

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

PARTE II

Dopo la "panoramica" del precedente articolo, molto materiale informativo e molti scritti potrebbero essere citati sull'argomento, soprattutto i numerosi "papers" presentati alle più recenti convention dell'AES, Audio Engineering Society, o pubblicati sullo JAES, Journal of Audio Engineering Society; ma poiché questi, certamente interessanti, non aggiungono nulla ai concetti che si possono trovare all'interno della bibliografia che già ho sin qui elencato, eviterò di farlo, con buona pace degli autori.

Tra quelli recenti, però devo invece citare e commentarne uno apparso nell'Ottobre 2003, sempre sull'AES Journal, dal titolo "**Fresnel Analog Applied to Loudspeaker Arrays**", scritto dagli ormai noti Marcel Urban, attuale direttore della ricerca al CNRS (Centro nazionale della Ricerca Scientifica in Francia), e Christian Heil CEO della L-Acoustics, ai quali si aggiunge Paul Bauman, anch'esso attuale responsabile tecnico della L-Acoustics.

L'articolo, del quale riprenderò parte dei contenuti in queste pagine ed anche, quando necessario, in quelle future, continua e conclude il lavoro presentato dai primi due autori nell'ormai lontano 1992; è quindi anch'esso, come quello che lo ha preceduto, molto importante per la comprensione del funzionamento dei **VLA** (Vertical Line Array).

L'importanza non deriva solo dalla completezza della trattazione in esso contenuta, ma dal fatto che i ricercatori citati, anziché applicare la solita nota analisi numerica al comportamento dei **VLA**, introducono, per la prima volta, l'analisi di Fresnel propria dell'ottica, facilitando grandemente la comprensione dei fenomeni connessi anche da parte di un lettore non preparato in profondità sulla materia, e, attraverso dimostrazioni ottenute con quest'approccio originale ed intuitivo, giungono alla definizione puntuale e all'elencazione completa dei criteri che definiscono regole e limiti per la realizzazione di **VLA** corretti dal punto di vista della minimizzazione dei fenomeni d'interferenza presenti in tali configurazioni e quindi vantaggiosamente utilizzabili nel Sound Reinforcement.

Per "corretti" intendo quelli, meccanicamente e fisicamente realizzabili, che, approssimando adeguatamente il comportamento teorico delle **sorgenti lineari** piatte da un lato, di quelle curvate o miste dall'altro, in una qualche misura si caratterizzano per una dispersione virtualmente cilindrica per le prime o cilindrica, più cilindrica curvata, per le seconde su tutto lo spettro audio, frequenze alte comprese. Vedi nelle prossime immagini vista laterale ed assonometrica con rappresentazione idealizzata dell'emissione sonora per onde cilindriche.

Fig. 1 - Vertical Line Array typical layouts

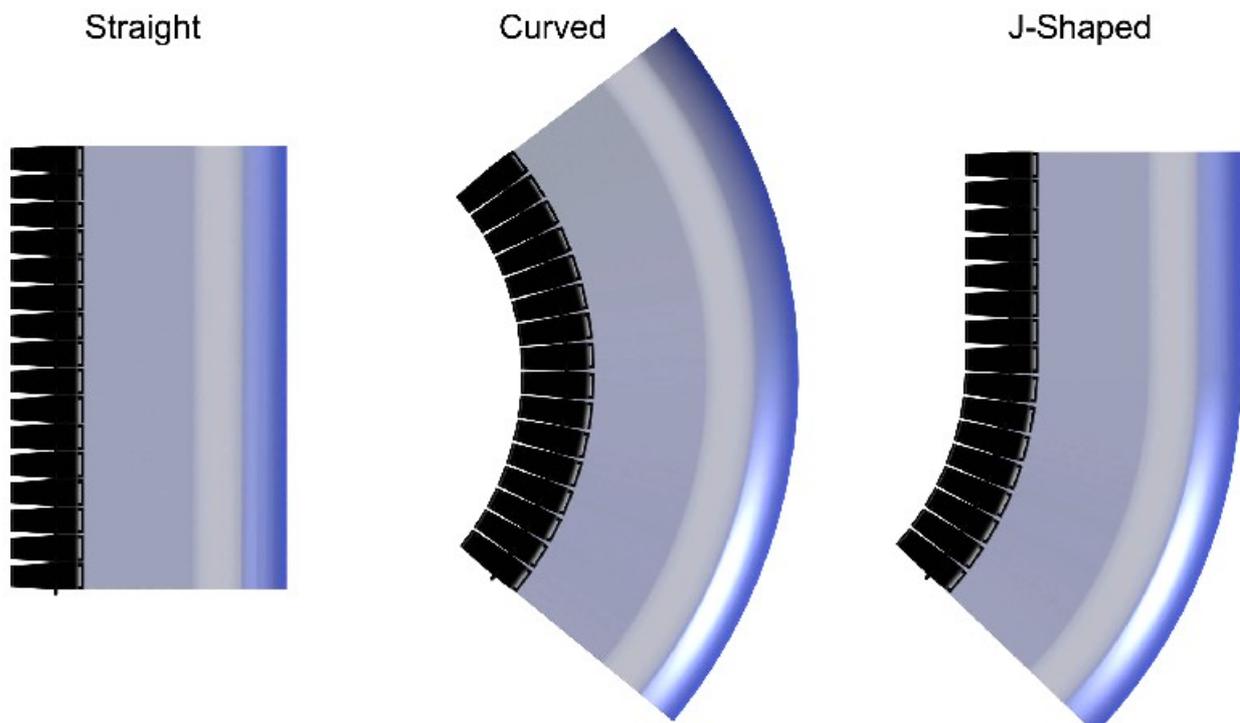
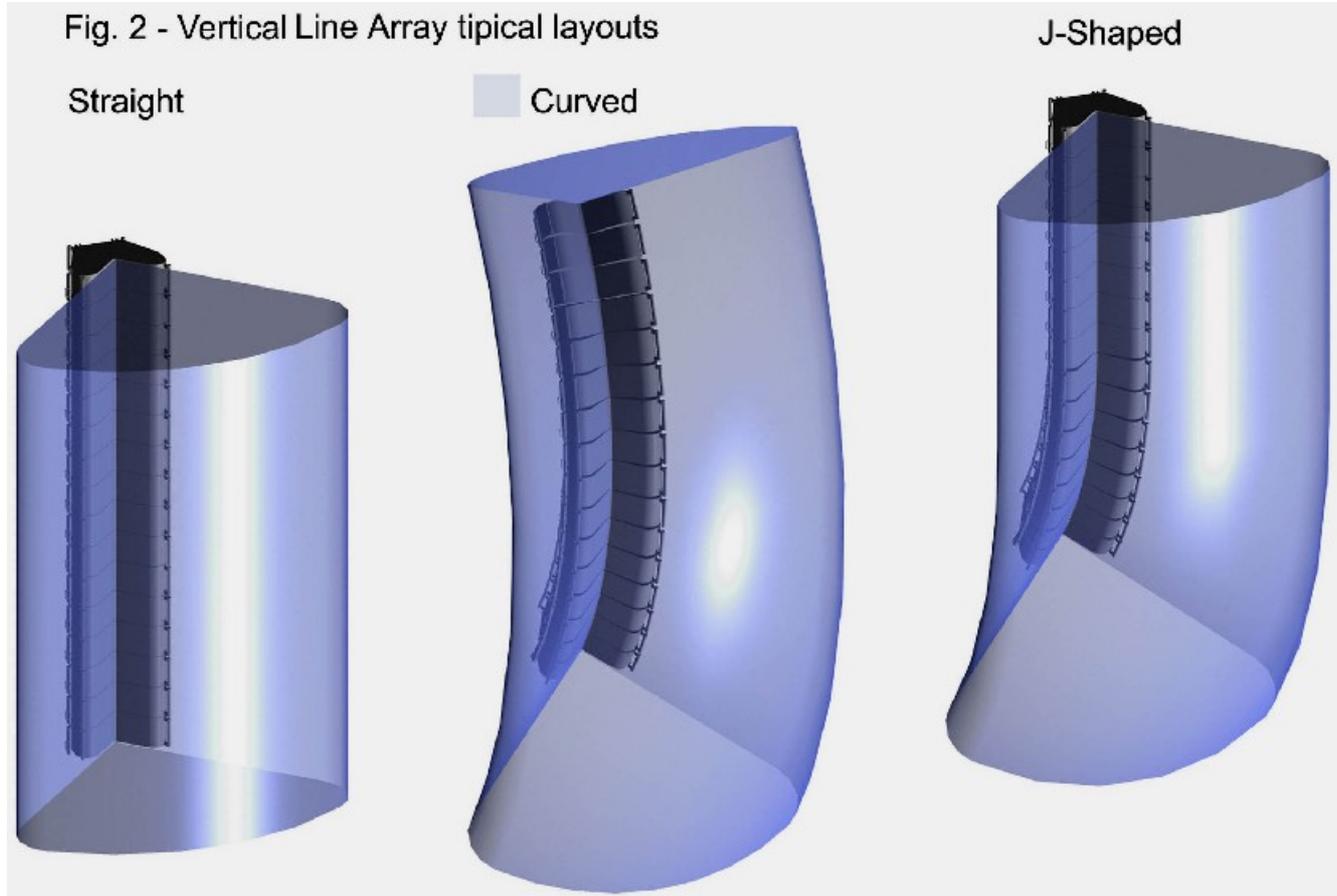


Fig. 2 - Vertical Line Array typical layouts



Infatti, come penso avrà notato qualcuno leggendo la bibliografia presentata nell'articolo precedente, progettare un Line Array che si comporti sufficientemente in sintonia con il comportamento delle sorgenti lineari teoriche (che in quanto tali nella realtà non esistono) sino alle frequenze più alte è un'impresa concettualmente semplice ma in pratica di gran difficoltà.

Vedremo più avanti perché.

Intanto meglio ricordare, forse a rischio di ripetere concetti noti a tutti, che gli effetti vantaggiosi di utilizzare nel Sound Reinforcement una sorgente di Suono Lineare Reale (VLA) dovrebbero consistere fondamentalmente in:

- notevole incremento della direttività nel piano in cui si sviluppa l'array
- incremento del livello sonoro nell'angolo solido di dispersione dell'array in quanto ridotto per l'aumentata direttività
- decadimento in campo libero non quantificabile con la regola del quadrato inverso, - 6 dB ogni raddoppio della distanza, ma variabile da un minimo di - 3 in 'nearfield' ad un massimo di - 6 dB in 'farfield' per ogni raddoppio in funzione della lunghezza d'onda della frequenza riprodotta
- dispersione costante sul piano orizzontale in assenza delle interferenze distruttive che invece affliggono qualunque altro sistema di sonorizzazione tradizionale
- virtuale eliminazione delle interferenze distruttive sul piano verticale tra un diffusore e l'altro in campo lontano 'farfield' in tutte le bande di frequenza
- minimizzazione delle interferenze distruttive sul piano verticale tra un diffusore e l'altro in campo vicino 'nearfield' in tutte le bande di frequenza, comprese le più alte
- equilibrio sonoro sia in campo lontano sia in campo vicino superiore o eguale a quello ottenibile da sistemi di sonorizzazione tradizionali.

A dispetto degli intrinseci difetti che caratterizzano queste configurazioni, sui quali difetti soltanto, molti autori hanno posto l'accento a mio parere esagerando, è possibile da un **VLA** ottenere in misura elevata gli effetti positivi e le peculiarità qui sopra elencate, a patto che il sistema sia ben realizzato e nel suo insieme rispetti le regole ed i limiti che sono stati descritti nell'articolo citato (anzi per esperienza personale alcuni dei limiti elencati non sono, in pratica, così restrittivi come a prima vista potrebbe sembrare).

Il raggiungimento di questi auspicabili risultati si è certamente realizzato in misura sostanziale a giudicare dal successo di vendita dei **VLA** negli ultimi anni, tanto da imporre l'impiego ormai generalizzato nel Sound Reinforcement dei concerti "live" o nelle installazioni di prestigio in grandi spazi all'aperto o al chiuso in grandi ambienti acusticamente difficili.

Al di là di tutte le considerazioni teoriche a favore o contro i **VLA**, un dato di fatto incontrovertibile è che gli utilizzatori e gli stessi fruitori di tali sistemi di sonorizzazione li hanno promossi a pieni voti dal punto di vista del risultato finale, relegando sempre più spesso i sistemi tradizionali "Point Source" ad un ruolo diverso per eventi magari non di minore importanza, ma certamente tali da non coinvolgere una gran quantità di pubblico.

Con un **VLA**, infatti, è possibile sonorizzare spazi in profondità con risultati qualitativi e quantitativi superiori a quelli raggiungibili con l'impiego di sistemi tradizionali.

Negli ambienti riverberanti, poi, un sistema **VLA** ben realizzato allontana la cosiddetta "*Distanza Critica*"; quella distanza dalla sorgente alla quale il suono diretto, emesso dalla medesima, s'incontra e si fonde con il campo riverberato generato dall'ambiente stesso per le innumerevoli riflessioni delle onde sonore contro le superfici che lo delimitano.

Infatti, essendo il **VLA** più direttivo di una qualsiasi altra sorgente sonora tradizionale di pari dimensioni, le riflessioni sono numericamente molto minori, essendo esso puntato verso l'area coperta dal pubblico, che certamente non è assimilabile acusticamente ad una superficie riflettente ma eventualmente all'opposto.

Per la stessa ragione anche il livello sonoro delle riflessioni, a parità di livello SPL fornito all'area sonorizzata, sarà inferiore rispetto a quello riscontrabile con qualunque altro sistema.

Detto questo, viene spontaneo chiedersi se il **VLA** manderà in pensione definitivamente i classici sistemi di sonorizzazione professionale basati sulle trombe cosiddette a direttività costante.

Io sono del parere che proprio in questi termini non potrà avvenire una cosa del genere, nonostante bisogna ammettere, come ho già ricordato, che ormai l'utilizzo di tali sistemi sta diventando, alla faccia di coloro che fanno di tutto e dicono di tutto per evitarlo, l'unico standard nel Sound Reinforcement mobile d'alto livello.

Per ora, infatti, i costi sono tali che solo chi lavora con produzioni importanti può fare l'investimento con la certezza di ripagarselo.

In ogni caso, le ragioni che salvano e salveranno i sistemi tradizionali dall'obsolescenza sono diverse.

- La prima, di natura prettamente utilitaristica, deriva dal fatto che per "audience", non sviluppate nel senso della profondità, l'impiego dei classici cluster a "*point source*" o dei sistemi con trombe a direttività costante è più conveniente dal punto di vista economico e della semplicità d'utilizzo.

Infatti, a parità d'area coperta orizzontalmente, se poco profonda, un **VLA** è molto più costoso facendo un paragone con il costo e la messa in servizio di pochi potenti diffusori con trombe a direttività costante, soprattutto quando è possibile il loro posizionamento a terra o sul palcoscenico.

Un **VLA**, infatti, per sua natura è composto da un insieme di numerosi elementi singoli a larga banda, in genere non in grado di riprodurre le frequenze più basse, a volte ognuno, per ragioni obiettive, costoso quanto, se non di più, un singolo gran diffusore con tromba a direttività costante "full range".

- La seconda ragione risiede nella maggiore, almeno iniziale, complessità di settaggio del **VLA** rispetto alla semplice regolazione di un sistema di tipo classico con singoli (o comunque pochi) diffusori "full range", eventualmente accoppiati agli usuali subwoofer.

Quindi non si spaventino i possessori d'impianti tradizionali perché il loro investimento non è di colpo diventato inutile ma è destinato a durare comunque anni, purché ovviamente il materiale acquistato sia di buona qualità; semplicemente dovranno rinunciare alla velleità di competere per prestazioni con i **VLA** nelle situazioni in cui quest'ultimi danno il meglio di sé, cioè in "campo lontano" (farfield), quando lo spazio coperto dall'audience è dilatato ben più in profondità che in larghezza dal punto di vista delle proporzioni o in ogni caso è sviluppato in profondità per distanze rilevanti.

Fatte queste premesse per capire come funziona un **VLA** e quali fenomeni sono alla base delle sue peculiarità tanto apprezzate, da sempre, per i modelli più vecchi nel settore del cosiddetto Speech Reinforcement, e più di recente per i modelli più moderni anche nel Sound Reinforcement d'alto livello, ho pensato, una volta tanto, di non analizzare troppo in dettaglio, se non quando sarà proprio indispensabile, la teoria che sta dietro a queste configurazioni, ma, per quanto mi sarà possibile, di utilizzare esempi tangibili basati sul funzionamento di sorgenti reali.

La ragione di questa mia scelta risiede nel fatto che essendo molteplici le analisi fatte sull'argomento da molti qualificati autori, ed essendo i risultati emergenti da tali analisi in qualche misura contraddittori, dovrei spendere molto tempo per chiarire le contraddizioni (che in realtà veramente tali non sono) piuttosto che spenderlo nel fare chiarezza in modo sostanziale ed utile su quanto preme al mio lettore:

"capire come funzionano e come possono essere utilizzati in differenti situazioni i moderni sistemi VLA che siano degni di tale nome".

Prima di passare ad illustrare questi aspetti pratici con simulazioni e quant'altro sarà necessario, devo necessariamente elencare quei famosi criteri, di cui più sopra ho parlato, ai quali ci si deve attenere per la realizzazione di sistemi **VLA** corretti, secondo Heil ed Urban, innanzitutto, ma anche secondo quasi tutti gli altri autori, che pur formulando pareri divergenti in merito alla qualità dei risultati o all'opportunità d'utilizzazione dei sistemi **VLA** in applicazioni diverse, li hanno accettati e fatti propri applicandoli nelle loro realizzazioni pratiche.

Il rispetto di tali criteri nella realizzazione di un sistema **VLA** composto di tanti diffusori separati porta ad approssimare il funzionamento delle sorgenti sonore lineari teoriche, che per loro natura, emanando onde piane con fase costante in tutto lo spettro riproducibile, possono essere "sagomate" allo scopo di "adeguare" il fronte sonoro corrispondente di volta in volta alle esigenze di dispersione.

Questo sarà possibile se:

1. **Assumendo che ogni singolo elemento che compone il **VLA** emetta fronti d'onda piani con fase costante, o che emetta fronti d'onda non piani la cui curvatura sia deviata dall'onda piana non più del valore corrispondente ad $\frac{1}{4}$ della lunghezza d'onda della più alta frequenza da riprodurre, la somma dell'area occupata da tutti gli elementi insieme deve eguagliare o superare l'80% dell'area totale dell'intero array.**
In altre parole i componenti attivi veri e propri che irradiano il suono, emettendo onde sostanzialmente piane, devono riempire il "baffle" su cui sono montati per almeno l'80% della sua area.
2. **Se invece gli elementi separati, utilizzati per comporre il **VLA**, non sono già di per sé capaci di generare un'onda sonora piana con fase costante (caso precedente) lo spazio tra i centri acustici di tali elementi non deve superare mezza lunghezza d'onda della più alta frequenza che essi devono riprodurre.** In altre parole gli elementi con emissione sonora non planare, devono essere accoppiati tra loro in modo che tra i centri acustici (step) non sia superata la massima distanza corrispondente alla lunghezza d'onda della frequenza più alta nella banda che essi devono riprodurre; così facendo l'inevitabile interferenza, che comunque si produce tra i suoni emessi da due sorgenti poste a distanze diverse rispetto all'ascoltatore, provocherà una minima e sostanzialmente inavvertita variazione della risposta (ripple).
3. **Da questi due criteri deriva che per le frequenze medio alte non sarà possibile utilizzare altoparlanti classici perché, facendo una rapida verifica, lo stesso fattore di radiazione di una sorgente circolare rispetto allo spazio occupato è solo del 75%, perché per riprodurre le alte frequenze fino a 16 kHz, ad esempio, lo step tra due sorgenti circolari non dovrebbe superare 10,75 mm e quindi l'altoparlante stesso dovrebbe avere un diametro massimo di 21,5 mm, il che appare ovviamente improponibile, ammesso che sia realizzabile. Non sarà possibile inoltre utilizzare nemmeno trombe tradizionali a bocca rettangolare strettamente sovrapposte, perché tali dispositivi per loro intrinseca caratteristica emettono fronti d'onda sonori non planari e troppo curvati come si è visto necessario per la formazione di una sorgente lineare continua, anche considerando la deviazione accettabile. Infatti, una tromba che deviasse ad esempio il fronte sonoro piano solo di $\frac{1}{4}$ di lunghezza d'onda per una banda di frequenze da 1500 Hz a 16 kHz (circa 5 mm) avrebbe una dimensione ed una profondità proibitive non solo per l'impiego in un line array, ma anche in un sistema tradizionale. Questo criterio impone quindi la necessità di utilizzare anche per le frequenze medio-alte dispositivi capaci di emettere onde sonore piane o solo leggermente curvate che rispettino la tolleranza citata (5mm a 16 kHz).** (Aggiungo che la leggera curvatura è auspicabile perché favorisce il buon funzionamento dei **VLA** curvati, senza danneggiare quello dritto).
4. **In caso di **VLA** curvi l'angolo d'apertura tra gli elementi dell'array (splay angle) dovrebbe variare in modo inversamente proporzionale alla distanza dall'ascoltatore. In altre parole più gli ascoltatori saranno distanti e più piccolo potrà essere l'angolo d'apertura tra gli elementi e viceversa.**
5. **Il limite d'angolazione reciproca tra elementi contigui (max splay angle), dovrà corrispondere al valore ottenuto secondo una delle due formule seguenti:**

$$\alpha_{\max} = \frac{\text{STEP}_{\max}}{d_{\min}} \frac{\text{STEP}_{\max}}{\text{STEP}} \left[1 - \left(\frac{\text{STEP}}{\text{STEP}_{\max}} \right)^2 \right]$$

oppure

$$= \frac{1}{24\text{ARF}} \frac{1}{\text{STEP}} \left[1 - \left(\frac{\text{STEP}}{\text{STEP}_{\max}} \right)^2 \right].$$

nelle quali α_{\max} rappresenta la massima angolazione possibile tra elementi contigui, STEP corrisponde alla altezza d'ogni elemento, STEP_{\max} è la massima distanza consentita tra due elementi, d_{\min} corrisponde alla distanza dell'ascoltatore più vicino, ARF corrisponde al valore percentuale del fattore di radiazione dell'array che, ho ricordato, deve essere non meno dell'80% dell'area totale dell'array stesso dove sono affacciati gli elementi radianti.

Questi elencati, dunque, sono i criteri che consentono la formazione di **VLA** che, pur composti di tanti elementi singoli accoppiati, siano capaci di comportarsi in modo molto simile alle Sorgenti Lineari Teoriche con i vantaggi e gli svantaggi che tale comportamento evidenzia. Lo spazio disponibile è tiranno come sempre. La continuazione sul prossimo numero.

Nota: il contenuto di questo documento è soggetto alle leggi del Copyright