorio l'abbandono di tecniche di riproduzione basate sugli algoritmi di cross-talk cancellation, ottimizzati per sale a singola postazione. In funzione delle esigenze del gruppo NVH è stato in questo modo definito il sistema di riascolto "ottimo". La progettazione acustica di una sala di riascolto deve affrontare diversi aspetti fra cui il contenimento del rumore di fondo, la realizzazione di un tempo di riverbero ottimale, l'equalizzazione della risposta acustica del sistema di riproduzione. In particolare sono state fornite le seguenti specifiche tecniche:

RUMORE DI FONDO: inferiore alle curve NR10 ad impianti spenti (climatizzazione, illuminazione, impianto di riproduzione) e alle curve NR15 ad impianti in funzione

TEMPO DI RIVERBERO: progettato secondo standard ITU-EBU con un tempo medio di riverbero pari a 0.22 secondi;

RISPOSTA DEL SISTEMA ELETTROACUSTICO: Risposta in ottave: +/- 0.5dB rispetto al valor medio; Risposta in terzi di ottava: +/- 1.5 dB rispetto al valor medio (tale risoluzione corrisponde alla risoluzione del nostro sistema uditivo umano);

4.1 Progettazione acustica

Analizzando la disposizione iniziale dei locali e le esigenze progettuali è stato deciso di realizzare una “scatola acustica” all’interno dell’involucro originale della sala scegliendo dimensioni e geometrie tali da ridurre al minimo le risonanze della sala e permettere la costruzione di pareti ad elevato fonoisolamento.

4.1.1 Isolamento dai rumori esterni ed interni

In fase preliminare è stato misurato ante-operam l’isolamento delle strutture e il rumore di fondo esterno alla sala nelle condizioni peggiori riscontrabili. Partendo dai dati misurati sono state quindi progettate le soluzioni tecniche necessarie ad incrementare il potere fonoisolante delle partizioni verticali ed orizzontali al fine di conseguire le specifiche sopra riportate. Il livello di rumore rilevato all’esterno è pari a 64.5 dB(A), mentre nella situazione ante-operam all’interno della sala è stato misurato un livello di circa 48 dB(A). E’ stato deciso di realizzare pareti con un triplo strato di cartongesso con interposto guaina di gomma precaricata smorzante in grado di migliorare l’isolamento della struttura in bassa frequenza. Come verrà evidenziato in seguito, il sistema di riascolto, il routing dei segnali audio e l’elaborazione dei filtri digitali viene gestito attraverso una scheda audio ed una workstation. Per evitare che le ventole dei componenti elettronici potessero incrementare il rumore di fondo in sala, è stata creata una sala regia in corrispondenza del punto di ingresso.

Anche gli impianti elettrici e di condizionamento sono stati progettati per ridurre al minimo il rumore generato all’interno della sala. Nella progettazione dell’impianto di climatizzazione sono state effettuate le seguenti scelte tecniche: utilizzo di una velocità dell’aria nei condotti inferiore ad 1 m/s per evitare fenomeni di rigenerazione; utilizzo di bocchette a bassa rigenerazione sonora (velocità sulla bocchetta inferiore a 0.6-0.8 m/s) e basse perdite di carico ($< 7\text{Pa}$) raggiunge con bocchette ad elevata induzione; introduzione sulle canalizzazioni prima dell’ingresso in sala di due silenziatori (uno per la mandata e uno per la ripresa) per evitare fenomeni di break-in.

4.1.2 Tempo di riverbero

I problemi legati all’ascolto in ambienti chiusi sono molteplici soprattutto nel caso di sale di dimensioni ridotte. Fra tutti, le riflessioni multiple precoci e le onde stazionarie, legate ai modi della sala, risultano sicuramente le più nocive per la qualità d’ascolto. La loro presenza può comportare infatti una coloritura eccessiva del suono, e l’introduzione di evidenti distorsioni spettrali sulle tracce originali riprodotte al suo interno. L’elevato contenuto di basse frequenze presente nelle registrazioni del rumore bordo vettura impongono quindi di porre particolare attenzione alla risoluzione del problema delle risonanze. La progettazione è stata effettuata, per quanto riguarda le medio-alte frequenze, ricorrendo al software previsionale Ramsete. In bassa frequenza i moduli assorbenti sono stati progettati in seguito ad una campagna di misure effettuata dopo il completamento della scatola interna della sala, acquisendo in opera i modi acustici e i tempi di riverbero. L’esigenza di mantenere un’elevata estetica della sala ha limitato la scelta a soluzioni progettuali visivamente “poco impattanti”, rivestendo gli elementi acustici con tessuto trasparente acusticamente. Gli spazi ridotti di azione hanno vincolato all’utilizzo di assorbitori attivi, ovvero il cui funzionamento sia basato su risuonatori di Helmholtz o pannelli vibranti diaframmatici. Viene riportata in figura una pianta del progetto.

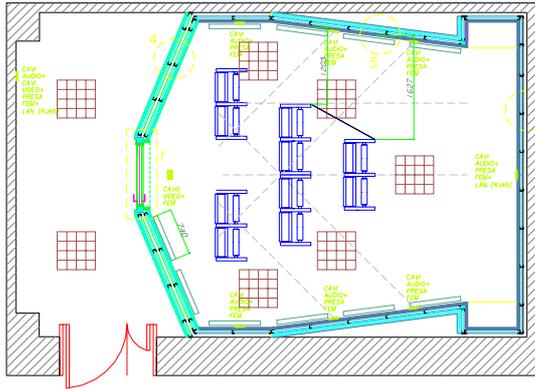


Figura 1: Impianto di illuminazione e sedute

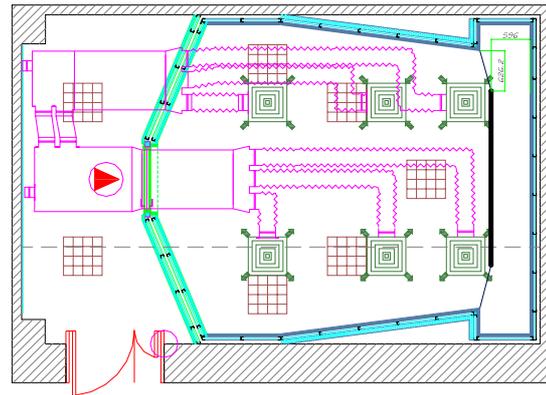


Figura 2: Impianto di condizionamento

4.1.3 Progettazione risuonatori

I risuonatori, necessari a smorzare i modi residui della stanza, sono stati realizzati attraverso box riempiti di fibra di poliestere, chiusi con doghe in legno. La distanza fra le doghe è stata determinata ricorrendo alle ben note formule dei risuonatori di Helmholtz di seguito riportata:

$$(1) \quad f_0 = 2160 \sqrt{\left(\frac{r}{(d * 1.2 * D) * (r + w)} \right)} \quad [s]$$

Con: r = larghezza aperture, d = spessore delle doghe, 1.2 = fattore correttivo, D = larghezza della cavità, w = larghezza delle doghe, $2160 = c/(2 * \pi)$, c = velocità del suono.

4.2 Progettazione del sistema di riascolto

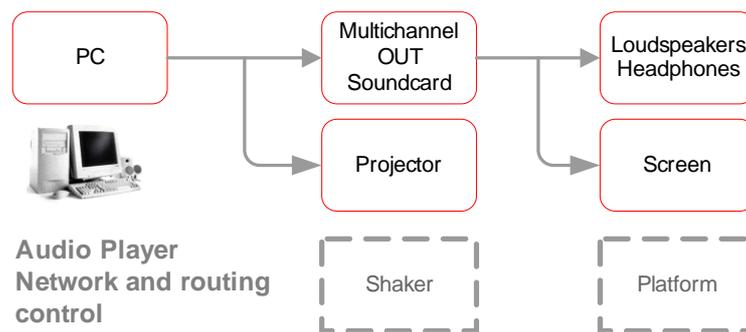


Figura 3: Sistema di controllo

L'evoluzione dei sistemi informatici e la nascita di software in grado di implementare algoritmi DSP complessi ha progressivamente segnato nel campo dell'acustica l'abbandono di piattaforme HW spostando l'attenzione verso soluzioni PC based. La

versatilità di tali soluzioni, la potenziale scalabilità infinita del sistema, limitata unicamente dalla potenza di calcolo della Workstation di controllo, l'integrazione completa di tutti i processi di acquisizione, equalizzazione, processamento del segnale in un unico strumento presentano una serie estesa di vantaggi:

1. Riduzione al minimo dei tempi di configurazione, settaggio, calibrazione del sistema. Tutte le procedure risultano integrate in un unico sistema.
2. Costi ridotti di acquisto ed espansione. Attraverso un unico PC, una scheda audio multicanale e una serie di plug-in software sviluppati secondo lo standard VST è possibile ad oggi realizzare processamenti di segnale molto complessi a costi limitati ed effettuare espansioni rapide e finanziariamente vantaggiose.
3. Complessità del sistema. L'utilizzo di applicativi software permette lo sviluppo di "cablaggi virtuali" in cui ciascun segnale viene analizzato, equalizzato, processato un numero infinito di volte. La complessità dei network sviluppati è quindi decisamente superiore a quella ottenibile con soluzioni hardware.
4. Controllo del campo sonoro. Compatibilmente con quelli che sono i limiti imposti dalla propagazione in ambienti chiusi, la risposta acustica in ciascuna postazione di ascolto può essere ottimizzata attraverso procedure di equalizzazione realizzate ad hoc. Questo permette di garantire il rispetto delle specifiche.

5 Realizzazione della sala



Figura 4: inizio lavori.



Figura 5: realizzazione controsoffitto



Figura 6: parete di risonatori frontale



Figura 7: Sala terminata

6 Caratterizzazione della sala

In seguito alla realizzazione della sala SONIA, sono state effettuate una serie di misure di collaudo del sistema. Vengono di seguito riportati i risultati ottenuti.

6.1 Misura del tempo di riverbero

Le specifiche imposte sul tempo di riverbero prevedono il rispetto degli standard ITU-EBU, i quali prescrivono in funzione delle dimensioni della sala, un valore medio T_m ottimale e due curve limite (una massima e una minima) all'interno delle quali devono ricadere le curve di decadimento. Tale valore è determinato dalla formula:

$$(2) \quad T_m = 0.25 \left(\frac{V}{V_{ref}} \right)^{1/3} \quad [s]$$

Il tempo T_m corrisponde al tempo di riverbero medio calcolato fra i 200Hz e i 4KHz. La costante V_{ref} è pari a 100m³. Valutando le dimensioni effettive della sala si ottiene una volumetria di circa 65m³ (misurati dalla parete di diffusori); il tempo di riverbero ottimale rispetto al quale verificare la risposta della sala è quindi pari a $T_m = 0.22s$. La maschera delle curve limite risulta definita partendo dal tempo medio T_m individuando una curva limite inferiore e superiore. Le misure del tempo di riverbero sono state effettuate utilizzando, quali sorgenti sonore, direttamente il sistema di altoparlanti installato in sala. La generazione del segnale e l'elaborazione delle acquisizioni sono state implementate attraverso i plug-in Aurora hostati all'interno di Adobe Audition. La tecnica utilizzata è basata sulla misura della risposta all'impulso ovvero della funzione di trasferimento impulsiva fra sorgente e ricevitore. Nel caso in esame sono state valutate 6 diverse sorgenti sonore e 2 punti di ascolto. Partendo dall'impulso ed applicando ad esso l'integrale di Schroeder, si ottiene l'andamento energetico nel tempo della risposta dell'ambiente. Di seguito vengono riportate tutte le misure effettuate e i relativi decadimenti. In grassetto, con tratto più evidente, viene riportata la media. Come si nota la curva di risposta rientra perfettamente nelle specifiche definite dagli standard ITU-EBU.

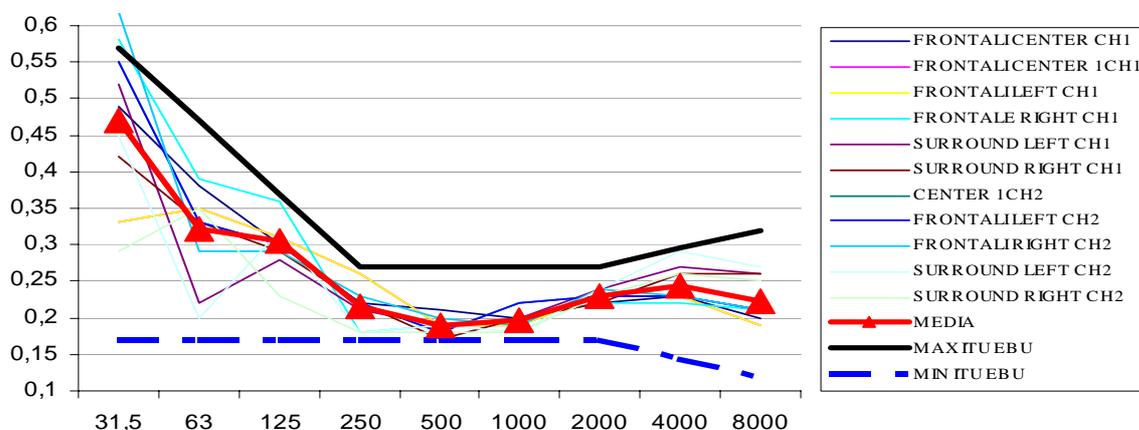


Figura 8: Tempo di riverbero ottenuto nella sala di riascolto

6.2 Misura della risposta in frequenza del sistema

Va evidenziato come l'equalizzazione della risposta acustica del sistema non possa essere effettuata rispetto ad un singolo punto di misura (attraverso un microfono singolo), ma attraverso un array di microfoni (nel caso in esame 4). Questo evita di equalizzare fenomeni puntuali della risposta acustica non percettibili dal sistema uditivo umano. Lo stesso cervello umano infatti determina la risposta complessiva di un sistema audio non su un unico punto (la posizione della testa durante gli ascolti non è fissata, ma sottoposta a continui movimenti nello spazio) ma dall'integrazione in diversi punti dello spazio. Ragionevolmente la risposta media percepita può essere ottenuta attraverso quattro microfoni posizionati in corrispondenza della postazione target, così come mostrato in figura.

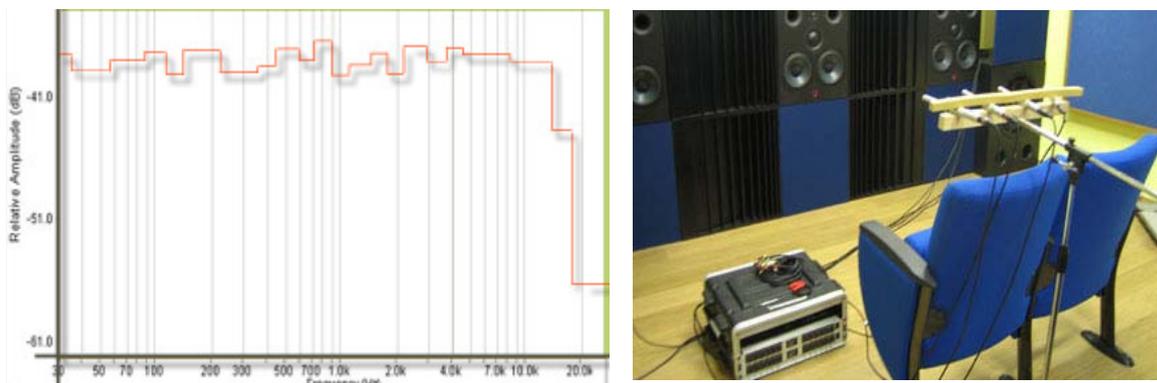


Figura 9: configurazione di misura e collaudo

6.3 Misura del rumore di fondo

Le soluzioni impiantistiche e costruttive utilizzate hanno permesso di contenere il rumore di fondo al di sotto della curva NR10 a condizionatore spento e NR15 a condizionatore acceso. Le misure del rumore di fondo sono state effettuate nella sala acustica in corrispondenza del punto di ascolto ottimale frontale utilizzando un fonometro integratore Larson&Davis 824.

7 Utilizzi della sala SONIA

Nei paragrafi seguenti sono riportati alcuni esempi di utilizzo della sala SONIA, scelti tra le varie attività già citate nel paragrafo 2.

7.1 Riascolti di giuria

Come già detto i riascolti di giuria sono fondamentali per molte scelte, anche con risvolti economici notevoli. L'importanza delle persone invitate è stata una delle ragioni principali per la richiesta di forte contenuto estetico della sala stessa, che a priori poteva sembrare inutile per valutazioni stile "blind test".

I membri delle giurie selezionate, a differenza di quelli delle prove estese su una popolazione statisticamente rappresentativa della clientela, sono persone scelte per la loro conoscenza del prodotto e per le loro capacità di valutazione acustica dei fenomeni e del disturbo in ottica cliente.

I test comparativi tra diversi allestimenti, o diversi modelli di veicolo, vengono perlopiù effettuati facendo ascoltare coppie, o gruppi di tre segnali, da classificare e com-

mentare, prima di vederne i valori oggettivi e le analisi relative e di conoscerne l'attribuzione (veicolo, allestimento ...). Sono spesso necessarie diverse fasi di discussione e riascolto.

7.2 Scelta del rumore motore

Una delle applicazioni della sala è il riascolto del rumore del motore. Mediante appositi software quali Artemis ed il modulo Sound Diagnosis di LMS Test.Lab, si possono eseguire riascolti del rumore del motore, acquisiti sia dall'interno della vettura che dall'esterno, opportunamente filtrati per mettere in risalto particolari tonalità e confrontare differenti allestimenti o versioni. E' altresì possibile riascoltare separatamente le armoniche principali del motore, al fine di eseguire confronti orientati particolarmente alla timbrica del motore stesso.

7.3 Riascolto scricchiolii, rumori porta

Altra applicazione della sala, è il riascolto di fenomeni quali il rumore generato dalla chiusura o dall'apertura delle porte di un veicolo.

Il riascolto in sala consente di paragonare in tempi brevissimi il rumore di apertura/chiusura di porte di differenti vetture o della medesima vettura con allestimenti differenti (serrature, guarnizioni...) e apprezzarne la differente timbrica anche nell'ottica della selezione di quella giudicata qualitativamente migliore.

Altre applicazioni possono trovare luogo all'interno della sala quali l'analisi psicoacustica delle tracce di rumore, o la sintesi acustica di nuovi rumori, dimostrando quindi l'effettiva importanza dei sistemi di riascolto.

8 Conclusioni

Nel presente lavoro sono state presentate in sintesi scelte tecniche adottate per la realizzazione della sala di ascolto SONIA, realizzata presso il complesso Mirafiori di FIAT AUTO a Torino. Una serie di applicazioni attualmente in essere all'interno della sala sono state brevemente introdotte.

9 Bibliografia

- [1] D. Cabrera, A. Azzali, A. Capra, A. Farina, P. Martignon - Perceived room size and source distance in five simulated concert auditoria - Twelfth International Congress on Sound and Vibration, Lisbon, 11-14 July 2005
- [2] A. Azzali, D. Cabrera, A. Capra, A. Farina, P. Martignon - Reproduction of Auditorium Spatial Impression with Binaural and Stereophonic Sound Systems - 118th AES Convention, Barcelona, 28-31 May 2005
- [3] B. B. Bauer, "Stereophonic earphones and binaural loudspeakers," J. Audio Eng. Soc., vol. 9, pp. 148-151, 1961.
- [4] M. R. Schroeder and B. S. Atal, "Computer simulation of sound transmission in rooms," IEEE Int. Conv. Rec. 7, pp. 150-155, 1963.
- [5] M. R. Schroeder, D. Gottlob, and K. F. Siebrasse, "Comparative study of European concert halls: correlation of subjective preference with geometric and acoustic parameters," Journal of the Acoustical Society of America, vol. 56, no. 4, pp. 1195-1201, 1974.