

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

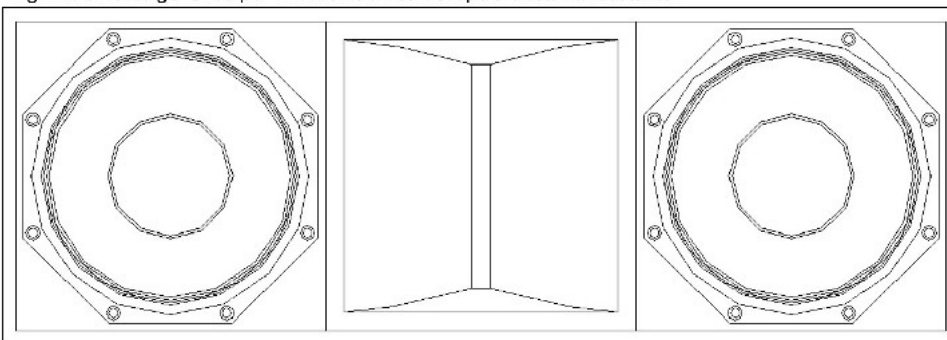
PARTE IV

Come annunciato nello scorso articolo continuiamo con le simulazioni d'elementi per VLA ricorrendo alla teoria solo quando necessario.

Nelle immagini qui sotto sono rappresentati due dei tanti disegni presi in considerazione nella fase di studio di Butterfly, aventi in pratica le stesse dimensioni frontali e lo stesso numero di vie. La diversità è però sostanziale; infatti, a parte la differenza che si nota nella geometria attinente al posizionamento degli altoparlanti che riproducono la prima via sino alla frequenza di crossover con il componente per le alte frequenze, al centro dei disegni citati, è alloggiata una vera e propria tromba di tipo tradizionale, cosiddetta a "direttività costante", pilotata da un solo driver a compressione con gola da 36mm, progettata per ottenere 90° di dispersione sul piano orizzontale e una spiccata direttività sul piano verticale, 15°; valori che determinano le dimensioni in profondità ed in larghezza del box. Quest'ultima nota può essere verificata osservando, più avanti, i diversi disegni schematici.

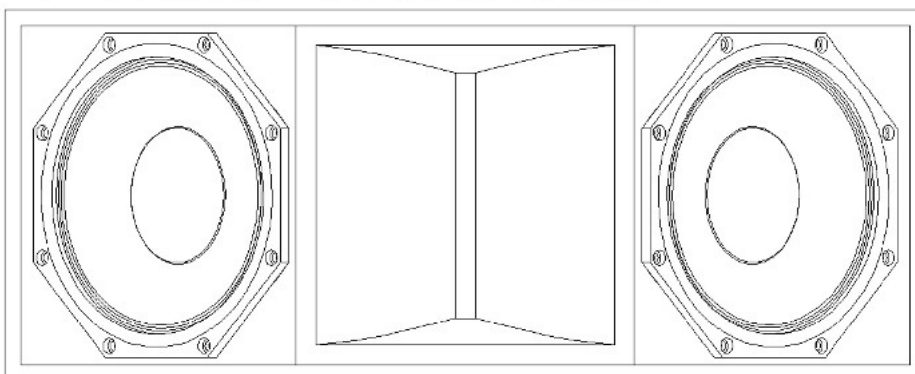
Ai lati della tromba sono alloggiati due classici altoparlanti da 8" montati a radiazione diretta **Fig. 1**. La dimensione di quest'ultimi consente, infatti, buone prestazioni di pressione sonora e affidabilità, pur contenendo il più possibile l'altezza del box, quindi lo step massimo tra gli elementi, in questo caso 25 cm, e in una certa misura contenendo le dimensioni anche nel piano orizzontale, eventualmente adottando la tecnica d'inclinare in avanti o all'indietro gli altoparlanti, come nella variante della **Fig. 2**, allo scopo di avvicinare il più possibile i loro centri acustici e facilitare la scelta della frequenza d'incrocio con la tromba. Guardando i disegni qualcuno non farà fatica a riconoscere un look familiare, perché diversi VLA in commercio presentano caratteristiche dimensionali ed estetiche simili. Anzi il "look" ricorda molto da vicino numerosi altri sistemi del decennio passato che erano definiti in configurazione di d'Appolito o MTM (**M**id, **T**weeter, **M**id) utilizzata in orizzontale. Chi scrive ne ha realizzato alcuni tipi di dimensioni diverse e prestazioni diverse già dalla fine degli anni 80; essi differivano principalmente dai modelli del giorno d'oggi, che adottano analoghe tipologie di trombe, per le funzionalità meccaniche piuttosto che per le prestazioni acustiche.

Fig. 1 Elemento generico per VLA con tromba del tipo a direttività costante.



ARF => 80% (Area della bocca della guida d'onda delle alte frequenze + area occupata dagli altoparlanti per la gamma bassa e media).

Fig. 2 - Elemento generico di VLA con tromba del tipo a direttività costante.



ARF => 80% (Area della bocca della guida d'onda per le alte frequenze + area occupata dagli altoparlanti per la gamma bassa e media).

Infatti, oggi, numerosi line array sebbene non realizzati in aderenza alla teoria rivisitata da Heil e Urban, sono però costruiti, dal punto di vista meccanico, con tutti quegli accorgimenti che ne facilitano l'impiego in un utilizzo mobile e, proprio per questa ragione, ne facilitano la diffusione sul mercato, pur non avendo comportamenti dal punto di vista acustico del tutto ortodossi rispetto all'impiego che n'è fatto, (comportamenti propri invece delle vere sorgenti sonore lineari o meglio dei VLA ben progettati), in particolar modo per quanto attiene alle frequenze più alte.

In realtà l'impiego di una sorgente sonora lineare, molto diffuso nel campo dello "Speech Reinforcement" con le classiche "colonnine sonore", nel Sound Reinforcement per i concerti Live o in ogni caso per eventi che coinvolgono grandi aree da sonorizzare, non si realizza probabilmente mai al 100%, siccome è sempre necessario curvare il VLA con uno dei metodi già descritti in un articolo precedente, in modo da sonorizzare una vasta area che si estende da pochi metri oltre il palcoscenico

a diverse decine di metri in profondità, con il risultato che solo una parte degli elementi nell'array è effettivamente posizionata secondo teoria. Per questa ragione è necessario che l'elemento da utilizzare in multiplo in un VLA impieghi una sezione alti che si presti ad una configurazione diversa dalla classica linea di suono diritta.

Vedremo più avanti quale dovrebbe essere la sezione alti corretta, dopo aver visto le simulazioni riguardanti la tromba di Fig. 1 e 2. Le frequenze sono le solite, 4000 Hz e 8000 Hz.

La distanza di misura è 10 metri, le condizioni di simulazione sono le medesime. Il confronto avviene come ho già ricordato con la sorgente sonora omnidirezionale normalizzata avente le stesse dimensioni frontali, ma soprattutto con i grafici normalizzati di Butterfly alle stesse frequenze, così come già sono stati presentati nell'articolo precedente.

Fig. 3

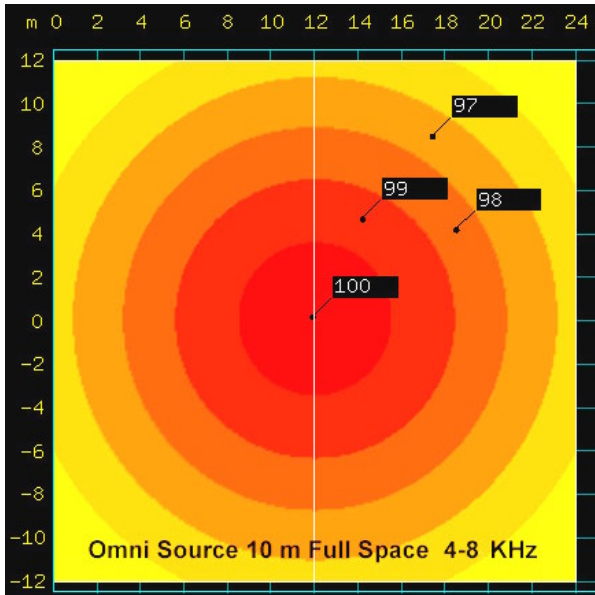


Fig. 4

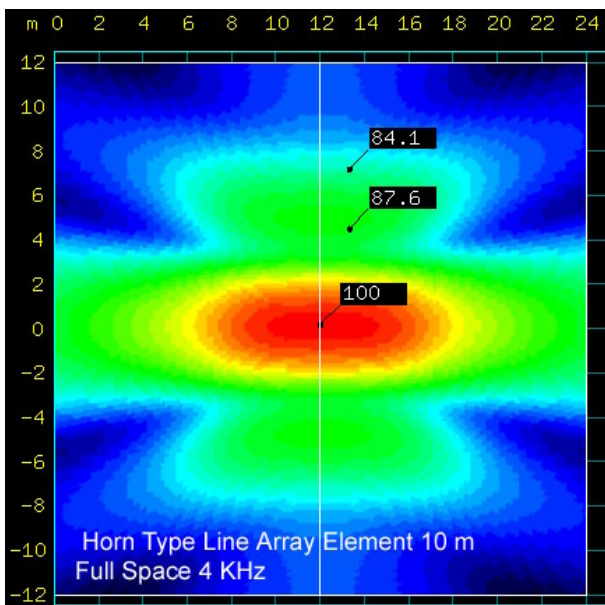
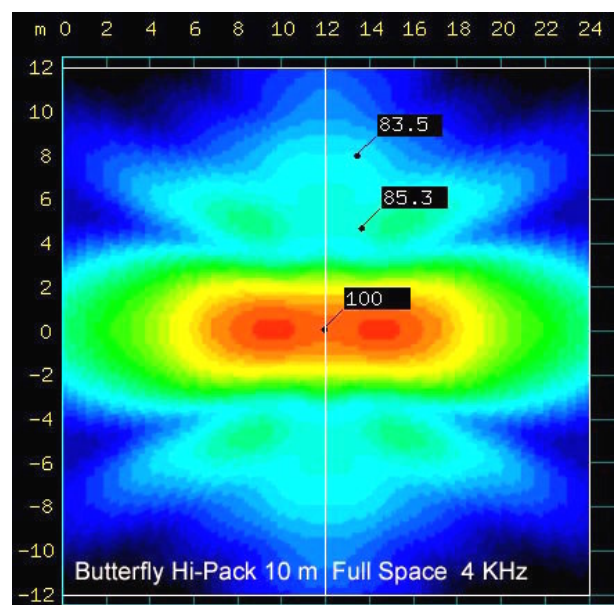


Fig. 5



Analizzando la Fig. 4 e la Fig. 5 appare evidente che, nonostante i livelli presi in posizioni pressoché identiche abbiano valori che tra loro non si discostano molto, i lobi secondari della risposta a 4 kHz sul piano verticale dell'elemento che adotta una tromba, comunque molto direttiva, hanno una dimensione grande se comparata al lobo principale rappresentato dalla zona di massima intensità di colore rosso, ed anche il loro livello è più sostenuto se si confronta con quello nella simulazione in Fig. 5. Inoltre è anche evidente sul piano orizzontale, dopo il "beaming" in asse che la forma della zona colorata in rosso mostra la tendenza a contenere meno la dispersione rispetto a quanto appare invece nel grafico della Fig. 5 a confronto, nonostante la dispersione di entrambi gli elementi sia nominalmente la stessa.

Questo significa che la tromba possiede una più ampia direttività sul piano verticale rispetto al dispositivo per alte frequenze adottato nell'altro elemento.

Ma se a 4 kHz il risultato appare ancora non a sfavore della tromba, i grafici ad 8 kHz qui sotto, evidenziano quanto una direttività troppo ampia sul piano verticale la renda non particolarmente adatta all'utilizzo nei moderni VLA, dove la dispersione verticale alle frequenze alte, quelle frequenze alle quali come abbiamo visto più volte non è possibile realizzare il coupling per questioni fisiche, deve essere il più possibile di tipo "cilindrico" o meglio deve realizzarsi opportunamente in modo tale che i lobi secondari non raggiungano livelli tali da provocare interferenze distruttive tra un elemento e l'altro dell'array.

Fig. 6

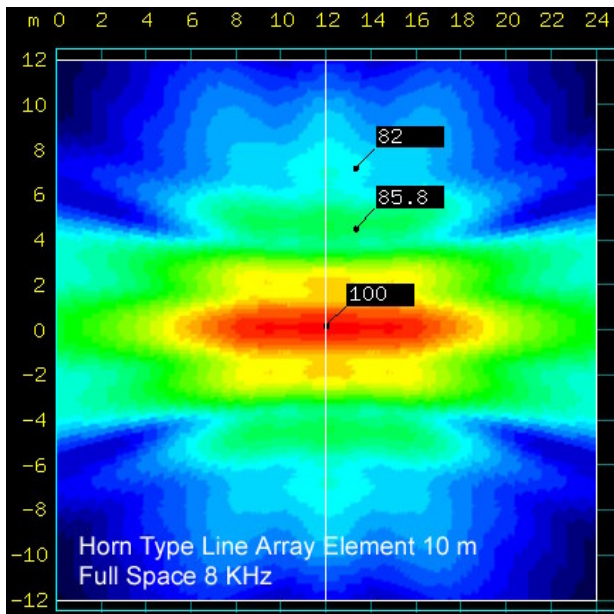
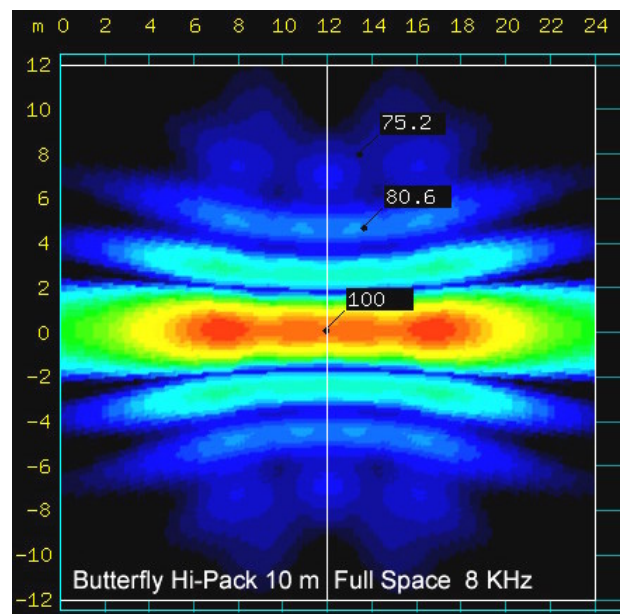


Fig. 7



Ad 8 kHz nell'elemento che impiega una tromba per le alte frequenze, infatti, Fig. 6, i lobi secondari verticali evidenziano un livello molto alto rispetto a quanto è visibile nel grafico di Fig. 7.

Questo avviene perché in una tromba con bocca di medie dimensioni come quella rappresentata in Fig.1 e 2, il suono non si propaga per onde piane (come vorrebbe la teoria per le sorgenti lineari) o in ogni modo con curvatura molto contenuta alla bocca, come invece suggerisce Heil nel solito articolo citato più volte, ma secondo l'angolo solido d'emissione, per il quale la tromba è stata progettata.

Inoltre il fronte d'onda emergente da una tromba è determinato dal suo angolo totale d'apertura per tutte le frequenze delle quali, per dimensioni fisiche, è in grado di controllare la direttività. Il controllo di direttività si realizza pienamente quando la bocca ha una dimensione doppia della frequenza più bassa che deve controllare. Nel caso di una tromba con bocca di circa 25 cm, come quella rappresentata nei disegni, il controllo della direttività si attua per frequenze da circa 2750 Hz a salire. Quindi il comportamento della tromba a 4 kHz e a 8 kHz dal punto di vista della dispersione, sia verticale sia orizzontale, tende a mantenersi lo stesso per entrambe le frequenze; in altre parole la direttività a tali frequenze si mantiene secondo gli angoli di dispersione della tromba. Il comportamento più adatto, invece, di un dispositivo teorico per VLA è paragonabile a quello di una membrana piatta la cui emissione avviene per onde piane virtualmente cilindriche e un angolo orizzontale determinato dalle pareti della tromba o genericamente guida d'onda che carica la membrana. Questa condizione, o meglio una condizione un poco diversa, come vedremo più avanti, è la sola che non affligge la riproduzione con i deleteri effetti dell'interferenza tra elementi disposti in una linea di suono di qualunque tipo, sia essa diritta, curvata o la combinazione delle due.

In altre parole l'elemento più adatto per l'impiego in VLA alle alte frequenze non deve favorire la formazione di lobi secondari (che non spariscono comunque in nessun dispositivo reale atto a riprodurre il suono) tali che raggiungano un livello mai inferiore a 10 dB di differenza rispetto al livello dell'emissione principale.

A dire il vero, secondo la teoria (e le misure), una membrana piatta è affetta dall'emissione di lobi secondari meno d'ogni altro dispositivo che riproduca le alte frequenze; il loro livello è sempre inferiore di circa 13 dB rispetto al lobo principale.

Quindi poiché appare ovvio che qualunque dispositivo teorico per riprodurre al meglio le alte frequenze in un VLA senza interferenze dovrebbe avere un comportamento simile a quello che possiede una membrana piatta, parimenti il livello dei lobi secondari dovrebbe essere inferiore di 13 dB rispetto al lobo centrale?

Personalmente ho sperimentato che, se i lobi secondari alle alte frequenze hanno un livello anche di soli 10 dB inferiore al lobo principale, la loro influenza sul risultato finale è quasi trascurabile; anzi per certi aspetti questo comportamento, indice di direttività spiccata, ma non troppo spinta, consente vantaggiose angolazioni verticali tra gli elementi di un VLA, specialmente se costruito per sonorizzare audience di media profondità.

In altre parole poiché gli elementi vanno angolati tra loro in funzione della quantità e dell'angolo totale di copertura verticale necessario per una data sonorizzazione, un piccolo raggio di curvatura dell'emissione del singolo dispositivo per le alte frequenze sul piano verticale è meglio che si realizzi, se si vogliono evitare buchi di risposta tra un elemento e l'altro.

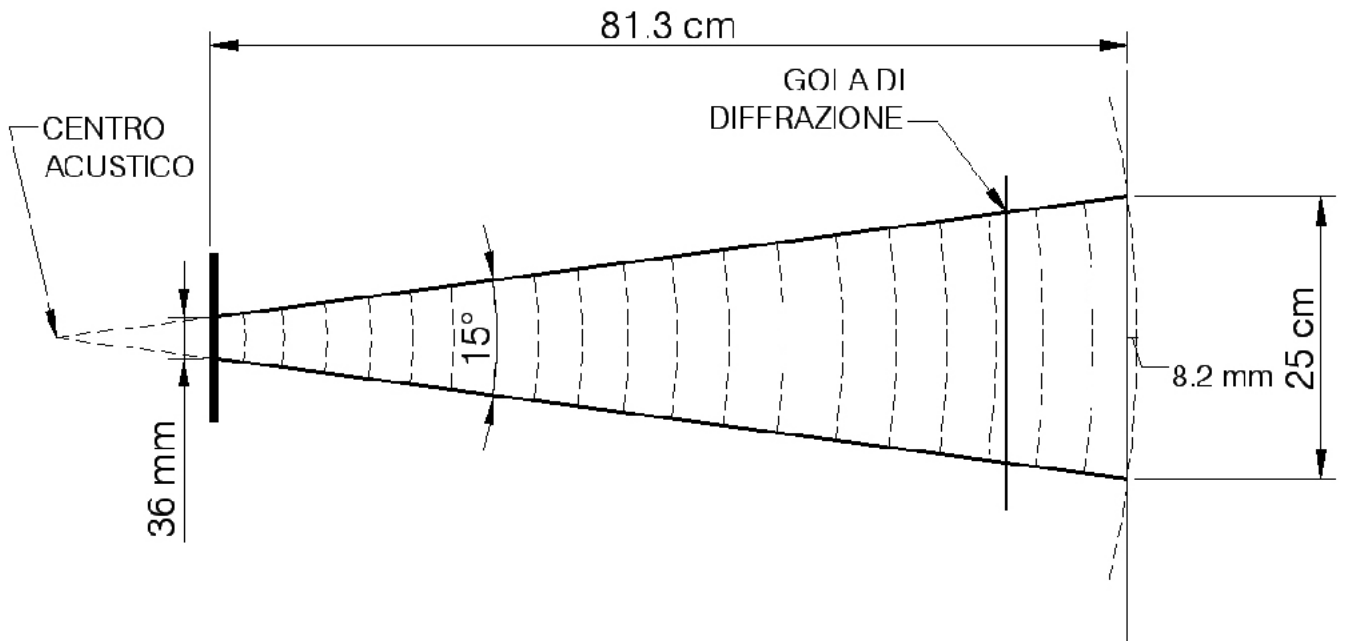
Del resto anche Heil nell'articolo più volte menzionato giunge alla conclusione che quando un'onda sonora si discosta dall'essere del tutto piana, di una quantità inferiore o uguale ad $\frac{1}{4}$ della lunghezza d'onda della frequenza più alta da riprodurre, si è sostanzialmente alla presenza di un'emissione che approssima di molto quella per onde piane vera e propria e si è in assenza quindi di lobi secondari troppo distruttivi.

Per un dispositivo che debba riprodurre sino a frequenze dell'ordine di 16 kHz, la curvatura del fronte d'onda emesso a tale frequenza non dovrà discostarsi più di 5mm rispetto all'onda piana.

Guarda caso da misure personalmente fatte in laboratorio i lobi secondari di un dispositivo che rispetti quanto sopra hanno un livello che sta sempre al di sotto di 10 dB rispetto al livello dell'emissione principale sino alle frequenze più alte e per qualunque angolo d'emissione, mentre in un dispositivo come quello indicato in Fig. 8 i lobi secondari risalgono a valori inferiori di soli 5/6 dB rispetto al livello del lobo principale per determinati angoli d'emissione.

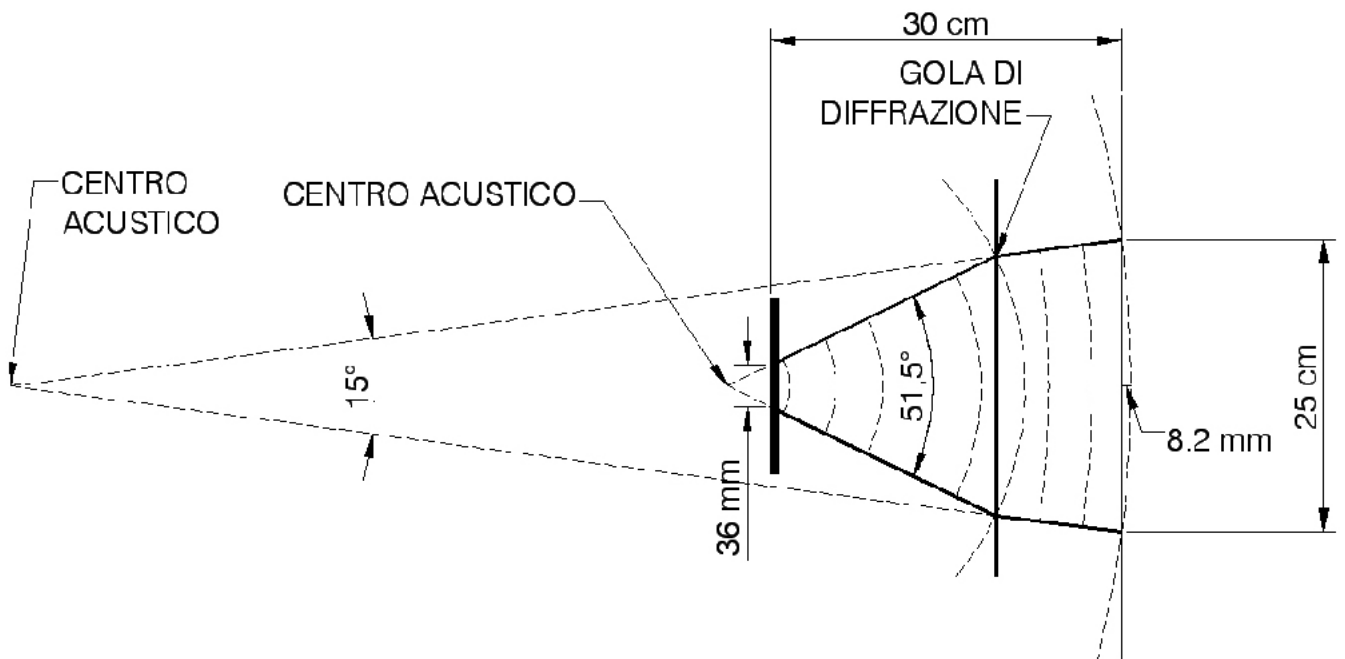
Analizziamo quindi alla luce di quanto sopra, nella Fig. 8, la sezione di una tromba a direttività costante, dunque conica, com'è presumibile sia impiegata negli elementi di Fig.1 e 2, assumendo che la bocca ha una dimensione verticale di 25 cm.

Fig. 8



Possiamo notare come dalla gola alla bocca, mantenendo un angolo d'apertura verticale di 15° da progetto, lo sviluppo della tromba è di oltre 81 cm e come, nonostante la notevole lunghezza, lo scostamento alla bocca tra la curvatura ed il piano supera abbondantemente i 5mm consentiti dando luogo ai problemi di lobi secondari troppo alti di livello più sopra descritti. Aggiungo inoltre che una tromba così lunga non è facilmente collocabile in un box di dimensioni contenute e per quanto mi risulta nessuno dei costruttori di VLA ha messo in commercio un box tanto profondo per una dispersione verticale di 15° . Infatti, ognuno ha adottato soluzioni diverse per contenere le dimensioni della tromba in profondità, anche se sostanzialmente quasi tutte sono basate su una tecnica simile. Vedi Fig. 9

Fig. 9



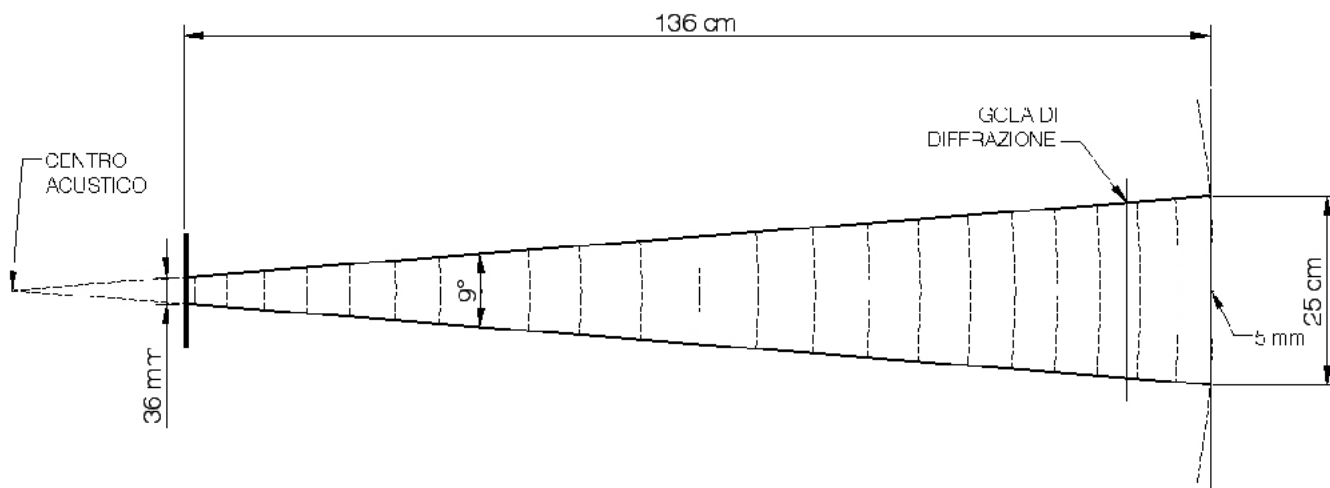
La tecnica consiste semplicemente nell'angolare le pareti della tromba dalla gola del driver alla gola di diffrazione con una rapidità tale da ottenere la profondità desiderata e quindi, dalla gola di diffrazione in poi, di aprirle dell'angolo di dispersione finale desiderato, in questo caso di 15° , in modo che sia rispettata la dimensione alla bocca.

Quest'operazione come appare dal disegno è molto semplice ma non indolore, anzi essa può alterare pesantemente la propagazione del suono all'interno della tromba, con danni gravi alla risposta in frequenza e aumento delle distorsioni, per via del disadattamento d'impedenza che avviene nella zona della gola di diffrazione, dalla quale emerge un fronte d'onda con angolo di curvatura elevato (51.5°) che si deve immediatamente ridurre ad un fronte d'onda con angolo di curvatura più contenuto (15°); questo, in sostanza, comporta anche una riduzione dell'espansione del volume d'aria contenuto dalle pareti della tromba che non rispetta più l'andamento necessario per una corretta conicità.

Ovviamente, anche per questo problema ci sono soluzioni di compromesso, che in parte lo risolvono, con dispositivi cosiddetti "rifasatori" da inserire opportunamente all'interno della tromba, ma non è certo questo il momento di parlarne per non correre il rischio di scrivere articoli sull'argomento per i prossimi 10 numeri della rivista. Quello però che mi preme far notare è che nonostante una realizzazione del genere complichino la vita al progettista e, vi garantisco, non poco, lo scostamento alla bocca tra la curvatura ed il piano supera comunque abbondantemente i 5mm consentiti.

Senza entrare in dettagli attinenti la progettazione delle trombe, questo ci fa capire che il problema non risiede nella lunghezza della tromba stessa, che n'è invece la conseguenza, ma semplicemente nella scelta dell'angolo di dispersione verticale in relazione all'apertura della bocca. Infatti, per ottenere uno scostamento di soli 5mm tra la curvatura ed il piano di una bocca da 25 cm d'ampiezza, l'angolo di dispersione della tromba è univoco e deve essere di 9° come appare nel disegno che segue.

Fig. 10



Qualcuno a questo punto, memore di qualche nozione di geometria imparata a scuola, potrebbe farmi notare che per risolvere il problema e rientrare nello scostamento massimo di 5mm tra piano di bocca e la curvatura del fronte d'onda d'emissione della tromba basterebbe accorciarla. **Verissimo!**

Costui dimentica, però, una questione forse più importante che è effetto di quest'accorciamento. Vedi Fig. 11.

La dimensione della bocca si riduce drasticamente mentre la lunghezza della tromba molto meno e le interferenze che prima si verificavano essenzialmente alle alte frequenze per via dei lobi secondari troppo alti di livello rispetto al lobo principale d'emissione, si spostano verso le frequenze medie con danni udibili ben più grandi, per via della riduzione rilevante che la diminuita dimensione della bocca provoca sul controllo della direttività (nel caso della bocca di circa 16 cm si realizza a partire da 4300 Hz). In altre parole riducendo la dimensione della bocca aumenta la diffrazione alle frequenze medie e quindi per risolvere un problema alle alte frequenze, se ne crea uno ben più grave e non risolvibile alle frequenze medie.

In conclusione per questa strada non se n' esce in modo brillante, ma, come già ho accennato più sopra, solo con complicati e spesso non del tutto efficaci dispositivi, aggiunti generalmente all'interno della tromba, è possibile ottenere qualche risultato. Ovviamente ci sono altri metodi per risolvere in modo più efficace questi problemi, ed alcuni costruttori hanno saputo trovarli ed applicarli creando dispositivi per la riproduzione delle alte frequenze ben più adatti all'impiego nei moderni VLA delle "semplici" trombe, ma poiché lo scopo di questi articoli è di far capire il funzionamento pratico dei VLA e non le differenze qualitative tra realizzazioni diverse, lascio al lettore scoprire quali sono quelli con i requisiti sufficienti per essere definiti tali. "Alla prossima".

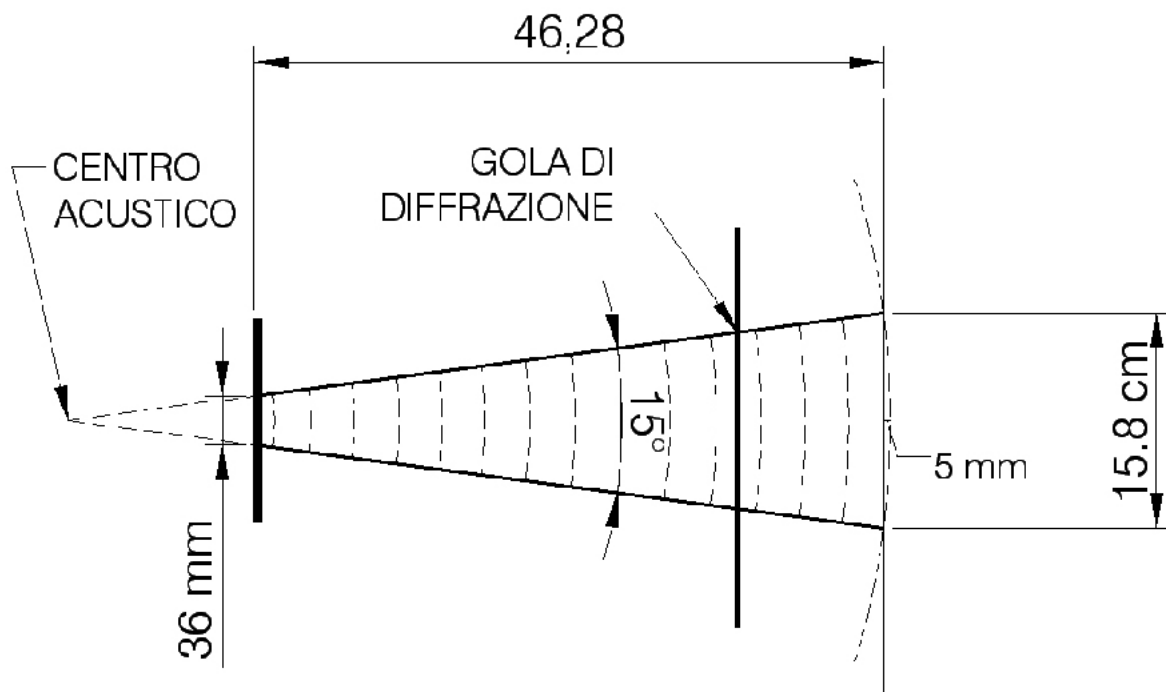


Fig. 11