

Christopher CRICK

Diplôme Professionnel Son 2^{ème} Année

2003-2004

LES SYSTEMES DE DIFFUSION LINE ARRAY

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT



SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
I - UN PEU D'HISTOIRE	4
II - UN PEU DE THEORIE	7
1) Directivité d'un système	9
2) Notion de champ proche/champ distant	11
3) Courbure d'un array	14
III – MISE EN APPLICATION PRATIQUE	18
Le système L-Acoustics	
IV – ET LES TECHNOLOGIES CONCURRENTES ?	23
EAW et la technologie PPST	
V – ET L'AVENIR ?	27
MAD Planar : le futur du line array ?	
VI - SOURCES	33

INTRODUCTION

Le but de ce mémoire est d'apporter quelques éclaircissements sur les systèmes line source et sur leur utilisation en expliquant leur principe de fonctionnement et les solutions techniques utilisées pour y arriver, avec un bref aperçu d'une technologie concurrente : le PPST ou phased point source technology et de ce qui semble être l'avenir de ce système, les line array planar.

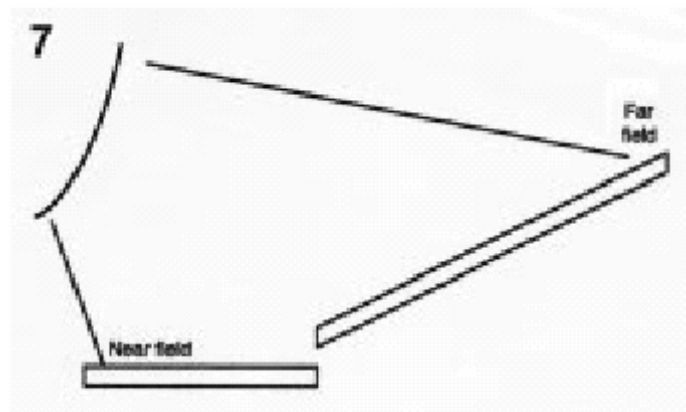


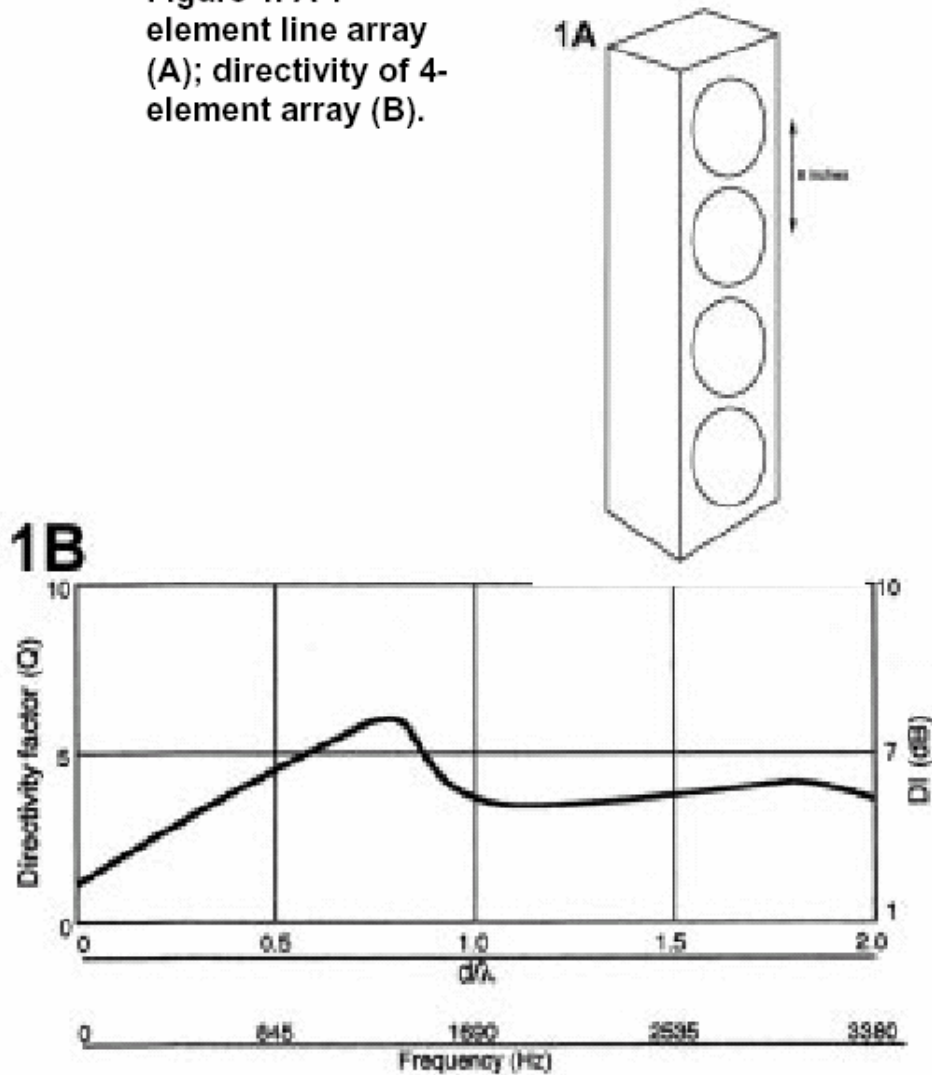
Figure 7. A curved array may be required for near and far coverage.

I- UN PEU D'HISTOIRE



Les systèmes line array ne sont pas une idée neuve et datent du début de la recherche acoustique, lorsque l'on observa que le simple fait d'aligner verticalement des hauts parleurs augmentait la directivité dans ce même plan, tel l'exemple ci-dessous :

Figure 1. A 4-element line array (A); directivity of 4-element array (B).



La figure 1A montre un « array » (array = assemblage) de quatre petits hauts parleurs avec une distance inter centres de 200 mm. La figure 1B montre le facteur Q et l'index de directivité (DI) en dB de ce court array.

L'index de directivité augmente jusqu'à un peu près 1690 Hz ; au dessus de cette fréquence la réponse maintient un degré de directivité utile, mais avec l'ajout de légers lobes hors axe. La fréquence limite de 1690 Hz correspond au moment où l'espacement entre le centre des hauts parleurs est égal à la longueur d'onde.

La directivité horizontale est la même que pour un haut parleur seul. En plus de la hauteur de l'array, l'espacement entre les centres des sources acoustiques influence directement la directivité de l'ensemble, même le plus simple assemblage.

Si nous voulons augmenter la directivité verticale, nous pouvons utiliser plus de hauts parleurs.

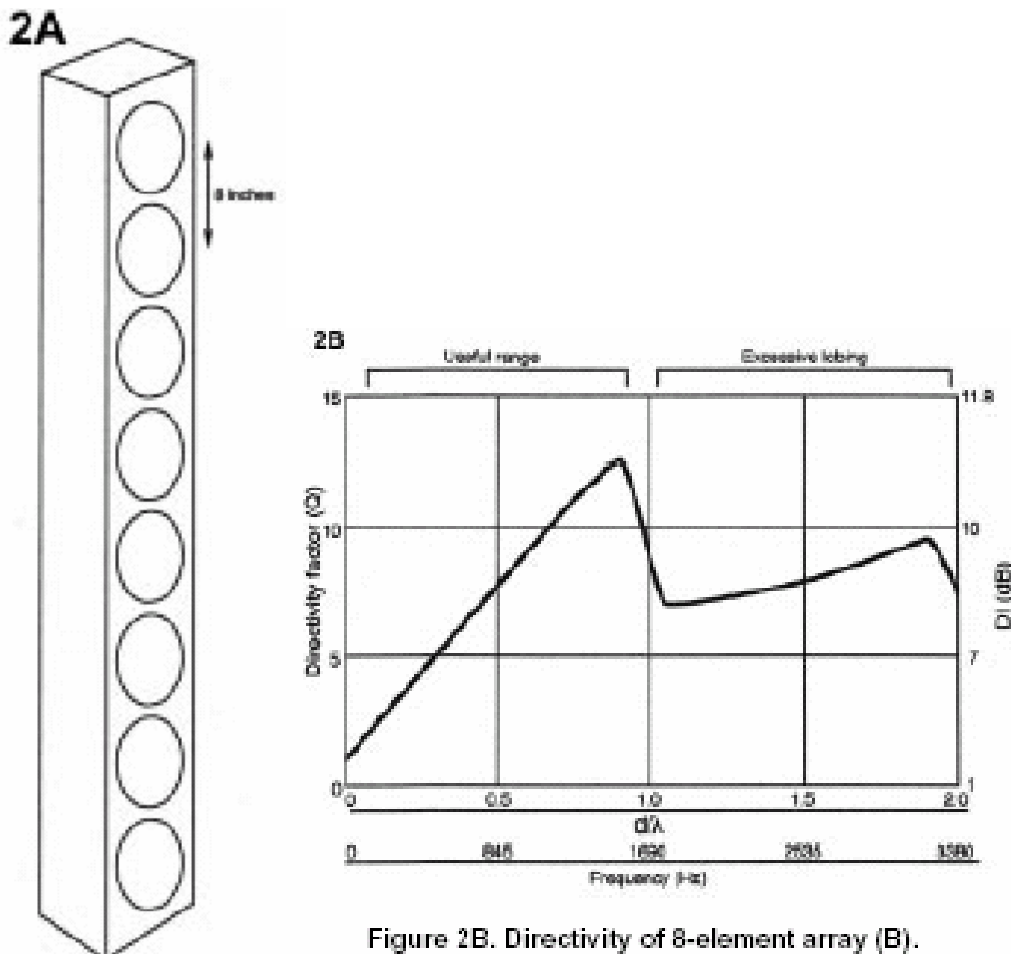


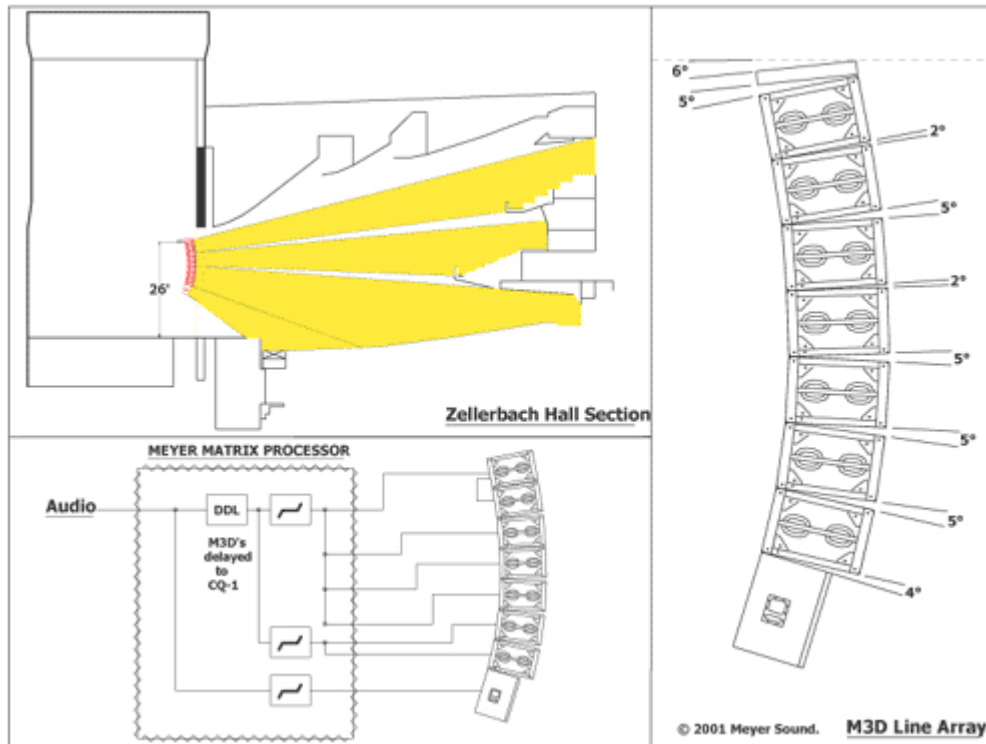
Figure 2B. Directivity of 8-element array (B).

Les figures 2A et B montrent l'effet d'un array de huit hauts parleurs avec le même espacement entre le centre des sources sonores. On peut observer la même fréquence limite de 1690 Hz, au delà les lobes hors axe sont trop important et tout avantage gagné en directivité chute graduellement.

On se rendit compte bientôt qu'en réduisant la hauteur de l'array aux fréquences élevées on pouvait maintenir la couverture avec l'augmentation des fréquences. En 1963 Klepper et Steele utilisaient des panneaux en fibres de verre qu'ils plaçaient devant les hauts parleurs pour agir comme des filtres passe bas acoustiques progressifs, ce qui réduisait virtuellement la taille de l'array avec l'augmentation de la fréquence.

Ce genre de systèmes de line array étaient excellent pour la voix parlée ou en performance vocale solo dans des lieux de taille modérée. La théorie des array ne s'appliquait que rarement, voir jamais, à la sonorisation de concerts, la cause principale étant que ce genre de système était de taille plutôt réduite, la plupart de ces colonnes utilisaient des hauts parleurs de 20 cm ou moins et étaient limités dans leur puissance.

II - UN PEU DE THEORIE...



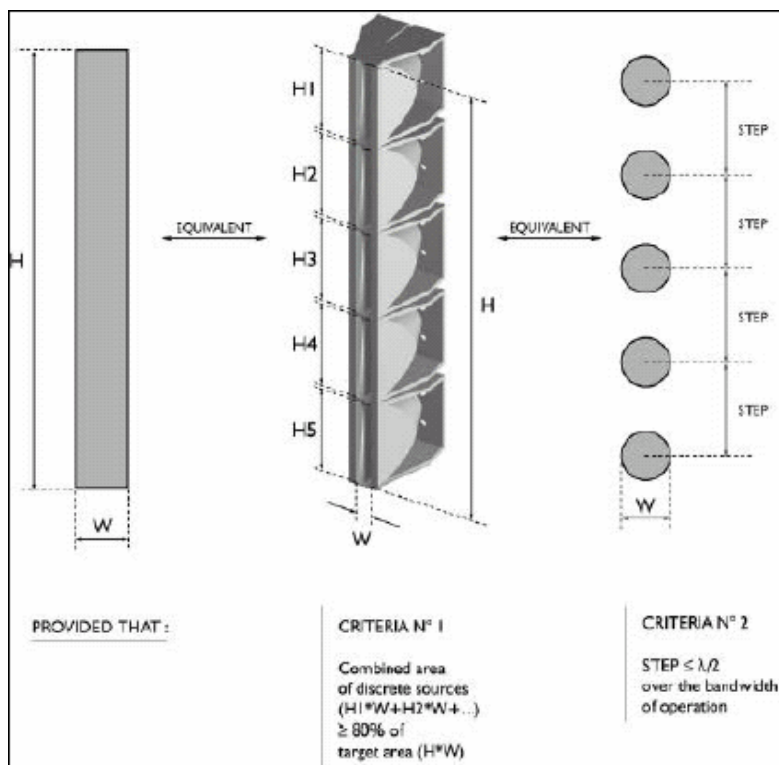
La tendance des scènes live étant vers l'accroissement et du niveau SPL et du nombre de spectateurs, cela amena inévitablement un accroissement du nombre d'enceintes, car accroître la taille des enceintes elles mêmes les rendraient impraticables à transporter et à mettre en œuvre.

En pratique, on assemblait des hauts parleurs traditionnels à trompe en formant un éventail suivant l'angle déterminé par la couverture horizontale de chaque enceinte pour tenter de réduire les zones de recouvrement qui interféraient de façon destructive entre elles. Avec ce type d'installation, la clarté optimal possible en une direction ne peut être obtenue que par une enceinte individuelle nous faisant face. Même lorsque assemblés selon les spécifications, les ondes sonores se propageant de hauts parleurs individuels ne se couplent pas de façon cohérente. De plus, le champ chaotique créé par des sources sonores qui interfèrent entre elles gaspille de l'énergie acoustique, ce qui nécessite plus de puissance qu'il faudrait à une seule source cohérente pour obtenir le même niveau SPL.

C'est dans cet esprit que fut développé (par Christian Heil) le principe du line source, qui vise à transformer un ensemble de sources sonores, assemblées avec un intervalle de séparation identique entre elles sur une surface continue plane ou incurvée, en une seule source qui aurait les dimensions de l'ensemble. On n'aurait donc un seul front d'ondes cohérent plutôt que plusieurs fronts mélangés.

Pour cela il faut respecter au moins une de ces deux conditions :

- 1 – Les fronts d'ondes générés par les sources individuelles sont plats et l'ensemble des surfaces des sources sonores est $\geq 80\%$ de la zone de couverture visée.
- 2 – L'écart entre les centres acoustiques des sources individuelles est inférieur à la demie longueur d'onde de l'ensemble des fréquences émises.



Il faut également, bien sur, que toutes les ondes émises soient en phase.

On se rend bien compte que si la deuxième proposition est facile à tenir dans les graves, cela devient de plus en plus compliqué lorsque l'on monte en fréquence et que la longueur d'onde diminue. On se servira alors plutôt de la première proposition en se servant d'un guide afin de mettre les ondes émises en phase et planes.

1) Directivité du système :

L'avantage des line array est comme ses prédécesseurs, d'augmenter la directivité du système :

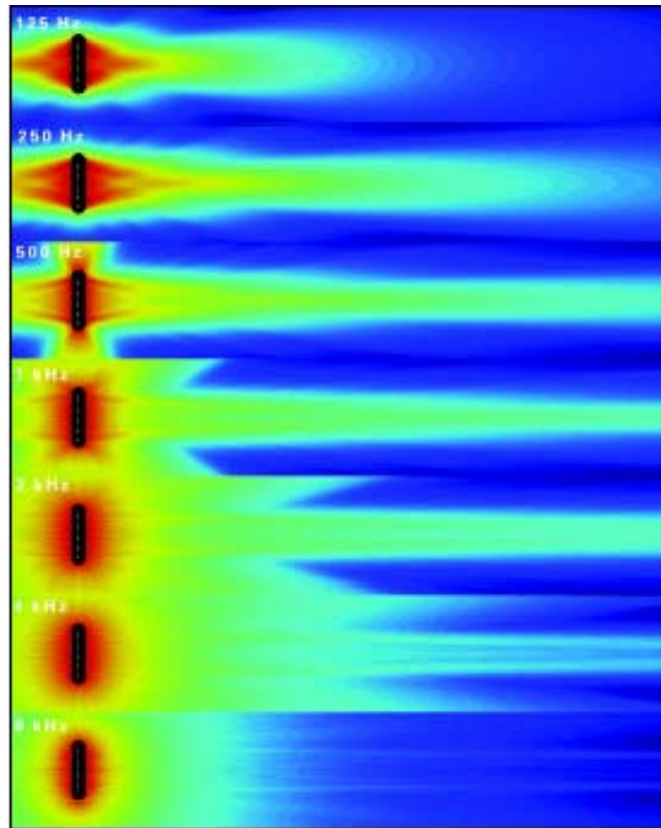


Figure 1: Directional behavior of an eight-meter long array of sixteen omnidirectional sources

On observera que pour cet exemple la directivité est maintenue jusqu'à 500Hz.

Si on diminue l'écart entre les sources de moitié en doublant leur nombre pour avoir un array de même taille :

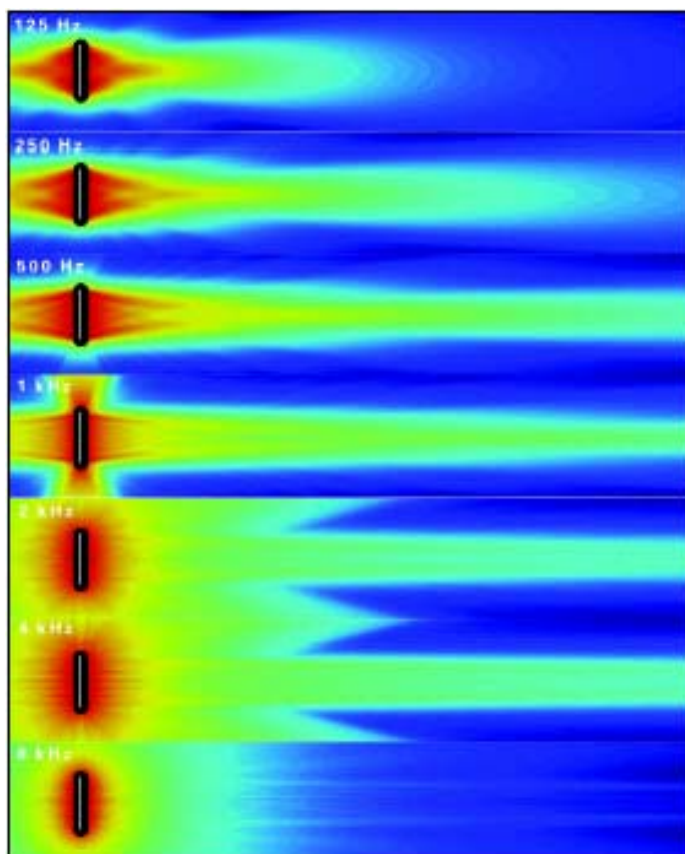


Figure 2: Directional behavior of an eight-meter long array of thirty-two omnidirectional sources

On observe que la directivité est maintenue jusqu'à 1 KHz cette fois.

Mais comment cela fonctionne t'il ? Si l'on place deux hauts parleurs l'un au dessus de l'autre en leur envoyant le même signal, on obtiendra une réponse différente que pour un seul haut parleur. Si on se place sur l'axe formé par les deux hauts parleurs, il y a de l'interférence constructive, et la pression augmente de 6dB par rapport a une seule enceinte. Si on se place hors axe, les différences entre les distances parcourues par le son produisent des annulations, ce qui fait diminuer le niveau SPL. En fait, si on utilise une onde sinusoïdale, il y aura des endroits où l'annulation du son est totale (ce phénomène est plus évident dans une chambre sourde), c'est ce que l'on nomme l'interférence destructive.

Un line array est un ensemble de hauts parleurs espacés de façon à ce que l'interférence constructive soit sur l'axe de l'ensemble et l'interférence destructive soit orientée vers les cotés. Bien que cette interférence soit indésirable, les systèmes line array s'en servent pour fonctionner : sans cette interférence, il n'y aurait pas de directivité.

Mais comment faire pour les hautes fréquences ? Il semble évident qu'on ne peut créer des hauts parleurs assez petit que jusqu'à une certaine limite, il faut donc trouver une autre solution; la méthode la plus pratique consiste à utiliser des guides d'ondes couplés à des chambres de compression.

Plutôt qu'utiliser l'interférence constructive et destructive, les guides d'ondes obtiennent la directivité en réfléchissant le son pour lui donner la couverture désirée. Idéalement, dans un système line array, cette couverture devrait être très proche des caractéristiques directionnelles des fréquences plus basses du système : couverture verticale très étroite et couverture horizontale large. Si ceci est atteint, alors les guides d'ondes peuvent être intégrés au line array et avec la bonne equalization et un bon filtrage l'onde des hautes fréquences et l'interférence constructive des fréquences plus basses peuvent être alignées en phase pour que le système résultant puisse avoir une couverture homogène.

2) Notion de champ proche / champ distant :

L'une, si ce n'est la, caractéristique des systèmes line array est de diviser le champ sonore émis en deux parties : le champ proche (near field), ou zone de Fresnel, et le champ distant (far field), ou zone de Fraunhofer.

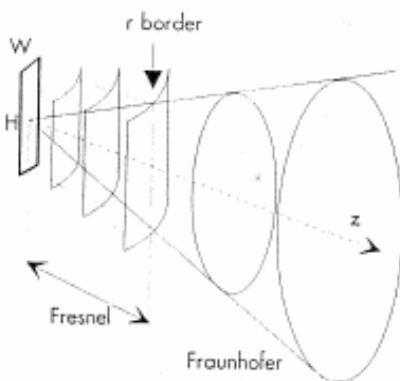


Fig 12. Geometric picture of the Fresnel and Fraunhofer region

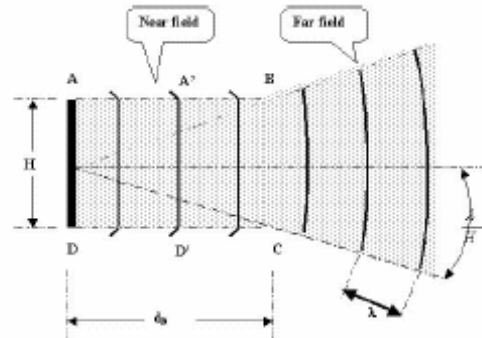


Figure 1:
Radiated SPL of a line source AD of height H. In the near field, the SPL decreases as 3 dB per doubling of distance, whereas in the far field, the SPL decreases as 6 dB per doubling of distance.

La partie grisée représente la couverture SPL utile.

Dans la zone de Fresnel la propagation des ondes est cylindrique : l'onde s'étend uniquement horizontalement, en doublant la distance la surface double, on a 3 dB d'atténuation (varie selon 1/distance).

Dans la zone de Fraunhofer elle est sphérique (comme pour une enceinte classique) : l'onde s'étend horizontalement et verticalement, en doublant la distance la surface augmente de quatre fois, on a 6 dB d'atténuation (varie selon 1/distance²).

La transition entre ces deux zones dépend de la hauteur de l'array (H, en mètres) et de la fréquence (F en Hertz) du signal. Si d_B est la longueur de la zone de Fresnel et $\lambda = 1/(3F)$ la longueur d'onde, on peut définir la distance d_B en mètres :

$$d_B = \frac{3}{2} F H^2 \sqrt{1 - \frac{1}{(3FH)^2}}$$

De quoi l'on peut déduire :

- 1) La racine nous indique qu'il n'y a pas de champ proche pour les fréquences inférieure à $1/3H \Rightarrow$ ainsi un array de 4 mètres sera immédiatement en champ distant pour des fréquences inférieures à 80 Hz.
- 2) Pour les fréquences supérieures à $1/3H$ l'extension du champ proche est presque linéaire avec la fréquence.
- 3) La dépendance à la dimension H de l'array n'est pas linéaire mais quadratique.

Voici un exemple de la variation de d_B et de l'angle de divergence selon la fréquence pour un array plat avec $H= 5,4$ mètres :

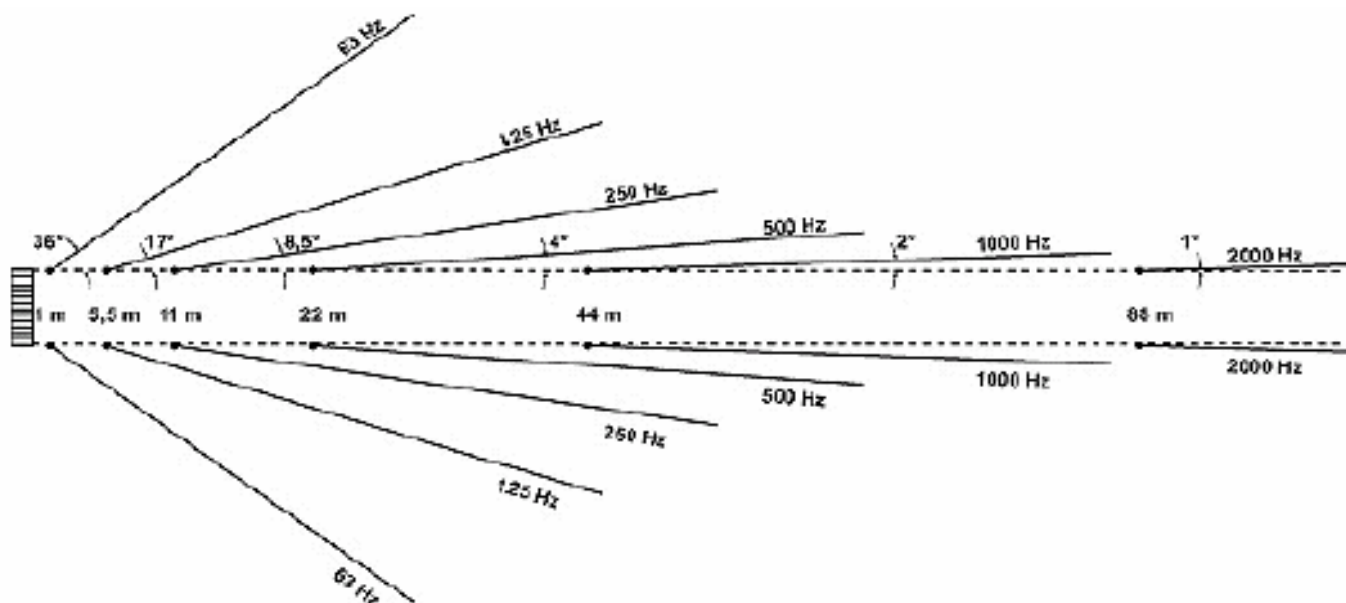


Figure 2:

Representation of the variation of border distance and far field divergence angle with frequency for a flat line source array of height 5.4 metres.

La perception au champ distant est telle que les différentes sources d'un line array se combinent de manière constructive et semblent n'être qu'une seule source. Le graphe suivant montre la réponse fréquentielle du champ distant selon le nombre de sources, espacées de 0,4 m :

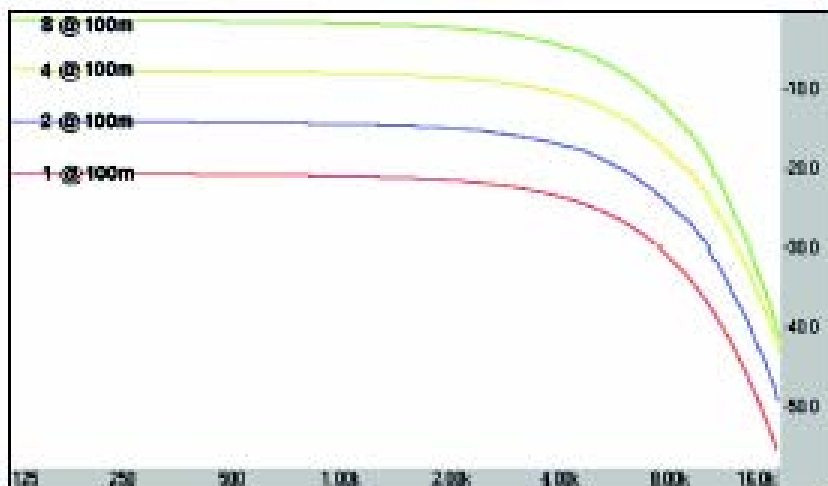


Figure 6: Far-field frequency response for line arrays with various numbers of sources showing high-frequency loss due to air absorption and humidity

On remarque que chaque doublage d'éléments entraîne une hausse de 6 dB; la réponse des hautes fréquences est lisse mais chute naturellement à cause de l'absorption de l'air (20°C et 50% d'humidité).

Le comportement des line array dans le champ proche est plus complexe. N'importe quel point du champ proche est sur l'axe de l'un des guides d'ondes des aigus, mais perçoit l'énergie des basses fréquences des autres boîtes de l'array en plus. En ajoutant des boîtes à l'array, on augmente donc les basses fréquences mais les hautes fréquences restent inchangées (dans la zone de Fresnel).

C'est pour cela que les systèmes line array nécessitent une augmentation des hautes fréquences à leur equalization : dans le champ distant cela compensera l'absorption de l'air, dans le champ proche cela compensera l'addition des fréquences basses et la proximité du guide d'onde directionnel.

3) Courbure d'un array :

Une autre des particularités d'un array est sa capacité à couvrir une zone morcelée en plusieurs parties, comme une salle avec des balcons par exemple. Il y a cependant quelques règles à respecter pour une couverture homogène.

Tout d'abord, si les générateurs de hautes fréquences ont la couverture verticale étroite nécessaire au fonctionnement d'un array droit, courber l'ensemble peut produire des zones chaudes et d'autres où la couverture sera faible au hautes fréquences.

Ensuite, si la courbure peut étaler les hautes fréquences sur une large surface, cela ne change rien aux fréquences basses qui restent directionnelles car la courbure est négligeable pour les longueurs d'ondes importantes.

On peut observer sur le graphe la réponse à diverses fréquences d'un array courbé (à gauche) et droit (à droite), les deux sont composés de hauts parleurs 12 pouces et d'une trompe à hautes fréquences ouvrant verticalement à 45°.

On s'aperçoit qu'alors que la trompe à large ouverture aide à étaler la couverture des hautes fréquences il y a apparitions de lobes dus à l'interférence. A 1KHz et en dessous, l'array reste très directionnel. En pratique, ce comportement produirait une couverture très peu homogène, la réponse fréquentielle variant de façon substantielle à travers la zone de couverture et une large partie de cette zone ne recevant que peu d'énergie des basses fréquences.

Il semble donc évident qu'un line array ne peut être courbé trop fortement et produire le résultat escompté. Les propriétés acoustiques du système en question doivent être examinées pour déterminer si la courbure donnera les effets escomptés.

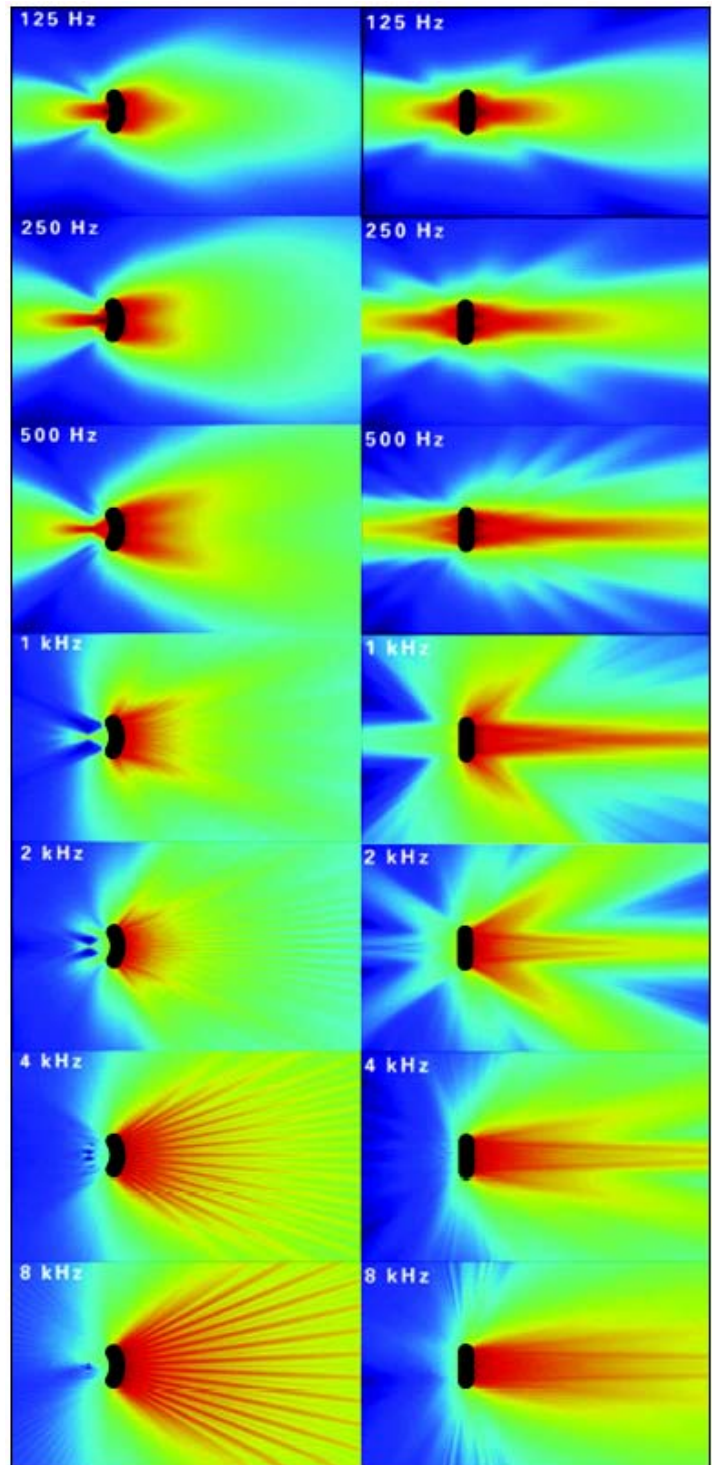


Figure 4: Directional characteristics of a curved (left) and straight (right) line array using a high-frequency horn with a 45-degree vertical pattern

Il existe un moyen de calculer l'écart entre deux boîtes avant qu'elles n'interfèrent entre elles comme sur l'exemple précédent. Comme le montre le schéma, chaque source dégage individuellement un champ proche sur une distance qui dépend de la taille de la source et de la fréquence émise. La pression SPL se situe essentiellement dans la zone grisée, la zone AC est faible en SPL.

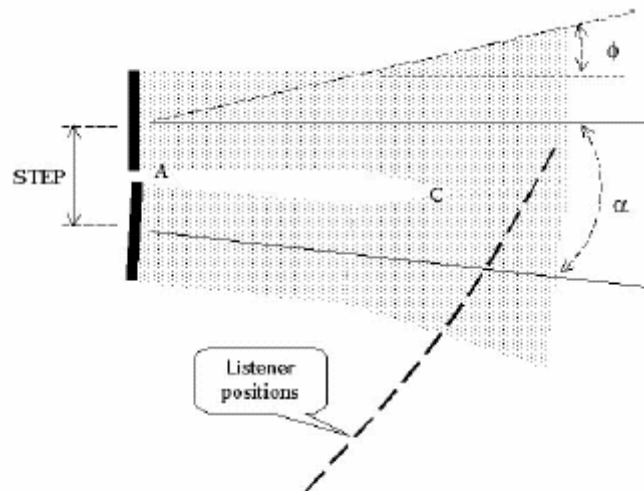


Figure 23:
Two sources separated by distance STEP and tilted by angle α with respect to each other. The SPL is shown as a dotted region.

Cela définit un angle maximum de séparation entre les deux éléments, basé sur la nécessité de projeter un champ sonore dépourvu de discontinuités sur le public. La zone AC existe même si les deux sources sonores se touchent, car les éléments délivrent des ondes planes et ont un angle d'inclinaison l'un par rapport à l'autre.

- On a : STEP = écart entre les centres des deux sources en mètres
- ARF = pourcentage de surface rayonnante ($0,8 \leq ARF \leq 1$ pour un line array)
- d = distance de l'array en mètres
- dmin = distance minimum entre l'array et le public en mètres
- $\lambda = 1/3F$

Définissons Φ comme l'angle de couverture du champ distant d'un seul élément à une fréquence F :

$$\phi = \frac{\lambda}{ARF \cdot STEP}$$

Nous visons à réduire la zone AC et devons éviter que C atteigne le public. AC peut être donné comme étant :

$$AC = \frac{STEP}{2\phi - \alpha}$$

En réécrivant Φ en termes de fréquence et en spécifiant que AC est plus petit que d, nous avons :

$$\alpha < \frac{2}{3F \cdot ARF \cdot STEP} - \frac{STEP}{d}$$

Où α est en radians, F en KHz et STEP en mètres.

Il nous faut α supérieur a zéro, ainsi :

$$STEP < \sqrt{\frac{2d}{3F ARF}}$$

Le cas le plus mauvais est $F=16$ KHz et $d = d_{min}$, ce qui correspond a :

$$STEP_{max} = \sqrt{\frac{d_{min}}{24 ARF}}$$

Ainsi l'expression de l'angle maximal d'inclinaison α_{max} est :

$$\alpha_{max} = \frac{STEP_{max}}{d_{min}} \frac{STEP_{max}}{STEP} \left(1 - \left(\frac{STEP}{STEP_{max}} \right)^2 \right)$$

De cette expression on peut voir qu'il y a un rapport entre la taille des éléments et l'angle maximal entre deux éléments, c'est-à-dire que si l'on veut augmenter l'angle entre deux sources, il faut réduire la taille des éléments.

Par exemple, si l'on prend $d_{min} = 10$ mètres et le diamètre des hauts parleurs graves = 0,40 mètres, ce qui implique STEP au moins de 0,44 mètres a cause de l'épaisseur des parois. Si l'on fait le calcul avec ces valeurs, on obtient :

$$\alpha_{max} = \frac{5.7^\circ}{ARF} - 2.6^\circ$$

Comme ARF doit être compris entre 0,8 et 1, α_{max} sera entre $4,5^\circ$ et $3,1^\circ$, ce qui correspond a l'angle d'ouverture maximal acceptable entre éléments.

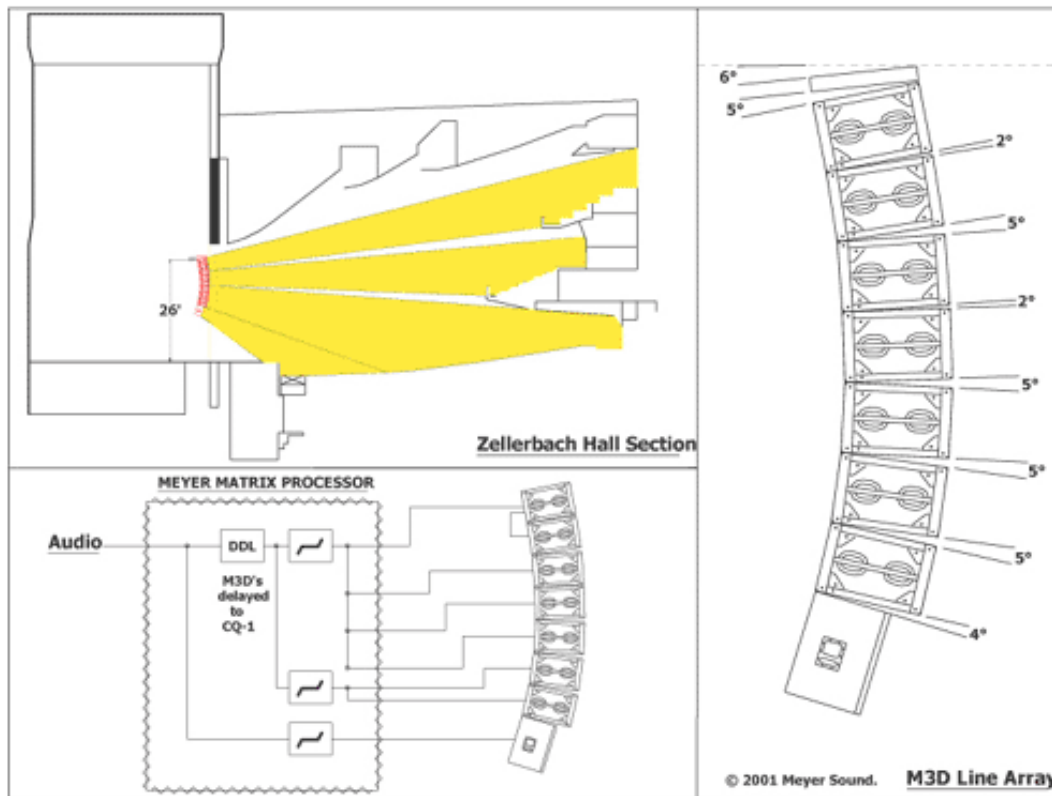
Et en ce qui concerne l'intensité ?

$$I = \frac{4}{3} \frac{1}{F d} \frac{1}{1 + \frac{\alpha d}{STEP}}$$

Si l'on prend $STEP= 0,44$ m, $d_{min}= 10$ m et $F=16$ KHz, on trouve que $\alpha d/STEP$ est de l'ordre de 1. Ainsi l'intensité sera amoindrie par un facteur de 2 (-3 dB) par rapport a un array droit ($\alpha=0$).

Un petit exemple de couverture : Zellerbach Hall par Meyer Sound

Zellerbach est une salle de spectacles de 2014 places située sur le campus de l'Université de Californie de Berkeley. La salle, représentée ci-dessus, se divise en trois parties : sièges au sol, sur une mezzanine puis un balcon. Il y a donc trois zones de couverture séparées :



deux longues portées sur les balcons et une zone plus large sur laquelle se trouve des zones de longues, moyenne et courte portée.

Le système utilisé par Meyer Sound est composé de sept enceintes line array M3D et d'une enceinte classique CQ-1 assemblé en un array comportant

quatre sections (voir ci-dessus) :

1- Une paire de M3D, orientée de 11° vers le haut et écartées de 2° - couplées ainsi pour avoir une longue portée – desservait le balcon du haut.

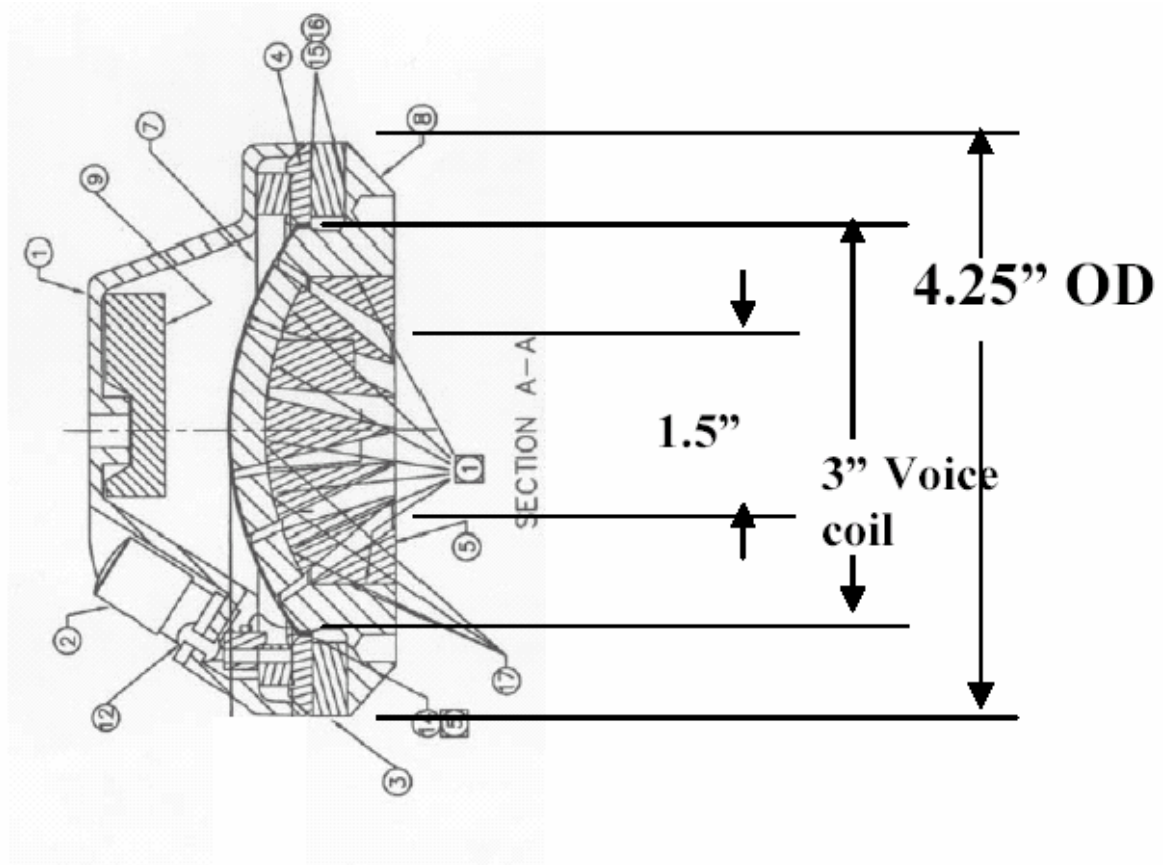
2- Une paire similaire de M3D, orientée de 5° par rapport à la première pour éviter de taper le balcon de plein fouet, couvrait la mezzanine.

3- Trois M3D, tous écartés de 5° pour avoir une couverture plus large, desservait la plupart de la zone au sol.

4- Le CQ-1, orienté de 4° sous les M3D du bas et equalisé séparément, couvrait les premières rangées.

Les réglages ont été effectués au laser.

III - MISE EN APPLICATION PRATIQUE



Système L-Acoustics

Un petit rappel sur la théorie du line source :

- 1 – Les fronts d'ondes générés par les sources individuelles sont plats et l'ensemble des surfaces des sources sonores est $\geq 80\%$ de la zone de couverture visée.
- 2 – L'écart entre les centres acoustiques des sources individuelles est inférieur à la demie longueur d'onde de l'ensemble des fréquences émises.

Comme nous l'avons vu précédemment, appliquer la théorie du line source dans les fréquences en dessous de quelques KHz est largement possible, il suffit de limiter l'écart entre les hauts parleurs. Mais pour des fréquences de l'ordre de 16 KHz par exemple, il faudrait des sources de quelques millimètres bord a bord. On peut donc se conformer à la première proposition, mais dans le cas de sources circulaires bord a bord la zone de couverture (ARF) serait de l'ordre de 75%, ce qui n'est pas suffisant.

Une des solutions serait d'assembler des trompes rectangulaires de telle façon que leurs bords se touchent. Cependant, ce genre de système ne génère pas un front d'onde plat isophasé. La question à se poser est donc : jusqu'à quelle tolérance peut on considérer que le front d'onde est plat de telle sorte à ce que les sources se couplent correctement ?

Considérons une série de trompes assemblées verticalement, dont les bords se touchent. Le front d'onde a des ondulations de magnitude s , comme sur le schéma ci-dessous.

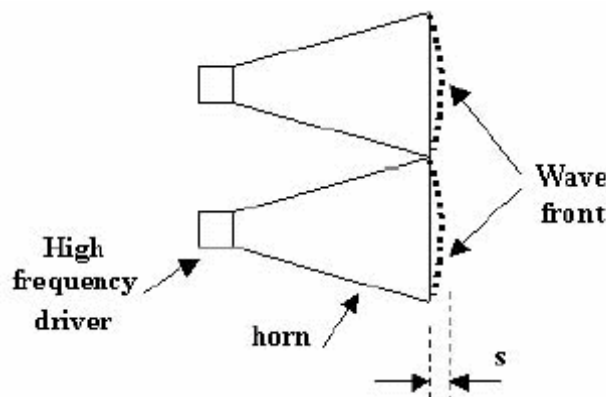


Figure 8:
This illustrates that vertically arraying conventional horns will not produce a flat wave front.

Les cas les plus critiques sont évidemment aux fréquences élevées, lorsque la longueur d'onde est très réduite, par exemple 2cm à 16 KHz. Selon Fresnel, lorsque l'on se trouve dans le champ distant les ondulations du front d'onde ne devraient pas être supérieures à la demie longueur d'onde, soit 1 cm à 16 KHz. Cependant, les conditions sont plus restrictives dans le champ proche.

Les graphes suivants montrent le niveau SPL calculé par rapport à la distance pour un line array de 30 trompes, chacune de hauteur 0,15 m et produisant chacune un front d'onde incurvé de 0,3 m (l'ondulation $s=10\text{mm}$). La comparaison avec une onde plane montre un comportement chaotique de l'array, commençant vers 8 KHz et augmentant avec la fréquence. A part de larges fluctuations du niveau SPL aux fréquences élevées, il y a aussi une perte de 4dB à 16 KHz de 10 à 100 m.

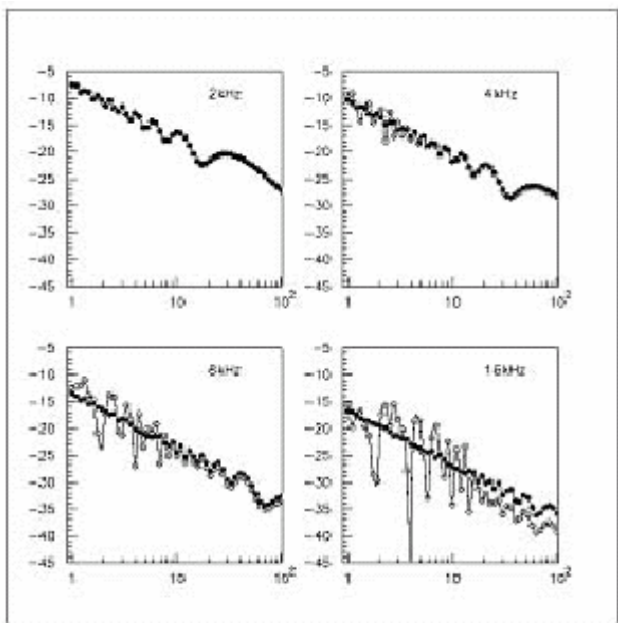


Figure 9:
SPL vs distance for a vertical array of 30 horns (total height = 4.5 m, wavefront curvature $s=10\text{ mm}$) calculated at 2, 4, 8 and 16 kHz. White dots: line array, black dots: continuous line source.

Une autre comparaison est celle de la directivité, qui montre de fortes excroissances dans le champ proche (20 m) aux fréquences supérieures à 8 KHz.

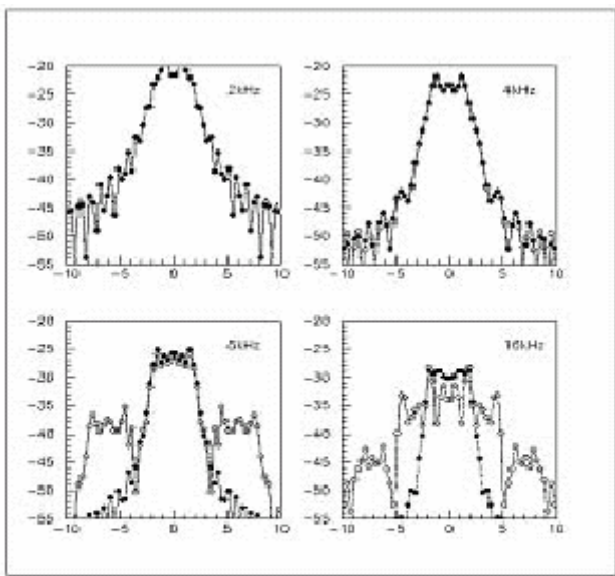


Figure 10:
SPL along a vertical path, 20 m away from the vertical array of 30 horns (total height = 4.5 m, wavefront curvature $s=10\text{ mm}$) calculated at 2, 4, 8 and 16 kHz. White dots: line array, black dots: continuous line source.

Il est donc nécessaire de réduire les ondulations de moitié ($s < 5\text{mm}$), de façon à obtenir le résultat le plus proche possible du line source à 16 KHz. Ce faisant on va décaler les résultats obtenus précédemment de 8 KHz à 16 KHz. On peut conclure en disant que la déviation par rapport à un line source parfait ne doit pas être supérieure à $\lambda/4$ à la fréquence la plus élevée, ce qui correspond à 5 mm à 16 KHz.

Pour cette raison, un guide d'onde spécifique (le DOSC, pour Diffuseur d'Ondes Sonores Cylindrique) a été développé de façon à générer un front d'onde plat et isophasé à sa sortie. Pour les fréquences de 1,3 à 16 KHz, la pression sonore passe à travers le guide d'onde ou toutes les distances parcourues sont identiques en longueur. Ceci produit un front d'onde cohérent à la sortie rectangulaire du guide. Cette transformation d'un front circulaire à un front rectangulaire crée une onde qui est suffisamment plane pour satisfaire aux limites d'ondulation définies plus tôt, et l'expérience a montré que l'ondulation est inférieure à 4 mm à 16 KHz. Lorsque l'on assemble verticalement de multiples guides d'ondes DOSC, on obtient la condition ou $ARF \geq 80\%$ de la zone de couverture, tant que l'ouverture entre les différents éléments est inférieure à 5° .

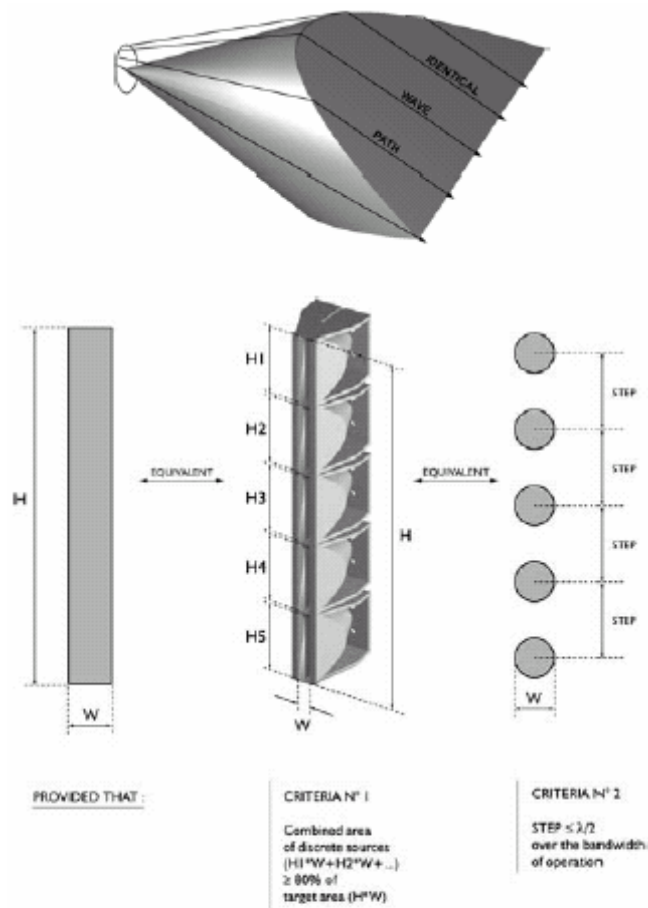


Figure 11:
WST Criteria Illustrated. On top we see the central portion of the DOSC waveguide that geometrically sets all possible sound path lengths to be identical from the circular entrance to the rectangular exit of the device, thus producing a flat, isophasic source for the high frequency section. The bottom figure shows a stack of 5 such devices (including the outer housing) which produces a vertical, flat sound source satisfying WST criteria 1.

Le défi pour les constructeurs se situe au niveau des aigus qu'il faut coupler entre eux, nécessitant pour cela d'obtenir un front d'onde plat et isophasé depuis un haut parleur standard. Nous avons vu la solution adoptée par Christian Heil qui consiste à faire passer les ondes dans le guide d'ondes DOSC ; chez NEXO, pour obtenir ce résultat on projette les ondes sur un pavillon qui réfléchit une onde plane et isophasé. Les autres constructeurs de line source ont adoptés un système de guide d'onde qui leur est propre, mais sur lequel il n'y a pas de documentation disponible actuellement...

IV - ET LES TECHNOLOGIES CONCURRENTES ?

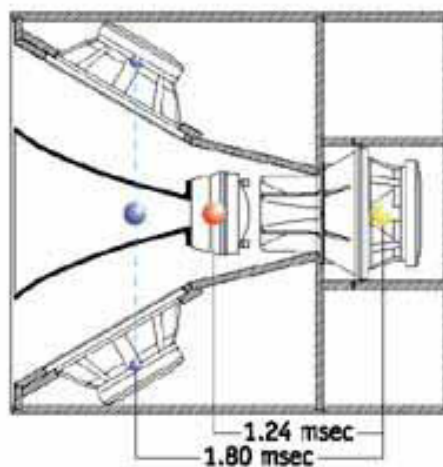


Une autre approche : EAW et la technologie PPST

Avec cette technologie, EAW considère que la source est un point et non un plan. Ce système n'est pas un line source.

De façon à former un array, un système doit être cohérent sur toute la largeur du spectre. Si il y a des discontinuités, une couverture trop large a certaines fréquences causera de l'interférence destructive et une couverture trop étroite créera des trous en SPL à l'intersection des boites formant l'array. Pour éviter cela, il faut que chaque trompe soit assez large pour contrôler la longueur d'onde maximum qu'elle génère.

L'ensemble du système KF 750 est contenu dans la trompe des médiums, de telle sorte que les centres acoustiques des aigus, médiums et graves soient sur le même axe. Le simple fait de les délayer permet de leur donner la même origine dans le temps et l'espace.



Bleu : graves, Rouge : aigus, Jaune : Mediums

L'ouverture de la trompe étant de 35° en vertical et en horizontal, on peut constater que le control de la directivité est maintenu :

Fig. 8 - KF750 Horizontal

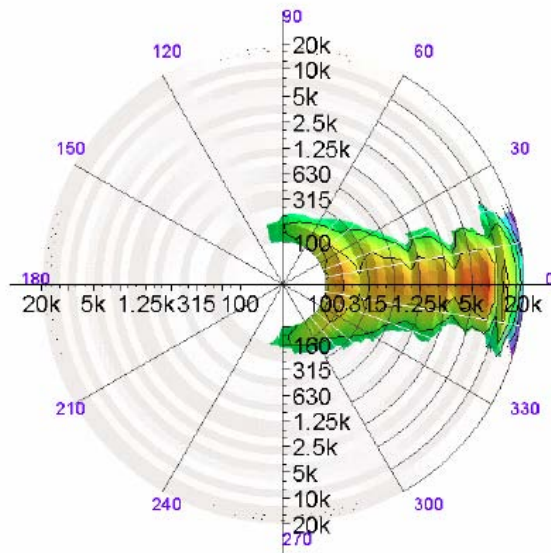
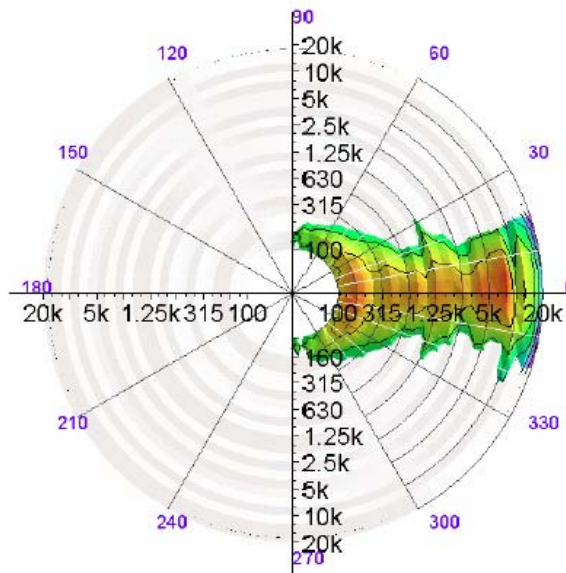
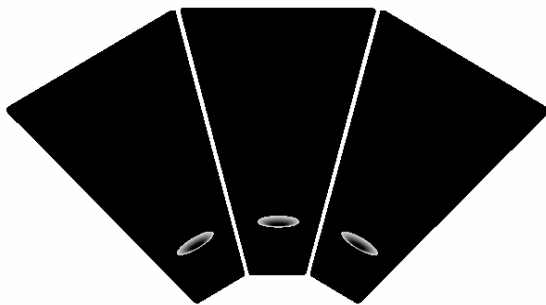


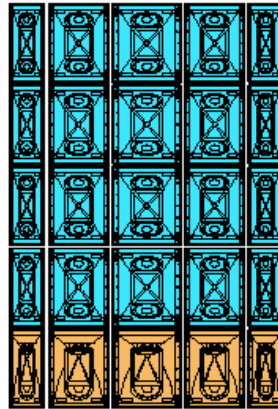
Fig. 10 - KF750 Vertical



Ces "boîtes" peuvent être assemblées pour former des array en fonction de la zone à couvrir et fonctionnent en ayant très peu d'interférence entre elles due à leur directivité. La rangée du bas est constituée de KF 755, orientés pour couvrir les premiers rangs. Les rangées sont assemblées en formant un arc de cercle de façon à ce que les axes des boîtes d'une même rangée se joignent en un même point :



BY DRAWING THE DRIVERS BACK AS FAR AS POSSIBLE, SIMPHEPHASE HORNS COUPLE ACOUSTICALLY, ACTING AS IF THEY WERE DRIVEN BY A POINT SOURCE IN THE HORIZONTAL PLANE.



Capacity: 20,000

Distance to FOH: 150 feet

Horizontal Coverage: 160°

Array Height: 13.25 ft

**KF700 SERIES SYSTEMS
(PER SIDE)**

KF750: 5 wide x 4 deep

KF755: 5 wide x 1 deep

**CONTINUOUS POWER HAND.
(PER SIDE, WATTS, LF/MF/HF)**
27000/10000/5000

**APPROX. CONT. OUTPUT AT
FOH (DB SPL, LF/MF/HF)**
124/113/118

**APPROXIMATE PEAK OUTPUT
AT FOH (DB SPL, LF/MF/HF)**
130/119/124

Fig. 2 - Array for a hypothetical arena

V- ET L'AVENIR ?



MAD Planar : le futur du line array ?

Le principe d'un haut parleur traditionnel reprend celui du micro dynamique à l'inverse. La démarche de MAD planar est de reprendre le principe du micro statique à l'inverse, ou la membrane est une plaque d'un condensateur. Cette idée n'est pas neuve, et on retrouve des hauts parleurs de ce type dans la Hi-fi haut de gamme mais l'application à la sonorisation n'était pas évidente, les systèmes développés étant trop fragiles, trop gros, trop cher ou pas assez efficaces pour une utilisation professionnelle. Mais le pas a maintenant été franchi.

Le niveau SPL requis pour la sonorisation d'évènements est maintenant atteint, un array de huit éléments générant plus de 120 dB à 60 mètres, chaque haut parleur générant plus de 100 Watts RMS et pouvant atteindre des pics à 1000 Watts. Les hauts parleurs sont assemblés par rangées de neuf, alimentés par un ampli de 1500 Watts par rangée. De plus, la bande passante pour un seul haut parleur est de 50Hz à 20kHz, il n'y a pas besoin d'un système découpé en différents hauts parleurs par bande de fréquences, ce qui améliore la clarté du son. On les fera cependant généralement jouer sur une bande passante de 120Hz à 18kHz, avec des sub de 40 à 120Hz.

Chaque rangée de hauts parleurs agit comme un line array sur le plan horizontal, et en assemblant plusieurs rangées on obtient un line array sur le plan vertical, on peut donc contrôler la directivité du son émis efficacement. De plus, l'ensemble annule la directivité sur les cotés par opposition de phase, en les plaçant sur le coté de la scène on polluera moins celle-ci. Il est également possible d'obtenir une directivité cardioïde, même aux basses fréquences.

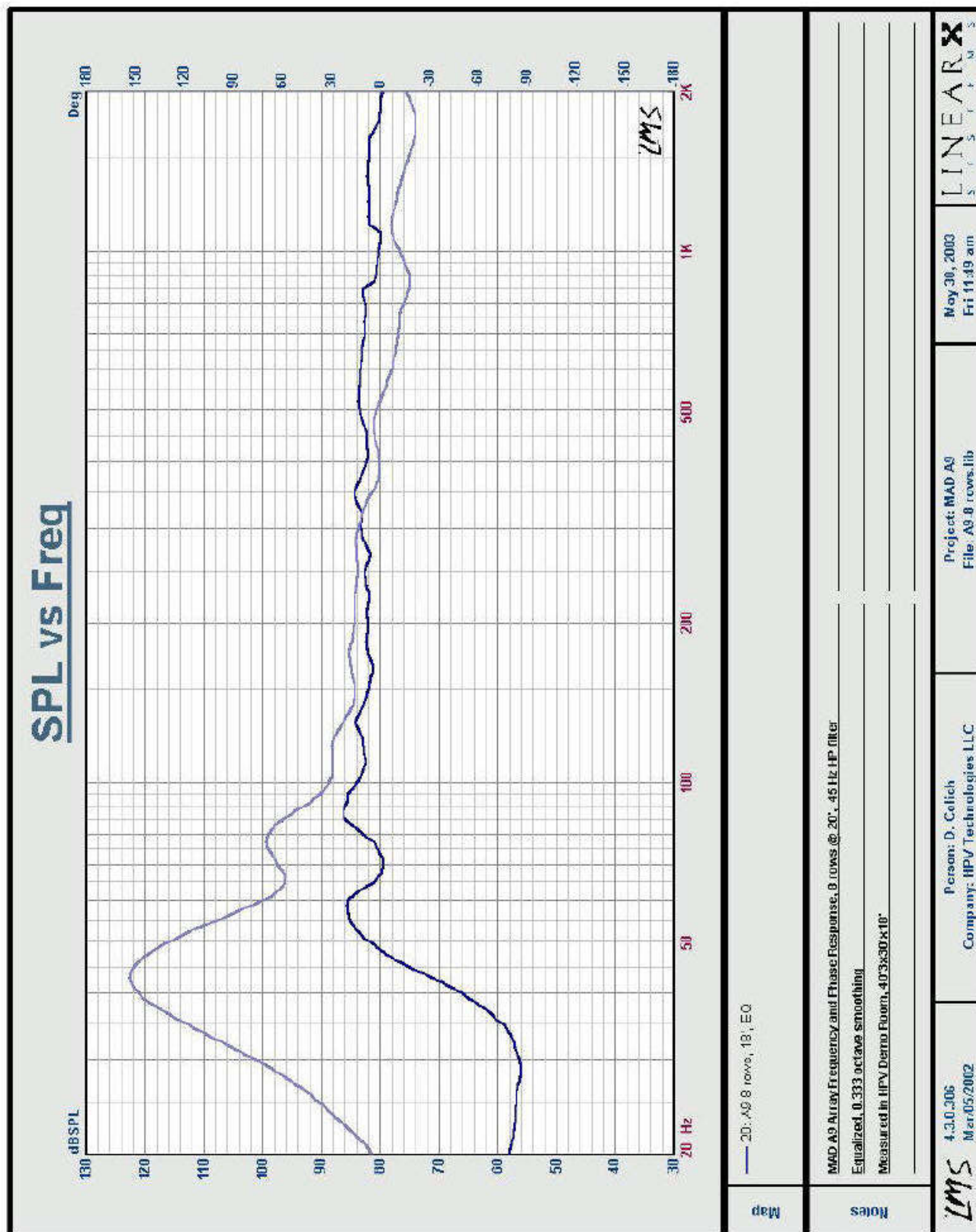
Les graphes suivants montrent la réponse assez linéaire du système, avec une directivité verticale telle celle d'un line array standard et une directivité horizontale maîtrisée. Les graphes sont pour quatre rangées de neuf hauts parleurs, avec une inclinaison de 0° entre chaque rangée.

Un haut parleur MAD planar :

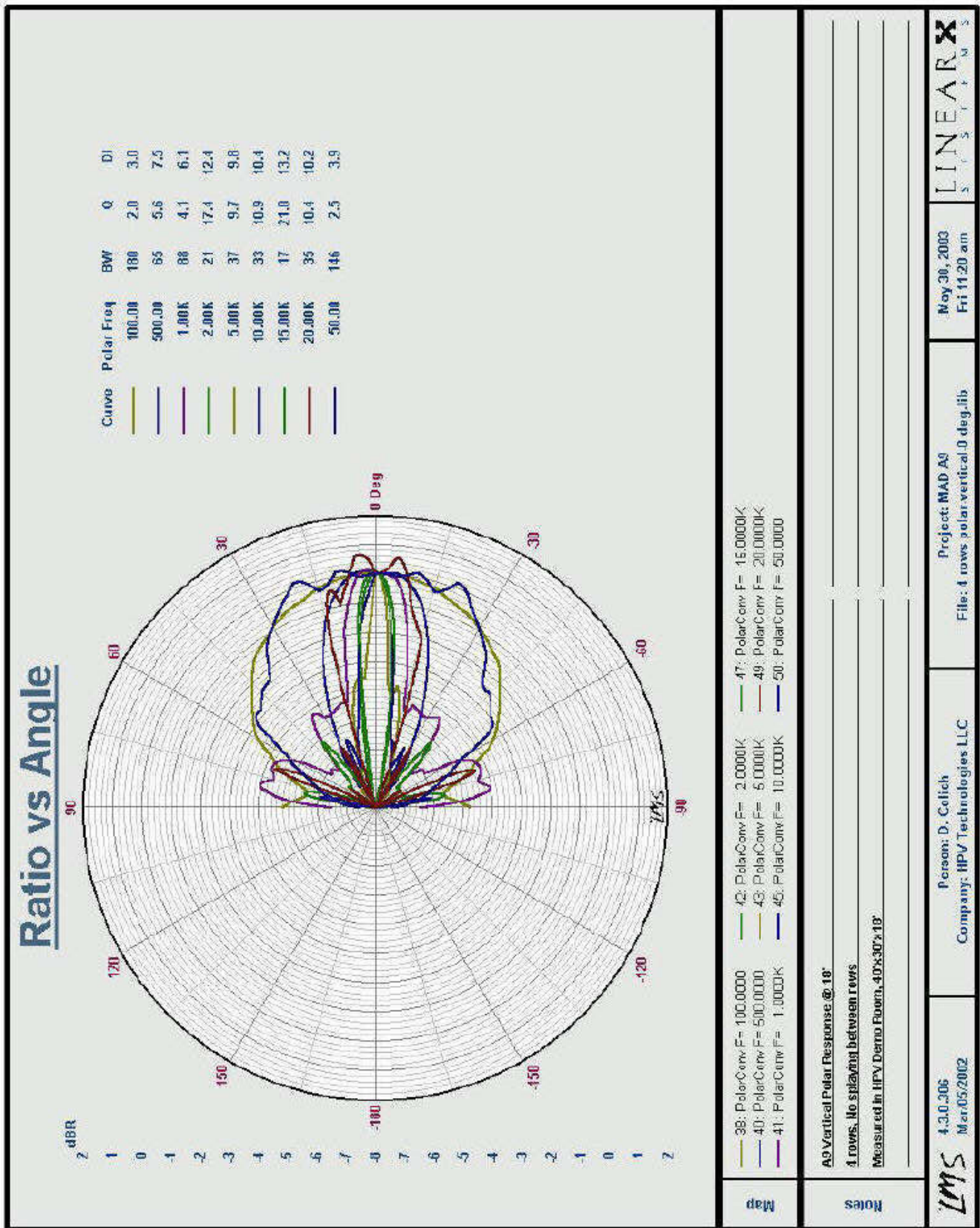
MAD™ planar magnetic driver:
key to array performance



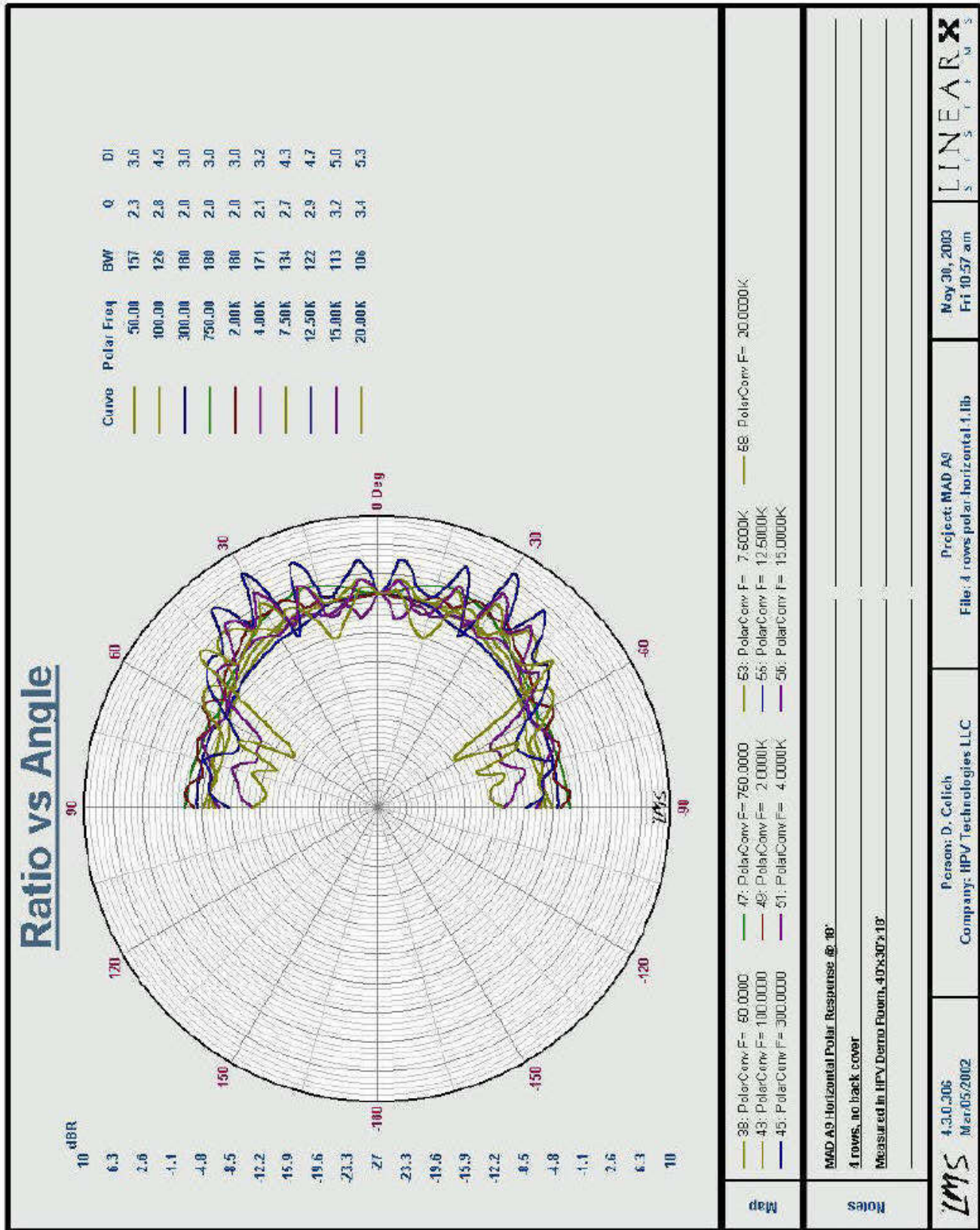
Sur le graphe suivant on voit la réponse fréquentielle en bleu foncé avec l'EQ corrective en clair (système sans sub)



Courbes polaires : réponse verticale



Courbes polaires : réponse horizontale





**Surface Array™
MAD - A9 One**

Muzikbox™

MAD Subwoofer™

VI - SOURCES

Les seules sources d'information sur les line array se trouvant sur Internet, je tiens à remercier Meyer Sound, JBL, EAW et L-Acoustics pour les informations mises en ligne, le site Web de l'AES pour les publications mises en ligne(ce qui est maintenant payant hélas), ainsi que MAD Planar.