

Vertical Line Array: una moda o attuale Stato dell'arte nel Sound Reinforcement?

PARTE III

Nel numero scorso ho brevemente ricordato i tipici "layout" secondo i quali vengono utilizzati i VLA. Cominciamo ad analizzare il comportamento di ognuna delle configurazioni citate.

La prima si riferisce al VLA diritto "Straight Vertical Line Array".

Rispetto a questa esistono innumerevoli qualificate pubblicazioni in quanto essa è sostanzialmente la configurazione dalla quale tutto quello che riguarda i VLA ha avuto inizio il secolo scorso.

Ovviamente le prestazioni di cui erano capaci le configurazioni in quel tempo, viste anche le esigenze di riproduzione sonora di allora, non sono quelle di cui sono capaci i moderni VLA, ma in ogni caso i principi costruttivi applicati sono gli stessi, eccezion fatta per alcuni "dettagli" che ai giorni nostri ne hanno consentito un proficuo impiego nel Sound Reinforcement d'alto livello; "dettagli" dovuti o quantomeno ispirati all'idea che Heil ebbe alla fine degli anni '80 quando brevettò in Francia la sua ormai famosa guida d'onda "DOSC" (1).

Fino a quel momento, infatti, i VLA presenti sul mercato erano sistemi a larghezza di banda limitata. Si comportavano esattamente come previsto dalla teoria della sorgente sonora lineare, ma solamente fino ad una data frequenza, dipendente dalla dimensione delle singole sorgenti sovrapposte.

In altre parole la distanza tra un altoparlante e l'altro determinavano, ed anche oggi determinano, la più alta frequenza alla quale si realizza il tanto vantaggioso "coupling" proprio dei VLA e quindi la banda passante del sistema.

Furono fatti molti tentativi per superare questa limitazione, alcuni brillanti, come i sistemi VLA a più vie con altoparlanti via via più piccoli e quindi con "step" via via più piccolo per realizzare il "coupling" sino alle frequenze più elevate dello spettro audio, ma nessuno di questi sistemi per quanto a larga banda fosse sarebbe mai potuto essere utilizzato in sonorizzazioni ad alto livello sonoro.

Eppure alcune di queste realizzazioni erano concettualmente molto simili alle realizzazioni d'oggi. Si veda ad esempio, FIG.1, quella del praghese **Tomas Salava**, che ho citato nel primo articolo di questa serie, nella quale, oltre all'applicazione delle tecniche multivia per ottenere il miglior accoppiamento tra altoparlanti nella loro banda di funzionamento, oggi ben più semplici da realizzare con la multiamplificazione, veniva impiegato, per la prima volta credo, un dispositivo genericamente denominato "lente acustica" accoppiato ad una tromba per le frequenze alte allo scopo di aumentarne la direttività, riducendone la curvatura del fronte sonoro emergente. Osservando il disegno, Fig. 1 che riporto qui sotto per comodità, si vede che la bocca della tromba è uno "slot" (fessura) rettangolare, stretto sul piano orizzontale in modo da avere la più ampia dispersione orizzontalmente e ben più alto per ottenere una maggiore direttività sul piano verticale. Se si fa una proporzione con l'altezza dell'intera colonna, ben 2 metri, lo "slot" è alto circa 20 cm e largo circa 3 cm, misure che ben si conciliano con le lunghezze d'onda della banda di frequenze che il dispositivo doveva rendere direttive.

Lo scopo era di ottenere una direttività simile a quella ottenuta in gamma media per l'accoppiamento di numerosi altoparlanti, ed in gamma bassa ottenuta distanziando opportunamente i due altoparlanti più grossi. Il **Salava** non si accorse però che tale idea poteva essere molto meglio sfruttata se, anziché limitarsi a progettare una "colonnina sonora" direttiva a larga banda, avesse intuito che tale "colonnina" poteva costituire l'elemento base o modulo di un moderno VLA, purché ridisegnata opportunamente con sviluppo orizzontale e con un dispositivo per le frequenze alte anche più direttivo di quello realizzato attraverso l'impiego di una lente acustica.

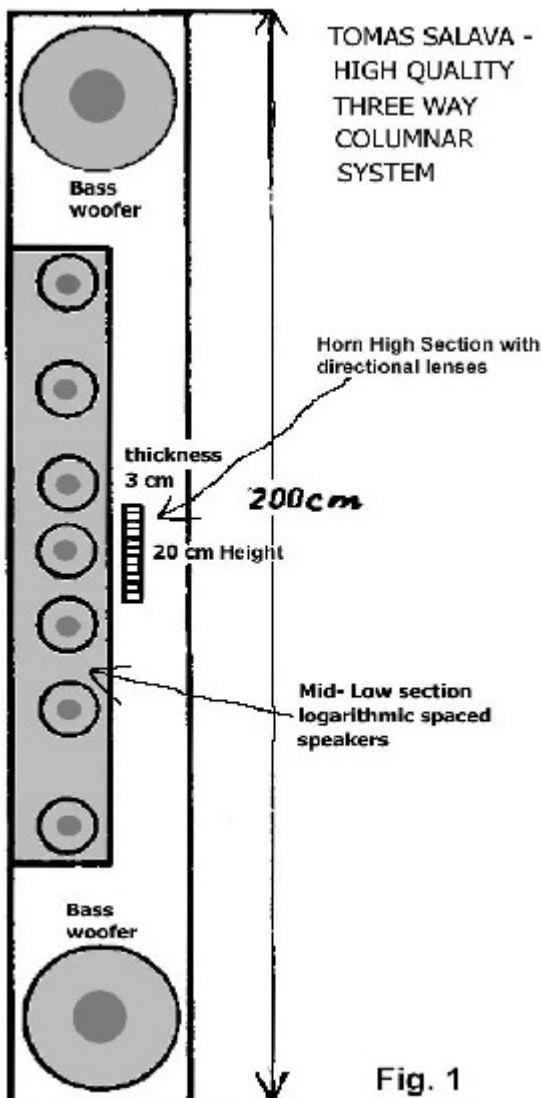
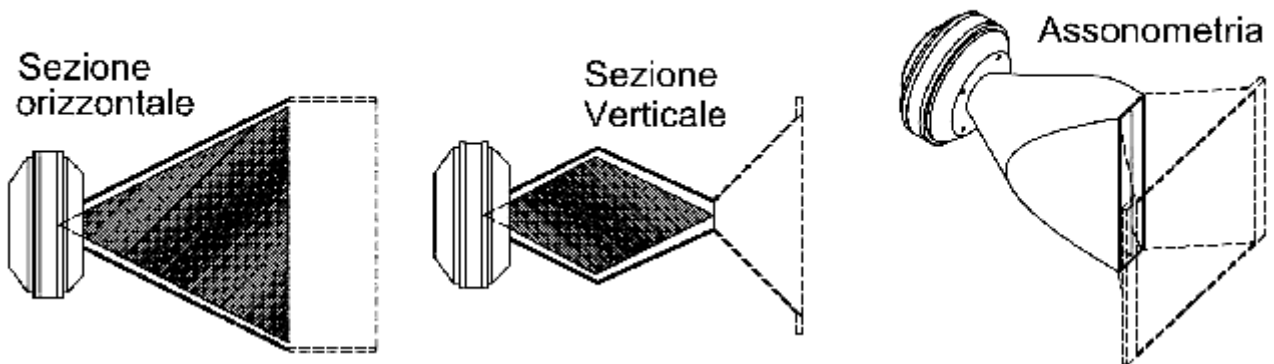


Fig. 1

Quest'idea invece venne a Heil il quale, avendo ben presente l'impossibilità pratica di accoppiare altoparlanti di circa 21 mm diametro per ottenere "coupling" sino a 16 kHz, e

l'impossibilità di utilizzare le trombe tradizionali per via delle dimensioni proibitive necessarie ad ottenere un'onda sonora in sostanza piana alla bocca d'uscita, realizzò un dispositivo per riprodurre le alte frequenze che io definirei **"trasformatore di forma d'onda"** (1) con il quale ottenne la necessaria direttività verticale per la realizzazione di un modulo o elemento di **VLA** da accoppiare in multiplo senza interferenze distruttive. Fig. 2

Fig.2 - Rappresentazione schematica **"Trasformatore di HEIL"**



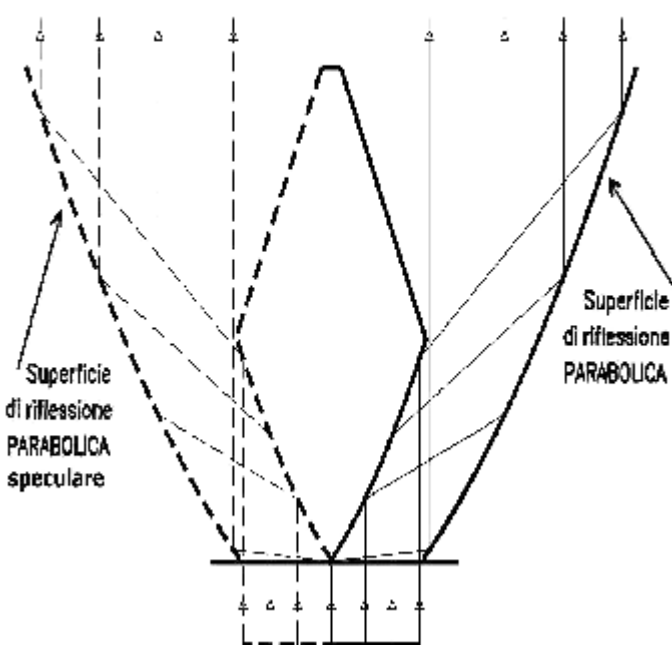
In altre parole poiché non era possibile evitare tali interferenze alle frequenze alte accoppiando altoparlanti realmente utilizzabili in sistemi d'elevate prestazioni, la soluzione al problema consistette nell'ottenere a tali frequenze una direttività, molto simile a quella di un'onda piana, in modo che, tra un elemento e l'altro del **VLA** non si potesse creare interferenza proprio per la mancanza di sovrapposizione e quindi d'accoppiamento (in questo caso solo deleterio) delle emissioni sonore.

In sintesi i moderni **VLA**, se realizzati correttamente, funzionano sino ad una certa frequenza (determinata dalle dimensioni dei componenti e dalla distanza tra i loro centri acustici) in accordo con la teoria classica secondo il principio del mutuo accoppiamento; da quella frequenza in poi secondo il principio opposto, della mancanza quasi totale d'accoppiamento. Questo comportamento è facile intuire, determina alcune problematiche di non semplice soluzione, che ogni fabbricante ha affrontato con realizzazioni diverse non sempre tutte egualmente efficaci, nella progettazione, nel disegno e dal punto di vista costruttivo.

Non è certo mia intenzione né tanto meno compito mio descrivere le diverse soluzioni adottate e dissertare sulla loro validità. Ma poiché lo scopo annunciato di questi articoli è quello di far comprendere "in soldoni" vantaggi e limiti dei **VLA**, l'unica cosa che posso fare seriamente per indirizzare il lettore ad orientarsi nella babele dei modelli offerti sul mercato e di quelli che si annunciano sempre più numerosi, consiste nel divulgare alcune esperienze dirette di progettista di tali sistemi.

Per farlo impiegherò un **CAD** acustico scritto in Outline e tagliato su misura per **VLA**, nella fattispecie per il modello **Butterfly** (2), che si avvale di una particolare unità per alte frequenze denominata **D.P.R.W.G.** (3), anch'essa progettata per impiego nei **VLA**. In Fig. 3 è illustrato graficamente il principio sul quale tale dispositivo è basato.

Fig.3



Il programma utilizza per le previsioni l'analisi numerica con il calcolo **"Phasor Summation"** della pressione sonora incluso quindi, proprio perché si tiene conto delle relazioni di fase, il calcolo delle interferenze tra gli elementi del **VLA** o di più **VLA** in simulazione.

Il calcolo si basa sui dati reali misurati sul singolo elemento in tre dimensioni, i cosiddetti **"balloon"** e quindi i risultati forniti sono certamente attendibili e ripetibili, pur essendo affetti da un certo errore (contenuto in verità), introdotto dagli algoritmi utilizzati, che sono stati "costruiti" tenendo presente la potenza del tipo di computer mediamente utilizzato dai possibili fruitori del programma.

In altre parole si fanno calcoli con una data approssimazione allo scopo di velocizzare l'elaborazione dei dati da parte del computer; del resto un programma che deve essere di supporto immediato per la messa in opera "on site" di un sistema **VLA** non può elaborare i dati in diversi minuti od ore come di solito avviene in **CAD** acustici architettonici capaci di maggiore precisione e allo stesso tempo di maggiore lentezza perché basati sull'utilizzo per le simulazioni del cosiddetto **"ray tracing"**.

Per non essere tacciato di conflitto d'interesse perché utilizzo da esempio un prodotto Outline (anche se credo ne appare chiaro a tutti l'ovvia necessità), ho pensato di normalizzare le misure in modo che non sia possibile fare paragoni con altri prodotti e che non sia possibile, attraverso le simulazioni ottenute impiegando il prodotto citato, capirne le prestazioni quantitative.

In altre parole, poiché al fine di dimostrare il comportamento che caratterizza univocamente un reale **VLA** rispetto a qualunque altro diverso tipo di sistema, tra tutti quelli diffusi nel campo della sonorizzazione, ciò che conta maggiormente è conoscerne la direttività verticale alle alte frequenze, si è mantenuta la sola caratteristica che possa determinarla, la risposta "**polare tridimensionale**", mentre si è eliminata l'informazione sul livello SPL attraverso la normalizzazione delle misure reali (una sorta d'equalizzazione virtuale che altera la curva di risposta in asse al sistema in modo da renderla perfettamente piatta, "**flat**").

In altre parole, rendendo piatta la risposta in asse, cioè normalizzando il singolo elemento, che poi in multiplo verrà utilizzato per le varie simulazioni, si è mantenuta integra la sola caratteristica di direttività tridimensionale. Questo rende irriconoscibile il sistema dalla risposta in asse che è piatta, quindi con lo stesso valore SPL per tutte le bande di terzi d'ottava, ma al tempo stesso non distrugge i dati che contano per la comprensione del funzionamento di un reale **VLA**.

Inoltre, come riferimento necessario per valutare le simulazioni fornite, soprattutto per chi non è addentro alla questione, ho deciso di presentare i risultati grafici affiancandoli con quelli ottenuti in identiche condizioni acustiche e geometriche, impiegando un elemento per la formazione di **VLA** con caratteristiche dimensionali e di risposta in asse eguali, ma diverso solo nella risposta angolare che è omnidirezionale.

In questo modo per ogni "situazione" simulata ci saranno due rappresentazioni grafiche affiancate, una ottenuta a partire da un elemento per **VLA** teorico di determinate dimensioni, al quale è attribuita una risposta sull'asse piatta ed un certo valore SPL ed una risposta polare tridimensionale perfettamente omnidirezionale, l'altra ottenuta a partire da un elemento per **VLA reale**, con le stesse dimensioni, la stessa piatta risposta in asse, ottenuta per normalizzazione della vera risposta, lo stesso valore SPL, ma con direttività tridimensionale diversa, determinata dalla componentistica impiegata e dalla sue caratteristiche dimensionali.

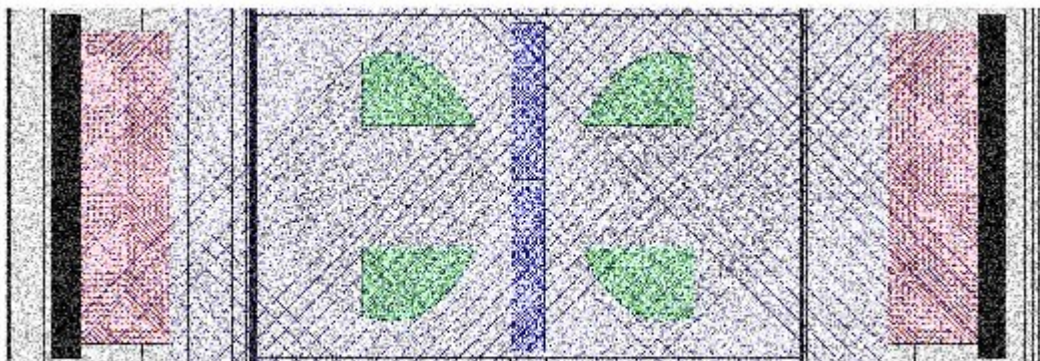
Forse mi sono dilungato un po' troppo su queste ultime precisazioni ma, come si avrà modo di vedere nel seguito, la comprensione del comportamento dei **VLA**, e quindi della validità del loro impiego nel Sound Reinforcement professionale, è basata innanzi tutto ed essenzialmente sulla valutazione dell'attitudine d'ogni elemento modulare utilizzato nella loro formazione ad accoppiarsi in multiplo vantaggiosamente e virtualmente senza interferenze distruttive sino alle frequenze più alte della banda audio.

Prima di passare alle immagini delle simulazioni, ricordo le principali dimensioni dell'elemento citato in modo che, chi ha seguito dal primo articolo, sia in grado, se ne ha voglia, di fare i propri calcoli di verifica circa le scelte dimensionali, utilizzando le poche necessarie formule già riportate. L'ingombro frontale di Butterfly è di 70 cm in larghezza e di 24 cm in altezza.

La superficie radiante corrispondente al frontale è occupata da una grande guida d'onda con pareti a 90° nelle quali sono affacciati e caricati acusticamente gli elementi attivi per la riproduzione delle frequenze medie e medio-basse, quest'ultime riprodotte anche dalle superfici radianti contigue alla guida d'onda, mentre al vertice è affacciato lo slot d'emissione della **D.P.R.W.G.** che riproduce le frequenze alte con direttività accentuata sul piano verticale e determinata sul piano orizzontale dalle pareti a 90° della stessa guida d'onda.

Il disegno è tale, vedi schema di **Fig. 4**, che tutta la superficie frontale, (corrispondente all'area tratteggiata) è sostanzialmente superficie attiva con un fattore di radiazione, ARF, di oltre il 90% e con uno Step tra centri acustici dei componenti attivi di circa 12 cm per la guida d'onda delle alte frequenze, il cui particolare disegno presenta due slot da 11 cm sovrapposti, mentre analogo è lo Step tra i due altoparlanti della gamma medio bassa che si affacciano anch'essi nella guida d'onda principale attraverso un particolare dispositivo rifasatore. Per concludere lo Step verticale (distanza tra due elementi di **VLA**) degli altoparlanti che riproducono le frequenze più basse sino a circa 400 Hz, attraverso l'emissione proveniente da due grandi fessure poste lateralmente alla guida d'onda principale, è di soli 24 cm, corrispondendo all'altezza stessa dell'elemento.

Fig. 4 -Butterfly High Pack C.D.H. 483



ARF = > 90% (Area della bocca della guida d'onda per le frequenze medio alte + area delle aperture di emissione delle frequenze medio basse).

I dati dimensionali del disegno riportato sono quindi stati introdotti nel CAD acustico citato in modo che il calcolo previsionale tenga conto delle dimensioni e della forma dell'elemento di [VLA](#) dal punto di vista geometrico.

A tale elemento, come ho spiegato più sopra è stato associato in una prima simulazione il "balloon" di una sorgente omnidirezionale perfetta, e successivamente il "balloon" di Butterfly ricavato da misure reali tridimensionali in Full Space. Entrambe le sorgenti sono state normalizzate per 100 dB SPL a 10 metri di distanza dal microfono.

A questo punto non resta che confrontare le simulazioni ottenute a cominciare dal singolo elemento.

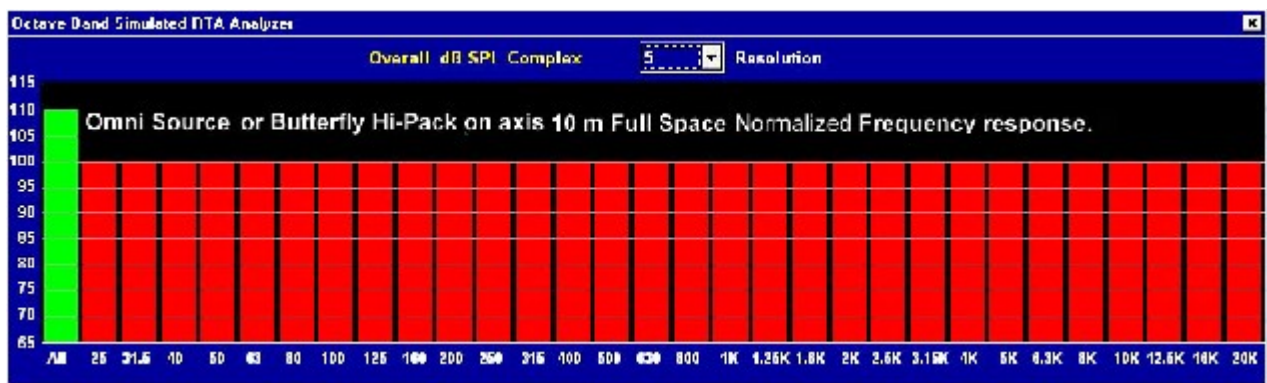
Rimane ancora un dettaglio da definire. Poiché non posso certo dilungarmi nella rappresentazione delle simulazioni per tutti i centri banda a terzi d'ottava contenuti nello spettro udibile, ho scelto di fornire le simulazioni per due frequenze di centro banda significative ad evidenziare il comportamento alle alte frequenze di un elemento non adatto alla formazione di [VLA](#) a larga banda, la sorgente omnidirezionale, e di un elemento che invece è stato progettato per essere il più possibile adatto, proprio in virtù della spiccata direttività verticale ottenuta alle alte frequenze con l'impiego del dispositivo **D.P.R.W.G.**

Le frequenze sono **4kHz e 8kHz**.

Il grafico che segue quindi in Fig. 5 riguarda la risposta a terzi d'ottava sia della sorgente omnidirezionale sia, normalizzata sull'asse, del Butterfly Hi-Pack alla distanza di 10 metri in Full Space.

Ovviamente il grafico evidenzia che essendo la risposta dell'Hi-Pack normalizzata la sua curva è piatta a tutte le frequenze così com'è piatta quella di una sorgente omnidirezionale che per sua caratteristica non necessita d'alcuna normalizzazione essendo piatta a tutte le frequenze e per qualunque angolo di misura.

Fig. 5



Osserviamo ora le simulazioni che seguono.

La prima, Fig. 6, si riferisce alla risposta della sorgente omnidirezionale alle frequenze scelte 4 e 8 kHz (in questo caso sono rappresentate da un solo grafico perché come ho spiegato in un sorgente omnidirezionale sono eguali) la cui emissione è rappresentata su un piano di 24x24 metri che la interseca a 10 metri di distanza. Come si può notare dai colori nel grafico che formano anelli concentrici, la risposta polare tridimensionale della sorgente appare perfettamente sferica; il livello che è 100 dB SPL nel punto perpendicolare all'asse d'emissione, si attenua verso l'esterno in modo progressivo, 1dB SPL per ogni anello concentrico (vedi anche i valori numerici indicati), per via della maggiore distanza dei punti sul piano non perpendicolari alla sorgente stessa.

Nelle immagini 7 ed 8 invece, riferite al Butterfly Hi-Pack rappresentato nelle stesse condizioni appena descritte, rispettivamente alla frequenza di centro banda di 4 kHz e di 8 kHz appare in tutta evidenza che questo elemento, quanto a dimensione non tanto grande, possiede invece una grande direttività alle frequenze alte, com'è necessario per la formazione di [VLA](#) a larga banda secondo la teoria classica e la riformulazione di Heil.

Il livello SPL al di fuori dell'area centrale rosso/verde, i valori lo evidenziano, mostra una rapida caduta fuori dall'asse d'emissione, soprattutto sul piano verticale e anche i lobi secondari di maggiore energia, colore azzurro, sono ad un livello inferiore di 15 o più dB rispetto al valore in asse.

Questo risultato è piuttosto significativo perché già si presenta ad una frequenza corrispondente ad una lunghezza d'onda non proprio piccola in rapporto alle dimensioni della guida d'onda che, nel piano verticale, è di soli 24 cm.

Infatti, nell'immagine di Fig. 8 appare molto più evidente come il dispositivo per la riproduzione delle frequenze alte in quest'elemento di [VLA](#) possieda una direttività spiccata sul piano verticale, più spinta di quanto non suggerisca la sua dimensione.

Questo comportamento lascia pensare che utilizzando un tale elemento in multiplo sovrapposto con altre unità si potrà ottenere una dispersione omogenea sul piano verticale con la formazione di lobi secondari che non influenzeranno l'emissione sonora nella direzione d'ascolto tanto che se né possa notare la presenza.

Nei prossimi articoli, continuando con queste simulazioni, verificheremo a confronto il comportamento di un elemento per [VLA](#) che impiega una tromba di tipo tradizionale per le frequenze alte, per poi continuare con simulazioni di sistemi composti da più elementi.

Fig. 6

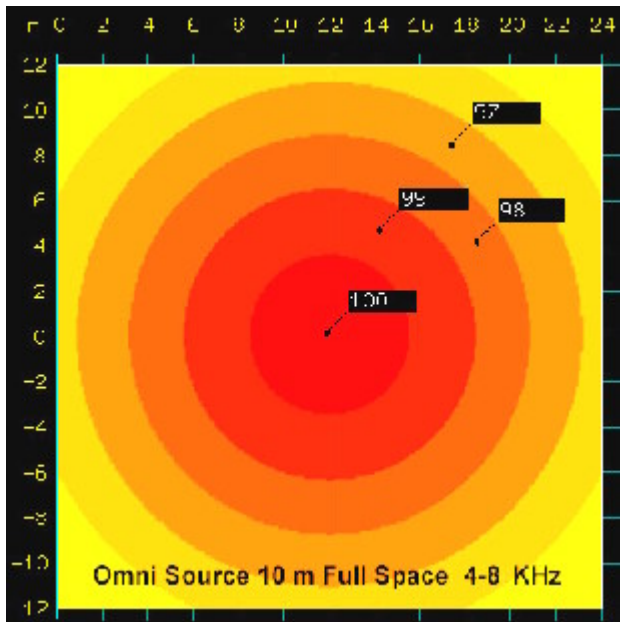


Fig. 7

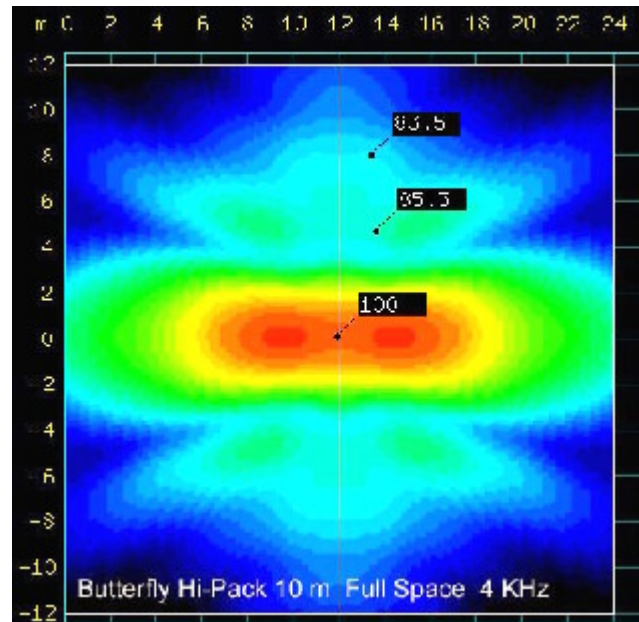
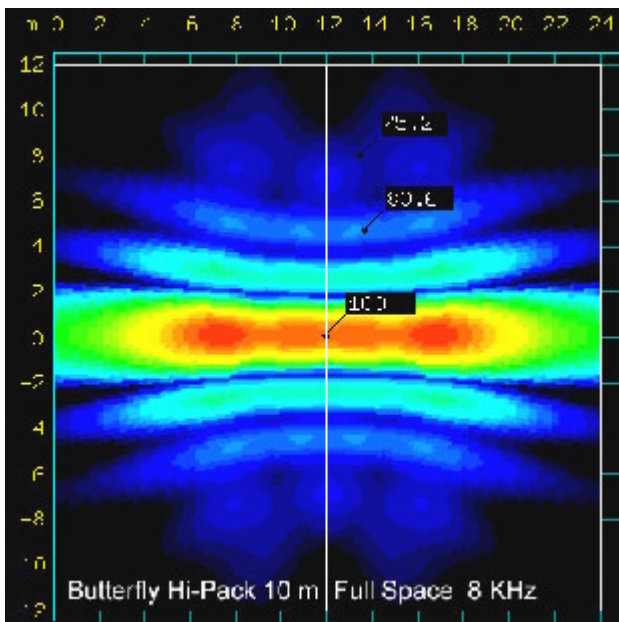


Fig. 8



- 1) Heil, Patent FR 2627886
- 2) Noselli, Patent Pending - BS 2002 O 000020 e DM/ 062394 (WIPO) e U.S. - Protocollo provvisorio n° 70804
- 3) Noselli, Patent Pending - BS 2002 A 000063 e PCT/ IT 03/ 00123