

JBL PROGETTO EVEREST:

La stabilità dell'immagine stereo

La localizzazione spaziale delle sorgenti acustiche

I meccanismi che governano la decodifica degli eventi sonori percepiti dalle nostre orecchie in stimoli corticali che rappresentano l'impressione del suono percepita dal cervello umano non sono ancora del tutto conosciuti. Si conoscono però con sicurezza alcu-

Le nuove JBL 55000 sono il risultato del progetto Everest, avviato dalla ditta americana per risolvere un problema annoso della riproduzione hi-fi: l'instabilità dell'immagine stereofonica al variare della posizione dell'ascoltatore.

ne nozioni fondamentali. La localizzazione spaziale di una sorgente sonora dipende da due fattori principali: lo sfasamento tra il suono ricevuto dall'orecchio destro e quello sinistro e la differenza tra i due livelli. Più precisamente al di sotto dei 700 Hz prevale il meccanismo di rivelazione di fase, mentre sopra i 2.000 Hz prevale il meccanismo legato alla percezione della differenza di livello tra orecchio destro e sinistro. È possibile rappre-



Vista frontale di un diffusore JBL Everest. Si notino gli altoparlanti disassati e l'asimmetria della tromba dei medio-acuti.

sentare la percezione di ciascun orecchio con un vettore il cui angolo di rotazione rispetto all'asse orizzontale rappresenta la fase del segnale ricevuto (più il vettore ruota in senso orario maggiore è il ritardo) e la sua lunghezza ne rappresenta invece l'intensità. Come si vede in figura 1, se l'ascoltatore è posto in asse rispetto alla sorgente sonora i due vettori destro e sinistro sono uguali. Se invece l'osservatore è spostato verso destra o sinistra i vettori L (Left cioè sinistro) e R (Right cioè destro) risultano differenti sia come fase che come intensità. La ricostruzione dell'immagine stereofonica tramite due altoparlanti si basa essenzialmente su questo principio e sul principio di scomposizione vettoriale della sorgente. Come si vede in figura 2 la sorgente virtuale al centro viene scomposta in due sorgenti reali la cui composizione vettoriale da però all'ascoltatore l'impressione di trovarsi comunque di fronte ad una sola sorgente frontale (si noti che, come in figura 1, i vettori somma R e L sono ancora identici per fase ed intensità). La figura 3 mostra come il principio di scomposizione si applichi anche al caso in cui la sorgente virtuale sia collocata lateralmente rispetto alla linea mediana tra i diffusori cosicché l'ascoltatore ha la sensazione effettiva che il suono provenga da una fonte alla sua destra.

Sorgenti sonore fuori asse

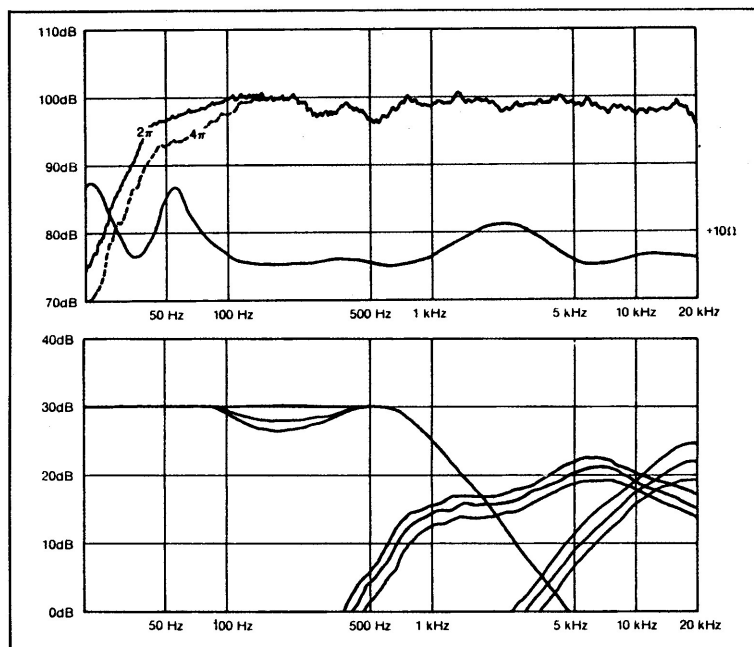
Tutto va bene finché l'ascoltatore è collocato in un punto equidistante dai due diffusori. In caso contrario la situazione si complica enormemente: in figura 4 è mostrato un esempio tipico. Quello che si ottiene è una cancellazione di alcune particolari frequenze (differenti per ciascun orecchio) a causa della variazione nei rapporti di fase dei segnali ricevuti dalle due orecchie dell'ascoltatore. Questo genere di responso viene definito dai tecnici *a pettine* a sottolineare il fatto che la risposta in frequenza viene tagliata a fettine più o meno sottili dal fenomeno di cancellazione selettiva provocato dal disassamento dell'ascoltatore. Il fenomeno è particolarmente influente per le frequenze al di sotto dei 700 Hz, dove la localizzazione spaziale è affidata in toto alle differenze di fase tra i segnali acustici che giungono alle due orecchie e dove i livelli relativi non risultano essere significativi. È quindi impossibile, allo stato attuale delle conoscenze, porre rimedio al problema dello sfasamento introdotto dall'ascolto fuori asse per frequenze inferiori ai fatidici 700 Hz. Al crescere della frequenza però, il *pettine* del segnale percepito si fa più *denso* mentre la localizzazione spaziale della

sorgente viene per la più parte determinata dai rapporti d'ampiezza tra i segnali R ed L.

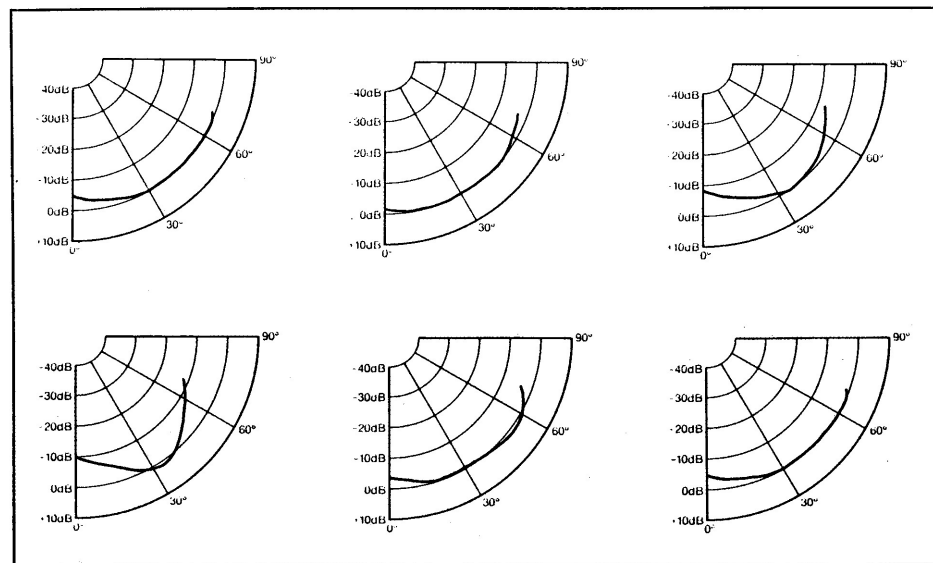
Il Progetto Everest

I tecnici della JBL, ben consci di questo fatto, hanno dato il via al Progetto Everest; la costruzione di un diffusore, anzi di una copia di diffusori, capaci di mantenere inalterata la prospettiva sonora anche con una disposizione con le casse non equidistanti dall'ascoltatore. Per ottenere un simile risultato non è sufficiente modificare le caratteristiche di direttività dei vari altoparlanti in modo da

compensare l'attenuazione d'ampiezza causata dalla maggior distanza dell'ascoltatore da uno dei due diffusori; è anche necessario tenere conto di un fenomeno psicoacustico conosciuto sotto il nome di *Effetto Haas* o *Effetto di Precedenza*. In pratica quando due diffusori emettono un qualsiasi suono, anche se alle orecchie dell'ascoltatore giungono le stesse intensità sonore per ciascuna delle due casse, quella più vicina sembrerà comunque suonare più forte. È tuttavia possibile compensare questo effetto semplicemente aumentando l'ampiezza del segnale che giunge in ritardo (quello cioè del diffusore più lon-



Le risposte delle JBL in camera anecoica (4 π) ed in ambiente (2 π) evidenziano l'ottimizzazione del progetto. Senza particolari problemi anche il modulo dell'impedenza. In basso si evincono le correnti di uscita al crossover con le variazioni permesse dagli attenuatori.

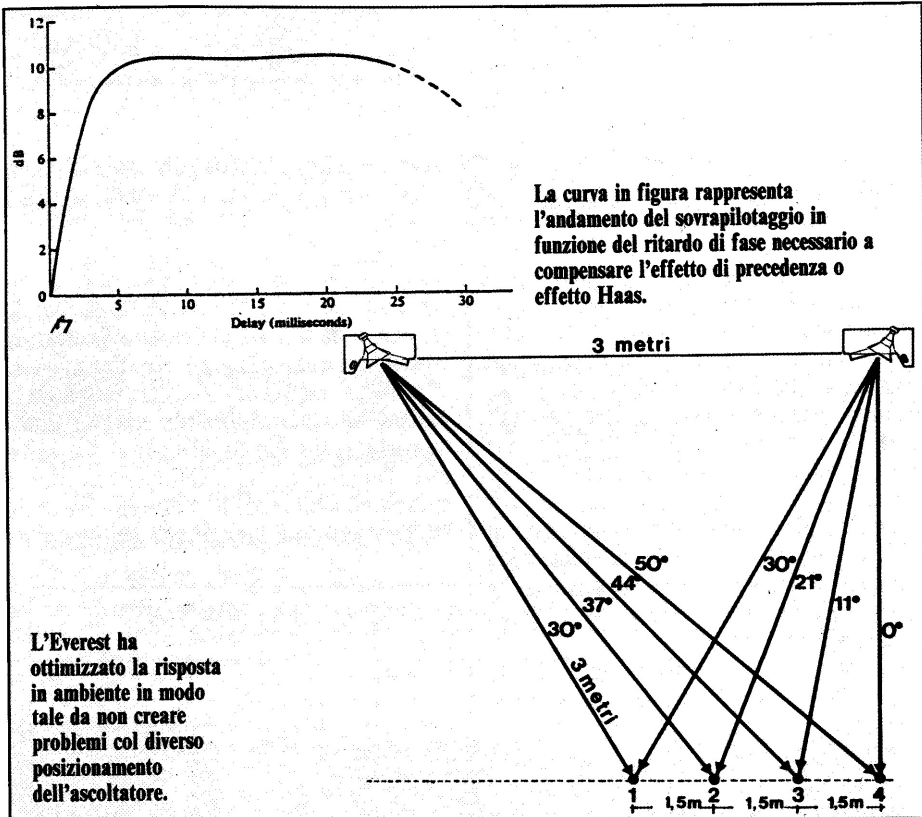


Variazione della risposta polare di una cassa DD 55000 al variare della frequenza.

tano). La corrispondenza tra l'entità del ritardo e la quantità di *sovrapiotaggio* necessaria ad annullare l'effetto Haas non è certo lineare. In figura 5 è mostrata la curva di corrispondenza ottenuta in modo sperimentale su un campione statistico di ascoltatori. Gli studi compiuti presso la JBL hanno dimostrato poi che tale curva di compensazione risulta tanto più efficace quanto più si sale in frequenza, ottenendo i risultati migliori al di sopra dei 4 kHz.

**Le JBL DD 55000,
diffusori a costanza d'immagine**

Gli studi teorici non potevano che condurre a risultati concreti: la costruzione delle JBL DD 55000 che rappresentano il coronamento del Progetto Everest. Si tratta di diffusori tre vie, naturalmente asimmetrici (esiste una cassa rigorosamente di sinistra ed una rigorosamente di destra) in cui i pattern di emissione dei singoli altoparlanti sono stati elaborati in modo da ottenere la compensazione dell'effetto Haas e del ritardo di fase dovuto al disassamento del punto di ascolto. Gli altoparlanti dei bassi e dei medi sono angolati di 30 gradi verso l'ascoltatore, mentre quello degli acuti è addirittura angolato di 60 gradi. Inoltre, mentre la caratteristica polare di emissione del woofer e del tweeter sono simmetriche rispetto all'asse di normalità della superficie di emissione, il pattern del midrange non è assolutamente simmetrico come visibile dalla figura 6, che mostra la vista frontale di una cassa del sistema Everest. Il risultato sono le risposte polari visualizzate nella figura 7, da A ad F, misurate alle frequenze di 500 Hz, 1, 2, 4, 8 e 16 kHz sul diffusore sinistro (naturalmente le curve del destro sono complementari). In figura 8 sono mostrate 4 posizioni di ascolto differenti. Nella tabella 1 sono invece riportati i valori di pressione acustica teorica necessaria ad equalizzare il disassamento senza tenere conto dell'effetto Haas (Inverse Soure Delta), la reale correzione apportata (Polar Delta) e l'entità della sovracompenrazione per l'effetto Haas per ciascuno dei quattro punti considerati in figura 8. Se si fanno un po' di conti e si confronta la sovracompenrazione introdotta dalle JBL con la curva teorica dell'effetto Haas di figura 5 si noterà che tale sovracorrezione è effettivamente applicata solo sopra i 4 kHz e raggiunge il valore teorico della curva di Haas solo a 16.000 Hz. Tale scelta progettuale della JBL è stata dettata da motivi empirici: durante lunghe ed attente sedute d'ascolto è stato ritenuto che la soluzione migliore fosse quella di aumentare gradatamente la sovracompenrazione al crescere della frequenza.



La curva in figura rappresenta l'andamento del sovrapiotaggio in funzione del ritardo di fase necessario a compensare l'effetto di precedenza o effetto Haas.

L'Everest ha ottimizzato la risposta in ambiente in modo tale da non creare problemi col diverso posizionamento dell'ascoltatore.

Freq.	POSITION 1			POSITION 2		
	Inverse SquareΔ	PolarΔ	Difference	Inverse SquareΔ	PolarΔ	Difference
500 Hz	0 dB	0 dB	0 dB	-1.5 dB	0 dB	-1.5 dB
1 kHz	0	0	0	»	0	-1.5 dB
2 kHz	0	0	0	»	+1	-0.5
4 kHz	0	0	0	»	+2.5	+0.5
8 kHz	0	0	0	»	+1	-0.5
16 kHz	0	0	0	»	+4	+2.5

Freq.	POSITION 3			POSITION 4		
	Inverse SquareΔ	PolarΔ	Difference	Inverse SquareΔ	PolarΔ	Difference
500 Hz	-2.7 dB	+0.5 dB	-2.2 dB	-3.7 dB	+1 dB	-2.7 dB
1 kHz	»	+1	-1.7	»	+2	-1.7
2 kHz	»	+4	+1.3	»	+5.5	+1.8
4 kHz	»	+5.5	+2.8	»	+6	+2.3
8 kHz	»	+4	+1.3	»	+7.5	+3.8
16 kHz	»	+9	+6.3	»	+14	+10.3

Nella tabella si possono notare le pressioni acustiche teoriche per compensare le variazioni dovute al disassamento del punto di ascolto (1, 2, 3 e 4) e quelle invece adottate nelle casse Everest per compensare l'effetto Haas.

Caratteristiche tecniche delle JBL 55000

Gli altoparlanti utilizzati nelle DD 55000 sono naturalmente stati appositamente sviluppati. Innanzitutto anche se fin qui li abbiamo definiti woofer, midrange e tweeter in realtà la situazione risulta essere un po' diversa. Il woofer è infatti tagliato a 850 Hz, e fino qui nulla di strano. Ciò che è strano è invece la frequenza di taglio superiore del midrange: abbiamo infatti una frequenza di cross over di 7.500 Hz così che il midrange è da considerarsi in realtà quasi un mid-tweeter ed il trasduttore degli acuti un super-tweeter. La pendenza del taglio tra i vari altoparlanti è di

12 dB/oct. Due parole vanno spese sul midrange e sul tweeter. Il primo è un modello a tromba con diaframma in titanio. La forma asimmetrica della tromba stessa permette di ottenere la particolare risposta polare richiesta dal sistema Everest. Il trasduttore degli acuti è invece un radiatore ad anello con fessura di uscita verticale. Tenendo conto delle applicazioni allo stato dell'arte alle quali verranno dedicate le nuove JBL è stato fatto di tutto per renderle adatte ad accettare segnali ad amplissima dinamica come quelli generati dalle sorgenti digitali. L'efficienza è stata infatti portata a ben 100 dB mantenendo tuttavia la risposta in bassa frequenza lineare fino a 40 Hz.