

Directives de conception pour une proximité pratique

Réseaux de lignes de champ

James R. Griffin, Ph.D.

Sauf indication contraire, toutes les informations contenues dans ce document sont protégées par les lois américaines et internationales sur le droit d'auteur. Vous pouvez citer ou copier ce matériel pour un usage personnel non commercial. Vous ne pouvez pas copier ce matériel sur d'autres sites Web, sauf autorisation de ma part. Vous ne pouvez pas utiliser les informations contenues dans ce document pour des applications commerciales, sauf si vo

Coordonnées:

jrgriffin@cookeville.com

James R. Griffin, Ph.D.
Case postale 49515
Cookeville, Tennessee 38506 États-
Unis

Directives de conception pour les réseaux linéaires de champ proche pratiques

James R. Griffin, Ph.D.

Il est largement reconnu que les hautes colonnes de haut-parleurs qui composent un line array présentent des avantages significatifs lorsqu'elles sont correctement mises en œuvre. Le principe de source de ligne présente les avantages suivants:

- Contourne la dispersion verticale du son de sorte que les réflexions du sol et du plafond sont minimisés
- Maintient une large zone d'écoute avec remplissage de la pièce, intensité sonore presque constante
- Fournit une plage dynamique exceptionnelle et des performances linéaires

Dans la plupart des line arrays pratiques, un système bidirectionnel est établi en plaçant une ligne verticale de petits woofers qui fonctionnent sur la plage de fréquences inférieures. Cette ligne traverse une ligne verticale de tweeters qui couvre la gamme de fréquences les plus élevées. Souvent, les subwoofers augmenteraient la plage de fréquences la plus basse si une réponse très faible dans la pièce est souhaitée.

Les petits pilotes multiples dans un line array bidirectionnel avec des connexions parallèles/séries présentent les avantages suivants:

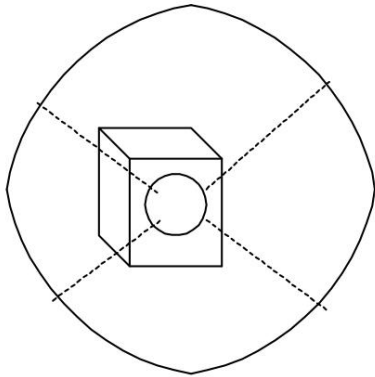
- Fournit des niveaux de pression acoustique de puissance plus élevés (SPL)
- Réduit la distorsion car la puissance est dispersée entre plusieurs haut-parleurs
- Permet d'atteindre une gestion de puissance plus élevée

Un certain nombre de conceptions de line array existent à la fois dans les implémentations audio professionnelles et audio domestiques, mais il existe très peu d'informations spécifiques pour les implémentations à faire soi-même. Alors que bon nombre de ces conceptions offrent d'excellentes performances, les conceptions audio professionnelles visent une couverture complète de l'auditorium et fonctionnent à la fois dans les champs proches et lointains. Les line arrays commerciaux à usage domestique peuvent être caractérisés comme très chers et bien au-delà des moyens de la plupart des audiophiles. Dans cet article, nous dériverons des critères de conception qui se traduiront par un réseau de lignes pratique pouvant être construit par un constructeur de haut-parleurs avancé. Nous ne couvrirons pas les aspects bien connus de la conception des haut-parleurs, mais nous nous concentrerons plutôt sur les attributs uniques de la conception de line array.

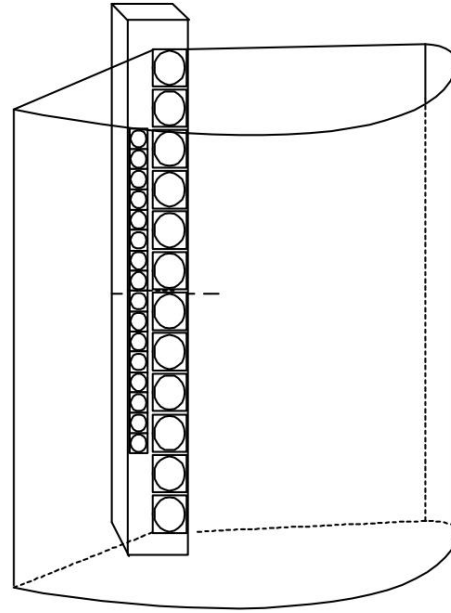
Définitions de champ proche et lointain

Tous les haut-parleurs produisent du son à la fois dans le champ proche (près du haut-parleur) et dans le champ lointain à mesure que la distance augmente. Les champs proches et lointains sont également connus respectivement sous le nom de champs de Fresnel et de Fraunhofer. Les haut-parleurs à source ponctuelle conventionnels génèrent un front d'onde sphérique (voir la figure 1A) et ils placent l'auditeur entièrement dans le champ lointain tandis que les réseaux de lignes peuvent localiser l'auditeur dans les champs proches ou lointains. Pour un réseau linéaire, le champ proche correspond à l'endroit où le son rayonné ressemble à un front d'onde cylindrique vertical (voir la figure 1B) qui se transforme dans le champ lointain en un rayonnement sonore sphérique. Pour mieux visualiser ces différences, la figure 2A représente une vue latérale du rayonnement vertical d'une source linéaire et illustre les régions de champ proche et lointain. La hauteur de la source est, h , la distance de la source est, r , tandis que la transition du champ proche au champ lointain se produit à la distance, d .

Dans le champ proche, l'atténuation du son dans la pièce diminue inversement à la



**Figure 1A -- Source ponctuelle --
Front d'onde sphérique**



**Figure 1B -- Line Array -- Cylindrique
Front d'onde (champ proche)**

Figure 1. Source ponctuelle et diagrammes de front d'onde Line Array

distance ou 3 dB par doublement de distance des enceintes. Lorsque le rayonnement se déplace vers le champ lointain, le son diminue inversement au carré de la distance à la source ou de 6 dB par double de la distance à la source. Remarquez également dans la figure 2A comment le flux d'énergie diffère entre les champs proches et lointains. Dans le champ proche, le rayonnement vertical de la source s'étend perpendiculairement à la ligne et pratiquement aucun rayonnement ne se produit au-delà de l'étendue du réseau. Par conséquent, peu d'énergie serait réfléchi par les limites du plafond et du sol dans la salle d'écoute. Dans le champ lointain, le flux d'énergie est radial et s'étend à mesure que la distance augmente, de sorte que des réflexions sur les frontières se produisent.

La figure 2B montre des diagrammes polaires verticaux d'un line array de 3 mètres de haut à 12 kHz. Trois distances de mesure sont illustrées à 5, 50 et 500 mètres. Remarquez comment le modèle de champ de 5 m est très plat à travers l'ouverture du réseau avec pratiquement aucun rayonnement au-delà de l'étendue du réseau. Lorsque la distance augmente, c'est-à-dire 50 et 500 mètres, la couverture angulaire verticale des diagrammes de rayonnement est considérablement réduite, mais illustre toujours la longue portée de projection d'un réseau linéaire. Par conséquent, ce line array couvrirait un public dans une grande salle.

Notre objectif est de développer un système de haut-parleurs line array pour la maison qui assure que l'auditeur soit dans le champ proche autant que possible. Nous entendons généralement une combinaison de son direct qui traverse directement les haut-parleurs et de son réfléchi qui nous parvient après la réverbération des murs, du sol et du plafond. Mais dans le champ proche, le son direct des haut-parleurs domine, ce qui atténue les effets de la pièce. Par conséquent, l'écoute en champ proche s'apparente davantage à l'écoute de la réponse anéchoïque des haut-parleurs par rapport à une combinaison de son direct et de tout renforcement ou annulation de la pièce. Nous réaliserons également des avantages secondaires tels qu'une scène sonore et une imagerie exceptionnellement larges si l'écoute se produit entièrement dans le champ proche. Tout flou dû au son réfléchi sera minimisé.

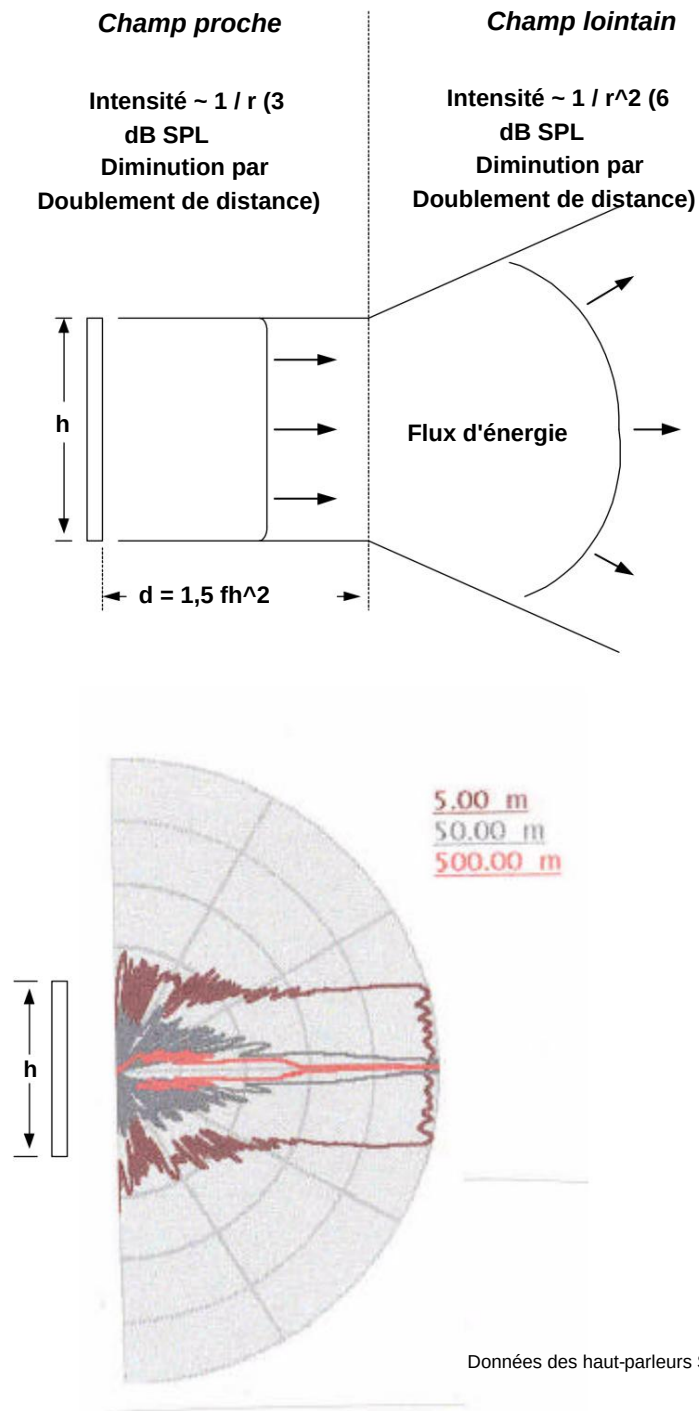


Figure 2. Définitions des régions de champ proche et lointain de Line Array (Figure 2A en haut)
Modèles de rayonnement polaire en champ proche et lointain (figure 2B en bas)

Enfin, une pile verticale de pilotes de source ponctuelle peut agir comme un seul pilote allongé. Si les haut-parleurs individuels reçoivent tous le même signal, la pile de haut-parleurs émettra une onde acoustique qui se rapproche des performances d'un seul haut-parleur allongé dans certaines conditions. Par conséquent, nous avons une grande source sonore cylindrique car le champ sonore a été transposé en un front d'onde sonore vertical. Nous dériverons les lignes directrices et les règles qui sont nécessaires pour produire l'effet de ligne de champ proche plus loin dans cet article.

Arrière-plan de réseau de lignes

Une grande partie de la littérature (voir références [1] - [5]) sur la technologie line array est centrée sur l'application pour des applications professionnelles de sonorisation. En règle générale, ces applications doivent fonctionner à la fois dans les champs proches et lointains. Le rayonnement sonore en champ lointain pour les line arrays est facilement caractérisé par des équations de forme fermée et des modèles mathématiques tels que donnés par les chercheurs (voir [3] - [5]). Ces résultats conduisent à des tracés et des graphiques de rayonnement polaire qui peuvent décrire les performances en champ lointain des line arrays. Parmi les premiers rapports de recherche sur les réseaux de lignes et de modélisation mathématique, l'article de Lipshitz et Vanderkooy (voir [6]) a été l'un des premiers traitements traitant de la modélisation des réseaux dans les situations de champ proche et de chute. Plus récemment, Urban et al. [1] et Heil et Urban [2] adaptent les techniques optiques de Fresnel à l'acoustique des line arrays. Leurs recherches heuristiques permettent de mieux comprendre les phénomènes physiques de la façon dont les sources sonores discrètes se rapprochent d'une source de ligne continue. Les résultats des analyses en champ proche et lointain seront utilisés dans nos critères de conception de line array.

Dans la littérature (voir Lipshitz et Vanderkooy [6], Urban, et al [1], Ureda [3], et Geddes et Lee [10]) plusieurs défauts des line arrays sont cités. Ces problèmes, qui ont été soulevés par plusieurs chercheurs, sont décrits dans le tableau I. Les critères de conception du line array permettront d'atténuer bon nombre de ces problèmes.

Tableau I. Problèmes de conception de line array et techniques d'atténuation

Problèmes de	Références	Techniques d'atténuation
conception 3 dB par octave en baisse Pente de réponse en fréquence pour Réseaux monopolaires	[6]	β Égaliser la variation via des ajustements croisés pour des performances simulées et/ ou mesurées
Réponse à la pression acoustique en champ proche Ondulations dues à la longueur finie Lignes	[1], [3], [6], [11]	β Sélectionnez correctement les longueurs de ligne pour assurer une transition champ proche/lointain supérieure à la distance d'écoute β Les effets de salle (réverbération) atténuent certaines dégradations
Interférences destructives de ligne de peigne pour les réseaux de lignes de pilotes circulaires	[1], [2], [3], [4]	β Limitez l'espacement centre à centre entre les haut-parleurs à moins d'une longueur d'onde β Utilisez la réduction de puissance pour réduire l'effet
Causes des discontinuités de source de ligne Lobes hors axe pour les pilotes de type fente	[1], [2], [3]	β Maximiser le facteur de rayonnement actif via la sélection et le placement du pilote
Sound Bloom causé par une inégalité Longueurs verticales du trajet sonore entre Pilotes et auditeur en champ proche pour un Déflecteur plat	--	β Utilisez un déflecteur incurvé pour égaliser les trajets sonores β Utiliser l'effet de précérence via la réduction de puissance verticale β Problème inhérent aux line arrays
Réponse impulsifionnelle non linéaire	[6]	

Sélection des paramètres et autres décisions de conception de réseau de lignes

Les réseaux de lignes ont des critères spécifiques pour la hauteur globale, les longueurs de ligne de chaque pilote, l'espacement physique entre les pilotes, les problèmes de fréquence de croisement spécifiques, le calcul des niveaux de pression acoustique et des impédances du réseau et des méthodes pour empêcher la dégradation du son. La figure 3 délimite les paramètres géométriques concernés par le concepteur de line array.

Urban et al [1] dérivent des paramètres de réseau de lignes basés sur des techniques d'analyse de Fresnel (champ proche) tandis qu'Ureda [3] développe des critères similaires mais s'appuie sur des méthodes de champ lointain. Pour appréhender les différents paramètres de conception de line array, le tableau II a été préparé pour détailler ces différents éléments. Dans la colonne la plus à droite, les critères d'Ureda [3] sont donnés tandis que la colonne suivante à gauche sont les paramètres d'Urban, et al [1]. La colonne des lignes directrices recommandées donne un ensemble spécifique de paramètres qui sont discutés dans le texte suivant.

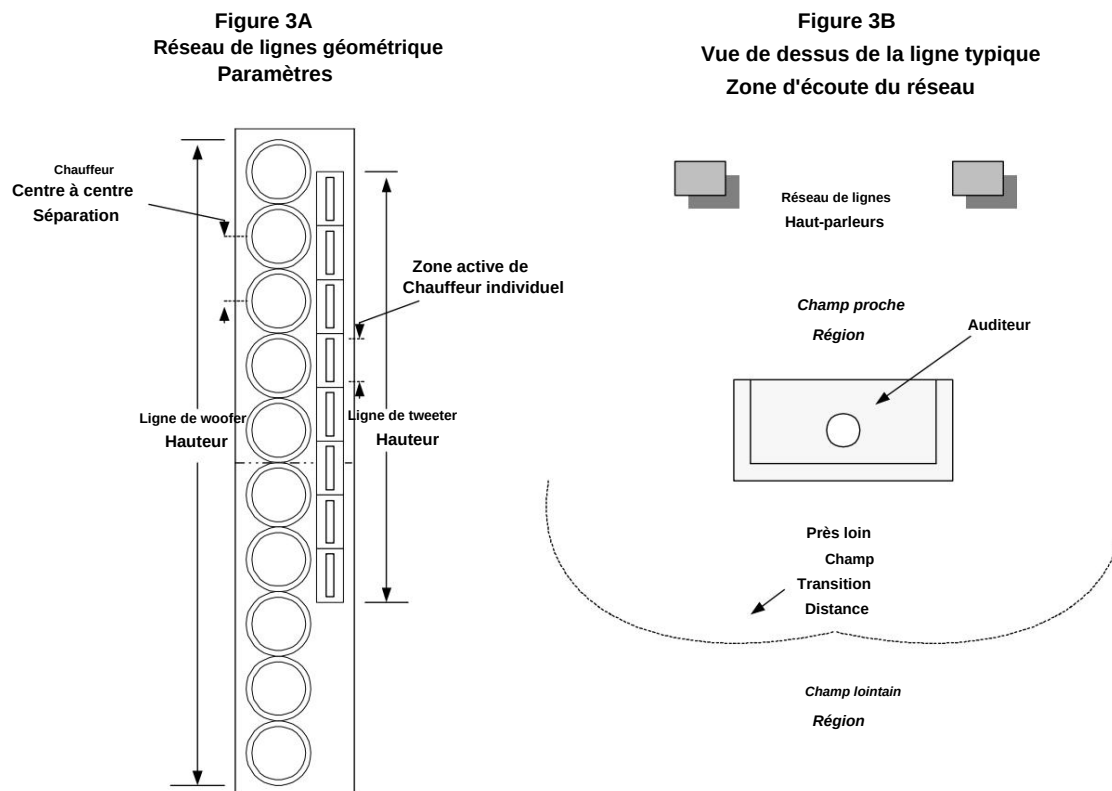


Figure 3. Paramètres et définitions des réseaux linéaires

Tableau II. Critères de conception de réseau de lignes (les unités sont des mètres et des kilohertz)

Paramètre	Recommandé Ligne directrice	Critères du champ proche Analyse [1]	Critères de loin Analyse de terrain [3]
Champ proche/lointain Distance de transition (ré)	$d = 1,5 f h^2$ (Voir Figure 5)	$d = 1,5 f h^2 \sqrt{1 - 1 / (3 h f)^2}$ $d \sim 1,5 f h^2$	$d = 1,45 f h^2$
Hauteur (Longueur) de Woofers et Tweeters Lignes	Placer l'auditeur dans Proche Champ (Utiliser la distance vers la transition champ proche/lointain) (Voir la figure 5 et le texte)	--	--
Basse fréquence Coupe (f)	$f = 1 / (3h)$ (Ligne de tweeter) $f = 1 / (9h)$ (Ligne de woofer avec plancher et aide au plafond) (Voir la figure 5 et le texte)	$f = 1 / (3h)$	--
Centre à centre Séparation entre Pilotes circulaires (à la fréquence la plus élevée)	$< l$ (Voir la figure 8 et le texte)	$< l / 2$	$< l$
Rayonnement actif Facteur pour l'emplacement Pilotes (rectangulaires)	$> 76\%$ (Voir la figure 9 et le texte)	$> 80\%$	Impact hors axe de Lacunes présentées

Distance de transition champ proche/lointain ou distance critique

Pour illustrer la réponse de la pression acoustique en fonction de la distance pour un line array, considérons d'abord la figure 4 qui représente le SPL d'une ligne source de 4 m de haut à 8 kHz (adapté de Ureda [11]). Dans le champ proche, la réponse diminue à un taux de 3 dB par doublement de distance (10 dB par décade) tandis que dans le champ lointain, la réponse diminue à un taux de 6 dB par doublement de distance (20 dB par décade). Remarquez les ondulations croissantes des performances en champ proche lorsque la réponse passe du champ proche au champ lointain. La distance de transition champ proche/lointain est souvent définie comme la distance critique à laquelle le son direct de la source et les sons réverbérés sont au même niveau (voir Ureda [11]). Les ondulations de la réponse en fréquence par rapport à la distance sont manifestes avec n'importe quel réseau de lignes de longueur finie - qu'il soit mis en œuvre en tant que source continue unique ou avec des pilotes discrets.

La distance de transition du champ proche au champ lointain est un facteur de mérite important à des fins de conception de réseau de lignes. Dans la littérature, Ureda [3] tire cette distance de considérations de champ lointain tandis qu'Urban et al. [1] développe des équations similaires à partir de calculs géométriques et numériques ou de Fresnel. Dans le tableau II, ces relations sont données où la distance de transition champ proche/lointain est d (en mètres), h (en mètres) est la hauteur de la ligne et f est la fréquence en kHz. L'équation recommandée pour la distance de transition est tracée à la Figure 5 sur toute la plage audio pour différentes hauteurs de ligne.

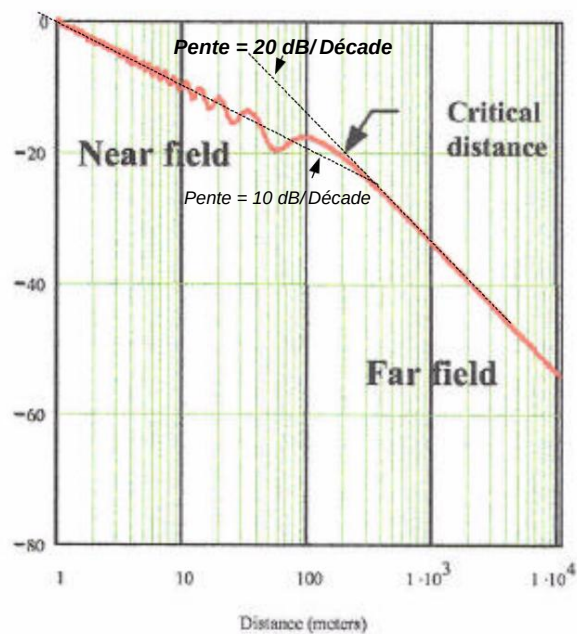


Figure 4. Réponse à la pression acoustique du réseau linéaire par rapport à Distance

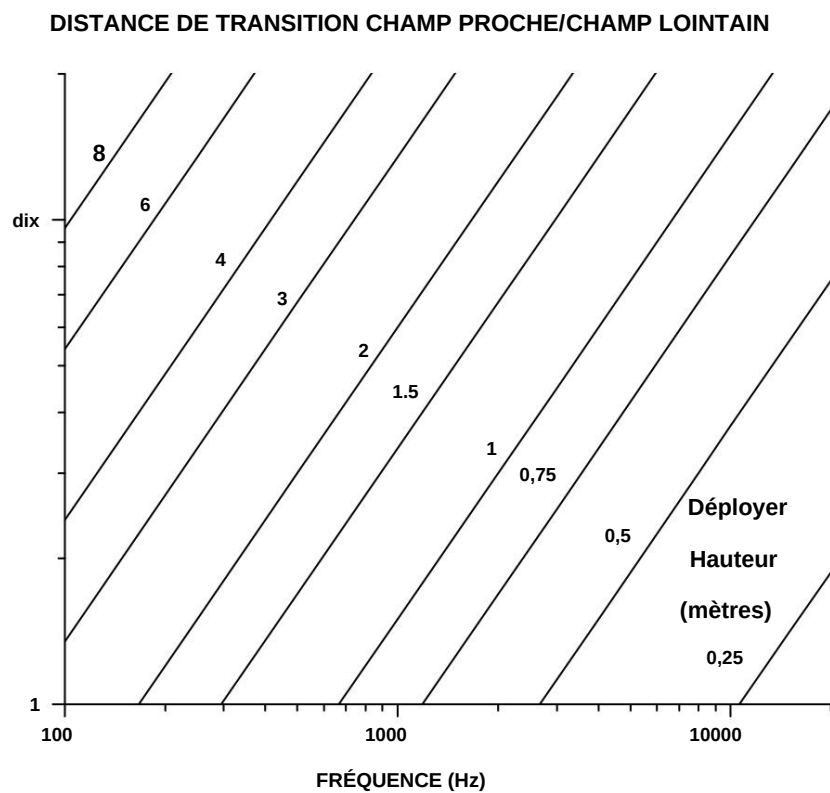


Figure 5. Distance de transition champ proche/champ lointain

Hauteur de ligne du woofer et du tweeter

Hauteur de la ligne du woofer. Alors qu'une source de ligne idéale qui s'étend à l'infini serait une ligne de woofer idéale, une telle implémentation n'est pas réalisable. Pour une longueur tronquée, par exemple un réseau de lignes qui s'étend du sol au plafond, vous pouvez approximer une ligne infinie dans une pièce. À partir de la figure 5, nous pouvons faire des compromis entre les sélections de la hauteur de ligne, la fréquence couverte et la distance de transition souhaitée qui localise l'auditeur dans le champ proche.

Mais ce compromis peut ne pas indiquer des performances adéquates pour la plage de fréquences la plus basse. Par exemple, étant donné un critère de transition champ proche/champ lointain de 4 m (13,1') ou plus et une ligne de woofer haute de 2 m (6,6') composée de haut-parleurs coniques, alors l'équation de transition champ proche/lointain utilisée pour la figure 5 indique que la plage de champ proche est satisfaite pour les fréquences supérieures à 667 Hz. Au-dessous de cette limite basse fréquence, les performances en champ proche tendent vers un fonctionnement en champ lointain. Cependant, pour cette situation, nous réalisons des avantages supplémentaires grâce aux réflexions ou à la réverbération dans la pièce qui améliorent la dispersion angulaire verticale du réseau. Par conséquent, les haut-parleurs du réseau ont des réponses dans la pièce qui se refléteront sur les surfaces du sol et du plafond sur la plage de fréquences inférieures. Ces réflexions d'image miroir dans la pièce sont illustrées à la figure 6. Si le sol et le plafond ont une acoustique parfaite

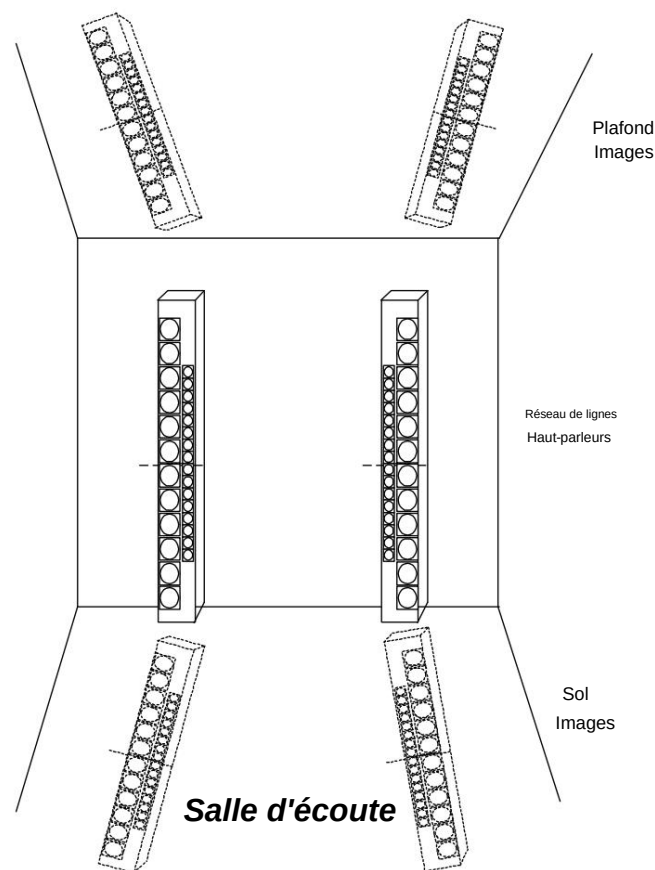


Figure 6. Réflexions d'image miroir basse fréquence au sol et au plafond

réflectivité, alors ces réflexions rebondiraient entre les surfaces de sorte que la ligne s'étende théoriquement à l'infini. Désormais, les surfaces parfaitement réfléchissantes ne sont pas réalistes. En règle générale, il est donc recommandé de supposer que la longueur de la matrice de lignes est prolongée de 3 fois sa hauteur (la hauteur de la ligne plus les réflexions de l'image du sol et du plafond). En effet, la ligne de deux mètres de haut semblera être une ligne de 6 m (19,7') de long.

Par conséquent, cette ligne aurait des performances de champ proche qui s'étendent jusqu'à moins de 100 Hz à une distance d'écoute de 4 m (13,1') (voir Figure 5). Naturellement, ces calculs de ligne de woofer dans cet exemple supposent que les woofers individuels de la ligne ont des réponses en basse fréquence qui peuvent s'étendre en dessous de 100 Hz. Enfin, la combinaison de woofers dans un line array peut légèrement étendre la réponse en basse fréquence par rapport à un seul haut-parleur.

Enfin, le meilleur couplage basse fréquence aux frontières se produit lorsque les distances entre chaque extrémité de la ligne et le plafond et le sol sont inférieures à une longueur d'onde, respectivement. En règle générale, la hauteur de la ligne du woofer doit être supérieure à 70% de la hauteur de la pièce pour un couplage efficace des limites.

Hauteur de la ligne du tweeter. En ce qui concerne la longueur de la ligne du woofer, la longueur idéale de la ligne du tweeter s'étendrait également du sol au plafond. Une telle longueur assurerait un rayonnement sonore en champ proche pour toute la pièce. Les implémentations possibles seraient un très long tweeter à ruban / planaire ou un grand nombre de petits tweeters à dôme si une longueur de ligne du sol au plafond est souhaitée. Cependant, l'une ou l'autre de ces implémentations serait coûteuse.

Pour aider à la sélection de la longueur de la ligne de tweeter qui équilibrera le mieux les problèmes de praticité et de coût, nous évaluerons ces considérations :

1. Distance minimale de transition champ proche/lointain. À partir de la figure 5, vous pouvez déduire une hauteur spécifique pour la ligne du tweeter en examinant d'abord la distance de transition champ proche/lointain acceptable la plus basse à la fréquence de croisement attendue, qui est supposée être la fréquence de fonctionnement la plus basse pour le tweeter. À partir du tracé, le point d'interception sur les différents contours de hauteur de ligne détermine ensuite la longueur minimale de la ligne de tweeter pour projeter un champ proche au-delà de la distance de transition. Notez que cette distance varie directement avec la fréquence, de sorte qu'une extension plus longue du champ proche est observée à mesure que la fréquence augmente.
2. Couverture de la position d'écoute. Considérez également la position d'écoute et si vous souhaitez couvrir la position assise (un peu moins d'un mètre (39,4") au-dessus du sol au niveau des oreilles) uniquement ou les deux positions debout (généralement jusqu'à 1,8 m (70,9") de hauteur) et assise. Par conséquent, dans de nombreuses situations, une hauteur de ligne de tweeter devrait être supérieure à un mètre pour couvrir de manière adéquate les positions assise et debout. Notez également que pour les réseaux de tweeters à ruban unique ou à petit ruban/plan, toute longueur de tweeter nettement inférieure à la position d'écoute assise ou au-dessus de la position debout peut ne pas contribuer de manière significative au son entendu par l'auditeur. Si vous écoutez en étant allongé à plat sur le sol ou si vous mesurez plus de deux mètres, vous souhaitez peut-être augmenter la longueur du tweeter de manière appropriée.
3. Puissance rayonnée. Si les lignes du woofer et du tweeter sont très différentes dans leur longueur, la puissance rayonnée totale dans la pièce d'écoute peut différer lorsque le son passe d'une ligne à l'autre. Bien que la réduction de puissance de la ligne du woofer puisse aider à équilibrer le son entre les lignes, le respect des deux critères énumérés ci-dessus atténuera généralement les perturbations sonores.

D'après la figure 4 (voir également les références dans le tableau I), nous nous souvenons que les études de modélisation mathématique montrent que les réseaux de longueur de ligne finie présentent des ondulations dans la réponse en fréquence qui montrent des fluctuations d'amplitude en fonction de la distance de la source. La réverbération de la pièce (images du sol et du plafond) lissera et étendra les performances de réponse en fréquence de la ligne de woofers, tandis que la ligne de tweeter bénéficiera généralement de la réverbération des parois latérales de la pièce. Cette réverbération atténuera les effets de toute irrégularité dans la réponse en fréquence.

Comme exemple de sélection de longueur de ligne de tweeter, considérez qu'une ligne de tweeter de 1,2 m (47,3") de long lorsqu'elle fonctionne à 3000 Hz aura une transition de champ proche/lointain à 5 m (16,4') de la source comme indiqué dans la Figure 5. Au-delà de 5 mètres de distance d'écoute (à 3000 Hz), le champ sonore tendra vers un champ lointain (6 dB par doublement du taux de chute de distance). Également une ligne de 1,2 mètre de long qui, si elle est positionnée de 0,6 m (23,6") à 1,8 m (70,9"), serait suffisante pour couvrir les positions d'écoute assise et debout. Pour les fréquences supérieures à 3000 Hz, le champ proche s'étend bien au-delà de 5 m.

Séparation du conducteur

L'objectif de la détermination de l'espacement entre les pilotes dans un line array est de les positionner de manière à se rapprocher le plus possible d'une source de ligne continue. Cela donnerait un front de phase constant (condition d'isophase). Nous allons considérer trois cas-- pilotes circulaires (cône et dôme), pilotes de fente (rectangulaires) et pilotes de ruban/planaires.

Séparation des conducteurs centre à centre (conducteurs circulaires). Nous voulons que notre réseau de pilotes discrets se rapproche d'une source de ligne continue. Cet espacement est la séparation entre les centres des pilotes adjacents dans la ligne et comprend toutes les tolérances de montage et les brides entourant les pilotes. Dans la limite, l'espacement le plus proche serait dicté par les diamètres de bride des pilotes, bien que certains pilotes aient des brides tronquées qui permettraient un espacement plus étroit. Deux solutions différentes (tableau I) pour les directives de séparation des conducteurs sont présentées dans la littérature pour les conducteurs circulaires. Ces cas sont :

1. Champ lointain. Ureda [3] utilise la directivité du pilote pour déterminer que les pilotes circulaires doivent être positionnés dans une longueur d'onde centre à centre à leur fréquence de fonctionnement la plus élevée. La longueur d'onde est égale à la vitesse du son (344 m/s ou 1130 pieds/s) divisée par la fréquence. La directivité des multiples pilotes dans la ligne augmente jusqu'à ce qu'un espacement de longueur d'onde soit atteint et commence à diminuer au-delà de cet espacement. La figure 7 illustre comment le front d'onde sonore est créé par un réseau linéaire.
Un espacement inférieur à une longueur d'onde crée un front de phase constant mais des lignes de peigne commencent à se former au-delà d'une séparation de longueur d'onde. A deux longueurs d'onde de séparation, la première annulation se produit. La directivité continue de diminuer avec des effets de ligne de peigne plus sévères à mesure que l'espacement augmente au-delà de deux longueurs d'onde.
2. Champ proche. Urban et al [1] dérivent un critère plus restrictif d'une séparation maximale d'une demi-longueur d'onde entre les pilotes à leur fréquence de fonctionnement la plus élevée.
L'analyse de Fresnel est utilisée et une grille de perturbation est utilisée pour obturer une source de ligne continue dans leur travail. Cette analyse est basée sur leur désir de placer tous les creux de champ lointain (nuls) dans la réponse d'angle hors axe du réseau au-delà de $p/2$ (90 degrés). Cela garantit que les lobes secondaires (hors axe) dans le champ sonore sont inférieurs de plus de 12 dB à la réponse dans l'axe (lobe principal).

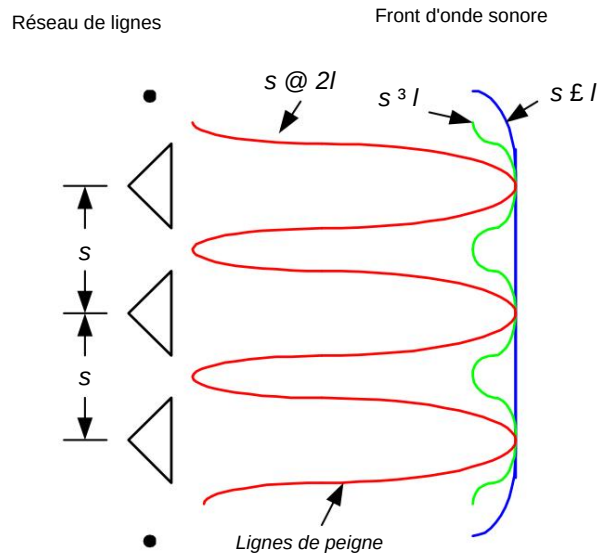


Figure 7. Vue latérale du réseau de lignes montrant les lignes de peigne du front d'onde sonore

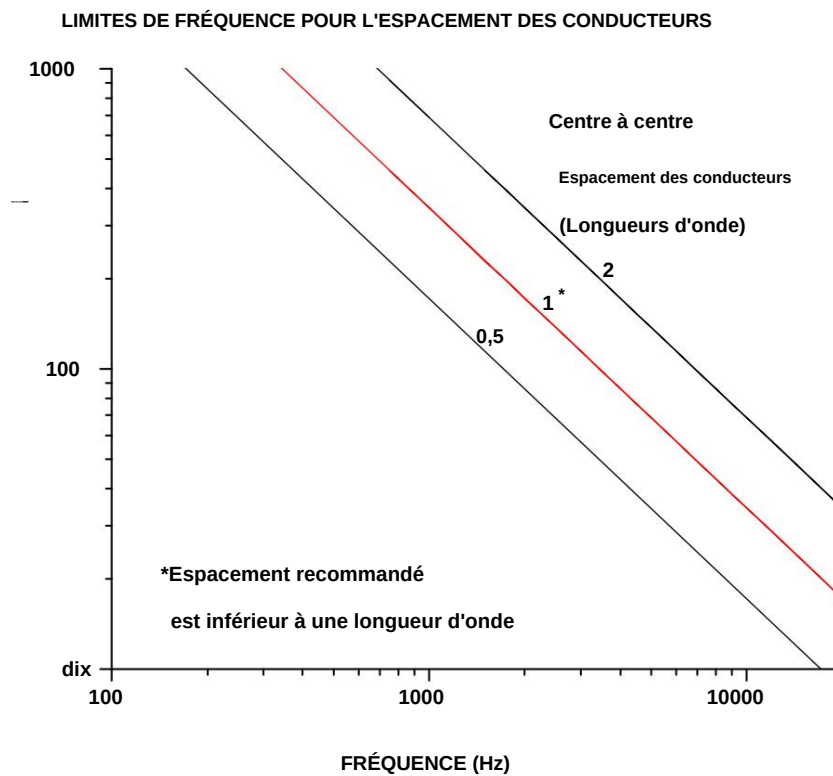


Figure 8. Espacement centre à centre des pilotes

La figure 8 est un tracé de la longueur d'onde en fonction de la fréquence avec des lignes représentées pour un espacement de centre à centre d'une demi, une et deux longueurs d'onde entre les pilotes. Compte tenu de ces deux critères centre à centre différents (espacement d'une demi-longueur d'onde ou d'une longueur d'onde), l'aspect pratique du réseau de lignes doit également être pris en compte avant l'adoption d'une directive spécifique. Pour la ligne de woofers, la fréquence de fonctionnement la plus élevée de cette ligne est supposée être au point de croisement. Par conséquent, pour une séparation de longueur d'onde et si vous utilisez l'objectif d'Urban, et al [1] est de limiter les zéros hors axe dans le champ lointain, alors les zéros hors axe seraient aussi proches que 30 degrés dans le plan vertical du champ lointain. Alors qu'un zéro de 30 degrés dans la direction verticale du champ lointain serait au-dessus ou au-dessous de l'auditeur à des distances d'écoute typiques, cela serait donc probablement acceptable dans la plupart des utilisations de réseau de lignes domestiques, car nous supposons que toute l'écoute se fait dans le champ proche, ce qui minimiserait imperfections de champ lointain.

Pour la ligne de tweeter, un espacement très étroit de centre à centre est difficile à atteindre car de très petits pilotes circulaires seraient nécessaires pour le critère d'une longueur d'onde ou en particulier pour le critère de demi-longueur d'onde. Envisagez un fonctionnement à 20 kHz où une longueur d'onde est de 17,2 mm (0,68") et une demi-longueur d'onde est seulement de 8,6 mm (0,34"). Indépendamment de leurs brides environnantes, les tweeters à dôme sont disponibles en diamètres de 25 mm (1"), 19 mm (0,75") et 13 mm (0,5"). Par conséquent, quelle que soit la tolérance de bride de montage, les critères ctc d'une longueur d'onde ou d'une demi-longueur d'onde sont très difficiles, voire impossibles, à satisfaire à 20 kHz. Mais, si nous assouplissons le critère ctc, davantage de lobes secondaires apparaîtraient dans la gamme de fréquences de 10 à 20 kHz. Heureusement, dans cette octave, l'oreille est moins sensible (selon les courbes de Fletcher Munson), de sorte que tous les lobes secondaires seraient probablement moins audibles pour l'auditeur.

Ainsi, si un espacement de longueur d'onde à 10 kHz est adopté comme compromis, l'espacement des tweeters devrait être de 34,4 mm (1,35") ctc. Alors que davantage de lobes secondaires hors axe seraient générés dans le champ lointain, de petits tweeters à bride sont disponibles pour répondre à cette dimension. Le compromis est une possible dégradation du son à partir de lignes en peigne proches de 20 kHz.

Pilotes de facteur de rayonnement actif (ARF) et de fente (rectangulaire). Alors que l'espacement centre à centre a du sens pour les conducteurs circulaires, un autre critère proposé par Urban et al [1] est plus utile pour les conducteurs à fente ou rectangulaires disposés en ligne. Leur application les amène à mettre en œuvre un haut-parleur haute fréquence qui utilise une lentille acoustique à guide d'ondes sur les haut-parleurs à pavillon. Ces haut-parleurs rectangulaires ont des champs sonores qui se chevauchent. Auparavant, Ureda [3] avait démontré l'impact des lacunes avec son analyse en champ lointain. Ces écarts ont peu d'effet sur le lobe sonore de champ lointain primaire dans l'axe, mais à des fréquences plus élevées, le lobe latéral la structure change sensiblement avec la longueur de l'espace. Les lobes s'élargissent et changent de position. Urbain, et al. [1] dérive un critère basé sur l'ARF qui est le rapport de la longueur rayonnante active du pilote à la longueur totale qui sépare la zone active réelle d'un pilote de la zone active du pilote suivant dans la ligne. La distance de séparation comprend à la fois les bords de la bride et tout décalage de montage entre les pilotes. L'ARF est le pourcentage total de la zone active dans le tableau. Par exemple, si le pilote est un seul pilote rectangulaire long, l'ARF est de 100%. Maintenant, si des haut-parleurs rectangulaires plus petits sont empilés, l'ARF sera moindre et, en pratique, peut être de l'ordre de 70 à 90 %.

La valeur spécifique dérivée par Urban, et al. [1] est que l'ARF doit être supérieur à 80%.

Leur analyse suppose que les haut-parleurs rectangulaires ont des champs sonores qui se chevauchent. Ils rapportent la valeur ARF à un niveau de lobe secondaire inférieur de 12 dB par rapport au lobe principal dans le champ lointain. La figure 9 représente l'ARF par rapport à divers niveaux de lobe latéral et montre également l'impact sur le SPL rayonné. Une valeur ARF de 50% aurait des lobes latéraux égaux au lobe principal et aurait un SPL inférieur de 6 dB (seule la moitié de la ligne rayonne) par rapport à une ligne continue de même longueur. Pour une conception de ligne array dans laquelle

ARF supérieur à 76 % garantirait que les niveaux des lobes latéraux seraient inférieurs de plus de 10 dB. La réduction de puissance peut également être utilisée pour réduire les niveaux des lobes latéraux en champ lointain si une réduction supplémentaire est nécessaire. Pour maximiser l'ARF, vous devez éviter tout espace entre les pilotes dans la pile, utiliser des pilotes qui ont de très petites surfaces rayonnantes ou couper les brides de pilote adjacentes afin que l'espacement soit minimisé.

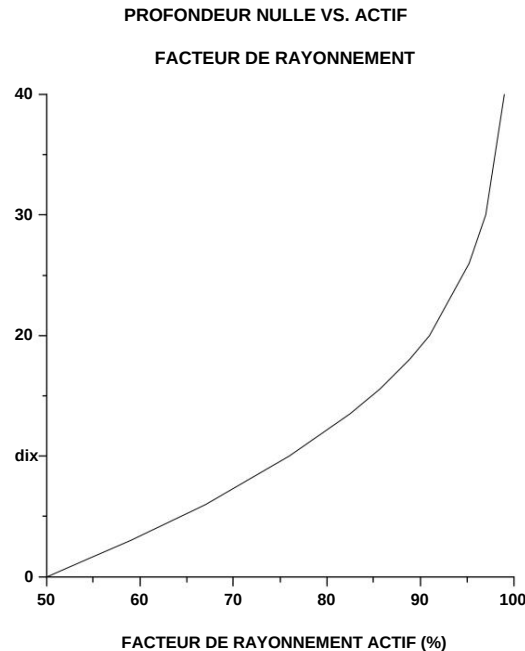


Figure 9. Profondeur nulle par rapport au facteur de rayonnement actif

Pilotes ruban/planaires avec dispersion de chevauchement minimale. Comme indiqué précédemment, le critère ARF de 80% énoncé par Urban [1] suppose une couverture verticale chevauchante à partir de conducteurs discrets. Ce critère ne s'applique pas strictement aux sources courtes planes ou en ruban. Alors qu'un seul et long ruban peut facilement couvrir la zone d'écoute avec un champ sonore qui s'étend des hauteurs d'écoute assise à debout, des tweeters à ruban/planaires plus courts peuvent être empilés dans un réseau pour couvrir la zone d'écoute. Chaque tweeter court de la pile aurait une couverture sonore complète dans cette tranche de volume plate et cylindrique - une hauteur active de 150 mm (6") est typique - de la pièce d'écoute. Au-dessous et au-dessus de la zone active de chaque tweeter (au-delà de la hauteur d'environ 150 mm), vous pouvez avoir des espaces causés par les cadres des éléments individuels. Beaucoup de ces sources ont une dispersion verticale intrinsèquement limitée au-delà de la zone active de chaque haut-parleur, de sorte que peu de son provenant d'une source individuelle chevauche les champs sonores des haut-parleurs adjacents. De plus, tout chevauchement de champ sonore tend à diminuer à mesure que la fréquence augmente. Cela signifie que le gain d'efficacité du réseau est minimisé et que seules des lignes de peigne faibles ou inexistantes se forment. Bien que vous puissiez souvent discerner la quantité de chevauchement de champ sonore vertical pour ces haut-parleurs à partir des données du fabricant, des mesures sont nécessaires pour la mise en œuvre de la conception finale.

La performance d'une pile de tweeters à ruban court s'apparente à celle d'un haut-parleur à long ruban avec des espaces intermittents dans la ligne. Ces lacunes dans le son rayonné de la cheminée sont problématiques mais facilement atténuées. Si le son rayonné est mesuré verticalement vers le haut et vers le bas d'une ligne intermittente de tweeters courts à moins d'un mètre de distance, la réponse chute à

une fréquence qui correspond à un espacement de deux longueurs d'onde entre les zones actives d'éléments adjacents serait notée dans le motif vertical. Mais, si cette ligne est sondée à une plus grande distance, ces creux de réponse verticale ont tendance à se combler car une dispersion verticale suffisante rayonne des sources à des angles très faibles depuis les extrémités de la région active de chaque pilote pour couvrir ces lacunes. Cet effet est illustré à la Figure 10. Par exemple, un rayonnement vertical supplémentaire d'un degré comblera les espaces de 50 mm (2") entre les haut-parleurs adjacents à une distance d'écoute de 3 m (9,8 pieds). Par conséquent, comme le groupe de ces tweeters est empilé en ligne, les coins ou tranches de champ sonore de chaque tweeter deviennent continus et couvrent tout le volume vertical de votre pièce d'écoute du bas au tweeter supérieur. Bien que ces volumes sonores plats aient un chevauchement minimal qui peut offrir peu d'amélioration du SPL global de la matrice, il ne se forme pas non plus de lignes de peigne significatives.

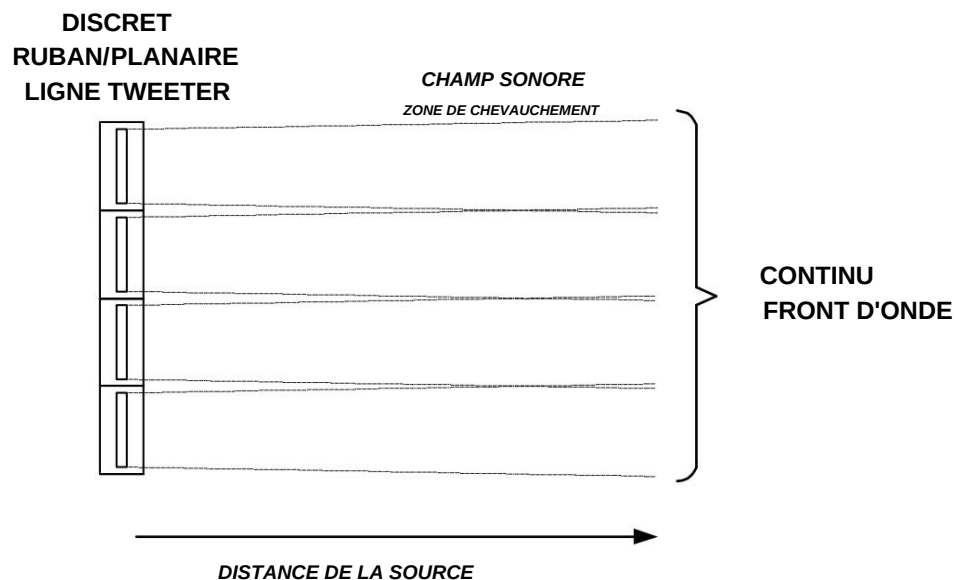


Figure 10 Des tweeters discrets à ruban/planaires produisent un signal continu Front d'onde

Sélection du pilote et considérations de croisement pour les line arrays

Une multitude de pilotes sont disponibles pour être incorporés dans un line array. De nombreux conducteurs circulaires, à la fois en cône et en dôme, peuvent être achetés avec différents diamètres et prix. Ces haut-parleurs circulaires sont disponibles avec des sensibilités pouvant aller jusqu'à dB SPL de 90 et beaucoup couvrent de larges plages de fréquences. Les sources à long ruban continu sont moins courantes (jusqu'à 1,9 mètre ou 75 pouces). Malheureusement, aucun des longs rubans ne peut couvrir toute la gamme de fréquences audio et souffre d'un coût élevé (environ > 1500 \$ par paire) et d'une sensibilité généralement faible (<90 dB SPL). En revanche, de courts rubans discrets et des haut-parleurs planaires peuvent être mis en réseau et utilisés comme lignes de tweeter (généralement au-dessus de 1000 Hz). Ces rubans courts ou haut-parleurs planaires ont des sensibilités allant de 90 à 105 dB SPL. Les pilotes de ruban ou planaires peuvent être achetés à des prix qui commencent à 25 \$ chacun pour les pilotes planaires et vont jusqu'à 500 \$ par pilote pour les rubans plus exotiques. En général, la sensibilité en réseau de la ligne du tweeter doit être égale ou légèrement supérieure à

la sensibilité de la ligne du woofer. Par conséquent, tout ajustement global du niveau de sensibilité entre les lignes consisterait généralement en une légère diminution de la sortie de ligne du tweeter.

Alors que toutes les considérations de conception normales des haut-parleurs auront un impact sur la fréquence de croisement et les pentes dans un line array bidirectionnel, plusieurs contraintes supplémentaires sont nécessaires pour les performances du line array. Premièrement, si des pilotes de cône ou de dôme discrets sont utilisés dans le réseau, le critère d'espacement des lignes de peigne (moins d'une longueur d'onde de séparation centre à centre à leur fréquence de fonctionnement la plus élevée) influencera le choix de la fréquence de croisement. Tout comme les perturbations du pilote (rupture du cône, distorsion, etc.) aideront à déterminer les pentes du filtre de croisement, la réduction de la ligne de peigne méritera également l'attention de la conception. Le critère d'espacement centre à centre du tableau II implique probablement à la fois la taille du pilote de woofer et le point de croisement entre la ligne de woofer et de tweeter. Cette observation est entièrement basée sur la géométrie du line array (espacement des sources) sans tenir compte des performances des pilotes.

Considérons, par exemple, si des haut-parleurs de 130 mm (5,25") de diamètre sont utilisés et sont situés à un espacement de 130 mm centre à centre les uns des autres (c'est-à-dire, des cadres se touchant), alors la limite de fréquence pour augmenter la directivité est un espacement de longueur d'onde de 2582 Hz. Le croisement vers la ligne du tweeter ne devrait pas se produire plus haut que cette fréquence. Comme nous le rappelons des figures 7 et 8, les lignes en peigne commenceront à se former au-dessus de 2582 Hz avec la première annulation se produisant à 5164 Hz. De graves effets de ligne de peigne seront observés au-dessus de 5164 Hz. Lorsque le point de croisement approche de 2582 Hz, une pente de filtre de 3e ou 4e ordre plus agressive serait probablement nécessaire pour obtenir des performances acceptables. Très souvent, la réponse acoustique naturelle du haut-parleur peut être exploitée pour augmenter la pente de croisement effective.

Alors que la séparation verticale des haut-parleurs dans chaque ligne du line array joue un rôle important dans les performances d'un array, l'espacement horizontal entre les deux lignes doit être minimisé pour réduire le décalage de l'image lorsque le son passe entre les woofers et les tweeters. La conception est essentiellement la même que si vous aviez conçu un haut-parleur à deux haut-parleurs (woofer/tweeter) placé horizontalement. Des précautions doivent être prises pour minimiser les lobes horizontaux des conducteurs côte à côte. Certaines choses à considérer sont la dispersion horizontale de base des pilotes individuels qui seraient idéalement similaires et se chevaucheraient à au moins 30 degrés hors axe. Les deux lignes doivent être situées de sorte que leur distance horizontale de centre à centre soit inférieure à une longueur d'onde à la fréquence de croisement. Enfin, un croisement acoustique d'ordre supérieur peut être nécessaire pour minimiser toute interaction du conducteur au-dessus et au-dessous du point de croisement.

Une autre considération de conception de croisement de réseau de lignes monopôle (voir le tableau I) est de savoir comment égaliser la réponse en fréquence inhérente du réseau de lignes de 3 dB par octave à partir du réseau. (Cette diminution de la réponse en fréquence dans l'axe s'ajoute aux 3 dB normaux par doublement de la réduction de distance en raison du fonctionnement en champ proche). On peut résoudre le problème d'atténuation de 3 dB en utilisant des mesures à des distances comprises dans les distances d'écoute attendues du réseau. Le concepteur peut ensuite utiliser ces mesures pour égaliser plus étroitement la réponse du line array. Ainsi, le croisement peut être modélisé et dérivé avec ces mesures de sorte que la pente de la réponse en fréquence soit égalisée pour la plage d'écoute spécifique. Par exemple, avec le crossover optimisé pour une distance d'écoute de 4 m (13,1'), les performances seraient optimisées dans une fenêtre de +/- 3 dB entre 2 et 8 m (6,6' et 26,3') de distance du réseau.

La dispersion horizontale des pilotes individuels dans un line array vertical est identique à celle d'un seul pilote dans la ligne. Dans un line array vertical, rien dans la conception ne modifie les caractéristiques horizontales des haut-parleurs. La réponse résultante du réseau peut être approchée en multipliant la réponse directionnelle connue des sources par les caractéristiques directionnelles du réseau de ces sources. Il convient de noter que si la réponse horizontale du pilote individuel est médiocre, les performances résultantes du line array seront affectées négativement. De même, un pilote avec une large dispersion horizontale continuera d'avoir d'excellentes performances dans le réseau.

Niveau de pression acoustique et impédance de l'ensemble du réseau

Les connexions du pilote dans un réseau de lignes déterminent l'impédance globale des haut-parleurs et sont connectées pour atteindre le niveau de pression acoustique résultant du haut-parleur. Les pilotes individuels sont connectés en série et en parallèle. Pour les pilotes dont les diagrammes de rayonnement sonore chevauchent d'autres pilotes de la ligne, il y a une augmentation nette des résultats du niveau de pression acoustique global (SPL). Par exemple, deux haut-parleurs connectés en parallèle et montés dans un espacement de longueur d'onde centre à centre produiraient jusqu'à 6 dB d'augmentation du SPL - 3 dB de l'augmentation de l'énergie acoustique et 3 dB de la réduction de l'impédance. Inversement, la connexion en série de deux haut-parleurs maintient le même SPL d'un pilote individuel mais double l'impédance de la paire. Dans un réseau de lignes, diverses combinaisons de connexions série et parallèle peuvent être utilisées pour donner des choix pour l'impédance globale et les valeurs SPL.

L'impédance nominale d'un réseau de lignes est calculée en calculant la série et la combinaison parallèle d'impédances. C'est-à-dire que l'impédance de chaque branche connectée en série est ajoutée, puis les connexions parallèles combinées dans l'impédance nominale. La réponse acoustique et l'impédance nominale résultante de l'ensemble du système doivent être prises en compte.

Alors qu'en fin de compte le SPL du haut-parleur sera mesuré, dans le processus de développement, vous pouvez calculer l'impact de la sensibilité (ou de l'efficacité) du système d'un line array. Tout d'abord, supposons qu'un pilote individuel de la ligne a une valeur SPL connue. Supposons ensuite que les conducteurs de la ligne aient des diagrammes de rayonnement acoustique qui se chevauchent et soient espacés d'une longueur d'onde centre à centre l'un de l'autre, comme indiqué dans le tableau II. Ainsi, l'amélioration acoustique (gain d'efficacité) à 1 watt, 1 mètre de distance est donnée par :

Gain d'efficacité = $10 \cdot \log$ (Nombre de conducteurs entraînés)

tandis que le gain ou la perte de sensibilité à 2,83 V, 1 mètre est :

Gain/perte de sensibilité = $10 \cdot \log$ (impédance nominale du pilote/impédance nominale du réseau)

Si l'impédance nominale du réseau est inférieure à l'impédance du pilote individuel, la sensibilité du réseau augmente ou est un gain. Si l'impédance du réseau est supérieure à l'impédance du pilote individuel, la sensibilité diminue ou devient une perte.

Ainsi, pour le système global

Efficacité du système = SPL + gain d'efficacité

Sensibilité du système = SPL + gain d'efficacité + gain/perte de sensibilité

Par exemple, considérons un cas dans lequel nous avons 12 pilotes connectés en groupes parallèles de 2, 3, 3 et 4 en série. Chaque pilote individuel a une impédance de 8 ohms et un SPL de 85 dB. Par conséquent, le gain d'efficacité, l'impédance totale et le gain de sensibilité sont :

$$\text{Gain d'efficacité} = 10 \log 12 = 10,79 \text{ dB}$$

$$\text{Impédance totale de la combinaison} = 1 / (1/16 + 1/24 + 1/24 + 1/32) = 5,65 \text{ ohms}$$

$$\text{Gain de sensibilité} = 10 \log (8/5,65) = 1,51 \text{ dB}$$

La sensibilité du tableau vaut donc :

$$\text{Sensibilité du système} = 85 + 10,79 + 1,51 = 97,3 \text{ dB.}$$

Pour faciliter le calcul du gain de sensibilité pour d'autres combinaisons de matrices, vous pouvez utiliser les résultats de la Figure 11. En fonction du nombre de pilotes et de l'impédance nominale, on peut facilement mettre en œuvre des matrices de lignes qui donnent une sensibilité de matrice de 10 dB ou supérieure à la sensibilité des conducteurs individuels.

En raison de la diminution du son de 3 dB par doublement de la distance pour les line arrays en champ proche, leur sensibilité dans la pièce présente un avantage supplémentaire par rapport aux enceintes à source ponctuelle. Par exemple, comparons deux haut-parleurs - un réseau de lignes et une source ponctuelle - qui produisent tous deux 94 dB SPL à un mètre. À 4 m (13,1') de distance, l'enceinte source ponctuelle (rappelez-vous 6 dB par doublement de la diminution de la distance) produira 82 dB SPL tandis que le champ proche fournira 88 dB SPL à la même distance. Ainsi, le line array à 4 m équivaut à une source ponctuelle évaluée à 100 dB SPL. Lorsqu'ils sont combinés, l'amélioration de la sensibilité du réseau de 10 dB ou plus plus l'avantage de 6 dB en raison de la réduction du son dans la pièce peut rendre un réseau de lignes > 16 dB plus efficace qu'une source ponctuelle à 4 m.

L'un des avantages supplémentaires de l'augmentation de la sensibilité de la matrice est que, pour le même SPL, les pilotes individuels de la matrice fonctionnent à un niveau de commande beaucoup plus bas, ce qui réduit les niveaux de distorsion. Une distorsion plus faible permettra une dynamique accrue avec une clarté associée. Si de petits woofers médium-graves sont disposés, la réponse des graves et des médiums bénéficie de l'augmentation de la sensibilité globale et une marge supplémentaire est disponible. Les petits woofers ont très peu de masse mobile, de sorte que la réponse transitoire est immédiate et rapide.

Comme indiqué précédemment, si des haut-parleurs planaires ou à ruban sont disposés dans la ligne de tweeter, leur dispersion verticale limitée au-delà de leur longueur influencera leur SPL global. Ainsi, des combinaisons parallèles de ces haut-parleurs peuvent ne pas augmenter acoustiquement le SPL global du réseau résultant. Par conséquent, le son émis peut uniquement maintenir le SPL constant sur toute la longueur de la ligne. Ainsi, la sensibilité globale du système est égale au niveau d'un ruban individuel pour le même niveau d'impédance. Une impédance de réseau globale plus faible augmenterait le SPL du système par rapport à un tweeter individuel, tandis qu'une impédance de réseau plus élevée réduirait le SPL global. Un exemple est que si des tweeters à ruban de 8 ohms sont disposés de telle sorte que l'impédance résultante du réseau chute à 4 ohms, alors le SPL pour le réseau est supérieur de 3 dB à celui d'un élément individuel.

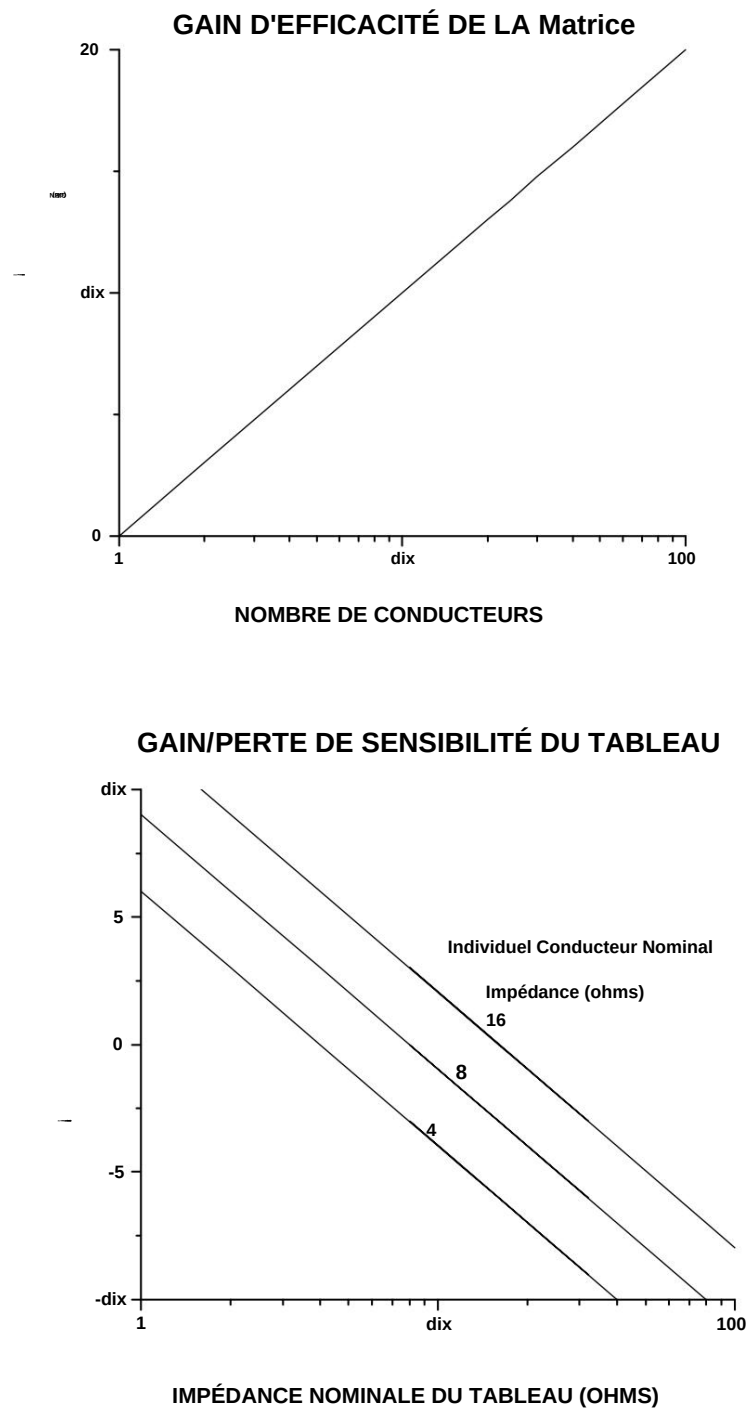


Figure 11. Gain d'efficacité de la matrice et gain/perse de sensibilité

Application de la réduction de puissance

Le power tapering a d'abord été appliqué aux line arrays par plusieurs chercheurs (voir [3] et [7]) pour réduire les niveaux des lobes latéraux dans le champ lointain pour les applications de sonorisation. D'autres chercheurs (voir [8] et [9]) ont souligné les avantages de la réduction de puissance pour les applications en champ proche. La réduction de puissance est efficace pour les rayonnements sonores qui se chevauchent et est réalisée en faisant varier l'alimentation électrique des haut-parleurs dans un réseau de lignes. L'alimentation électrique conique est symétrique par rapport au centre du réseau avec les pilotes au centre du réseau alimentés en plus d'énergie et la puissance conique ou réduite vers les extrémités de la ligne.

L'un des problèmes avec les réseaux linéaires en champ proche est la variabilité du son pour les auditeurs à la fois proches des haut-parleurs et ceux plus éloignés du réseau. Si chaque haut-parleur est alimenté uniformément (puissance égale) sur un panneau de déflecteur plat et que les champs sonores se chevauchent, les différents haut-parleurs du réseau de lignes de woofer auront des chemins sonores différents vers l'auditeur. Les pilotes en haut et en bas du tableau émettent des sons qui parcourent un chemin plus long jusqu'à l'auditeur. Ces sons peuvent interférer avec le son émis par les haut-parleurs au centre de la matrice qui ont une distance plus courte pour atteindre l'auditeur. Essentiellement, les ondes sonores arrivent à l'auditeur à des moments légèrement différents. Cet effet est principalement un problème dans les fréquences moyennes et élevées où les indices directionnels sont plus apparents pour l'auditeur. Aux basses fréquences, les longueurs de trajet sont plus longues, de sorte que les imperfections sonores sont moins apparentes pour l'auditeur. Si les auditeurs s'éloignent du tableau, l'image semble s'épanouir et grandir. Comme exemple de cet effet, supposons un line array de deux mètres de haut et que l'auditeur est assis à 4 m (13,1') de distance avec ses oreilles à un mètre (3,3') au-dessus du sol, c'est-à-dire au centre du array. Par conséquent, la différence de longueur de trajet entre le haut et le centre du réseau est de 123 mm (4,85 pouces) pour l'auditeur. Cette différence se traduit par pas moins de 0,35 à 1000 Hz et 0,71 à 2000 Hz.

Une solution pour atténuer cet effet consiste à monter les haut-parleurs sur un panneau de déflecteur incurvé concave afin que l'auditeur entende un son qui se déplace à égale distance de tous les haut-parleurs. Malheureusement, une approche de déflecteur incurvé aurait un sweet spot spécifique qui limiterait le placement des haut-parleurs et les possibilités de position d'écoute dans la pièce. Une deuxième solution consiste à atténuer les pilotes externes dans la ligne en fonction de la fréquence, c'est-à-dire à filtrer passe-bas les pilotes externes. En effet, cette technique d'ombrage de puissance fait varier la hauteur de la ligne - raccourcit ou s'allonge de manière appropriée à mesure que la fréquence change - afin de maintenir des performances optimales. Mais cette disposition ajoute de la complexité et peut générer des déphasages qui seraient audibles.

Une autre solution pour un réseau de lignes à déflecteur plat, qui maintiendra l'effet de réseau de lignes tout en s'adaptant à la perception de différentes longueurs de trajet sonore, consiste à effiler verticalement l'onde sonore qui émerge du réseau. Nous obtenons la réduction de puissance en fournissant des niveaux de puissance légèrement différents aux différents haut-parleurs du réseau de woofers. Des niveaux sonores plus forts sont produits à partir du centre du réseau par rapport au niveau sonore des extrémités du réseau. De plus, à des fréquences plus élevées, ces sons arriveront à la position d'écoute plus tôt que les sons provenant des parties extérieures du réseau. L'oreille humaine donnera la priorité aux premiers sons d'arrivée et peut être davantage biaisée si les premières arrivées sont plus fortes que les sons suivants. Cet effet est également connu sous le nom d'effet Haas. Pour les basses fréquences, une accentuation supplémentaire des réflexions plafond/sol/mur latéral comblera toutes les différences de niveau sonore perceptibles dans le plan vertical. Mais dans le milieu de gamme, comme toute amélioration de la pièce est minimisée, la réduction de puissance dans le plan vertical réduira toute incohérence des extrémités ou des réflexions du réseau. Si l'effilement est poussé à la limite, l'image sonore tendra vers une source ponctuelle. L'expérience a montré qu'une légère baisse de puissance

(moins d'un rapport de 2 à 1) améliorera le son (c.-à-d. réduction du bloom sonore) avec un impact minimal sur le fonctionnement global du line array.

Exemple de combinaisons de pilotes pour une application Line Array typique

À titre d'exemple de diverses combinaisons de haut-parleurs, considérons un réseau de lignes doté de 12 woofers (chacun d'impédance nominale de 8 ohms) et de 6 tweeters (chacun de 8 ohms). De plus, nous précisons que le réseau résultant aura une impédance globale supérieure à 4 ohms et aura des connexions à symétrie verticale. Nous sélectionnerons également des configurations qui ont une impédance globale de 4 à 12 ohms. Les connexions de puissance conique sont spécifiées pour avoir une puissance qui est la plus élevée au centre du réseau et qui diminue à mesure que vous approchez des extrémités du réseau. Les connexions coniques se rapprochent d'une fonction d'amplitude linéaire à travers le réseau. Par conséquent, pour les connexions coniques, la puissance atteint des pics au centre du réseau et diminue au fur et à mesure que vous vous dirigez vers les extrémités du réseau. Cette connexion devrait permettre à l'auditeur d'entendre un son plus cohérent car le signal le plus important provient du centre du réseau.

Les différentes possibilités incluent des configurations d'alimentation uniformes et coniques pour les 12 woofers et les 6 tweeters illustrés à la figure 12. Notez que pour le cas des 12 woofers, les 4 combinaisons de groupes parallèles auront un léger avantage de sensibilité par rapport aux groupes qui n'ont que 3 voies parallèles. Vous pouvez également utiliser la réduction de puissance pour mieux égaliser la sensibilité des lignes du woofer et du tweeter. Si vous souhaitez utiliser 6 tweeters alors vous avez trois possibilités avec les deux premiers pour une puissance uniforme et le dernier pour une puissance effilée. Là encore, les combinaisons ont des impédances différentes, de sorte que l'on peut préférer la possibilité d'ajuster l'impédance résultante de sorte que l'amplificateur d'attaque soit optimisé.

Résumé et impressions d'écoute

Un réseau de lignes en champ proche offre une expérience d'écoute différente de celle des haut-parleurs à source ponctuelle. Parmi les distinctions qui caractérisent les line arrays figurent :

- Niveaux sonores presque constants dans toute la pièce d'écoute
- Une scène sonore plus large
- Une image 'sweet area' et non un 'sweet spot'
- Recrée la dynamique sonore des événements en direct

Une observation de l'écoute dans la pièce des line arrays est que la scène sonore stéréo est très large avec une grande zone idéale d'un côté à l'autre et d'avant en arrière. Lorsqu'elle est entendue pour la première fois, cette amélioration de la zone d'image stéréo est en contraste frappant avec les auditeurs qui sont familiers avec l'écoute précise du point idéal à partir d'enceintes à source ponctuelle. Encore une fois, la zone d'image élargie est une manifestation de réseau de lignes car la chute du son en champ proche par rapport à la distance des haut-parleurs est moindre pour les directions latérales et avant-arrière dans la pièce. Lorsque vous vous déplacez dans la pièce, vous pouvez entendre l'enceinte opposée lorsque vous êtes à quelques mètres de l'enceinte la plus proche. Avec un bon système de line array, vous pouvez marcher à côté des haut-parleurs et sentir à peine qu'ils produisent le son que vous entendez. D'une certaine manière, les réseaux de lignes en champ proche redéfiniront votre expérience d'écoute. Les line arrays peuvent récompenser l'auditeur avec une musique plus agréable.

Combinaisons Line Array de 12 woofers et 6 tweeters

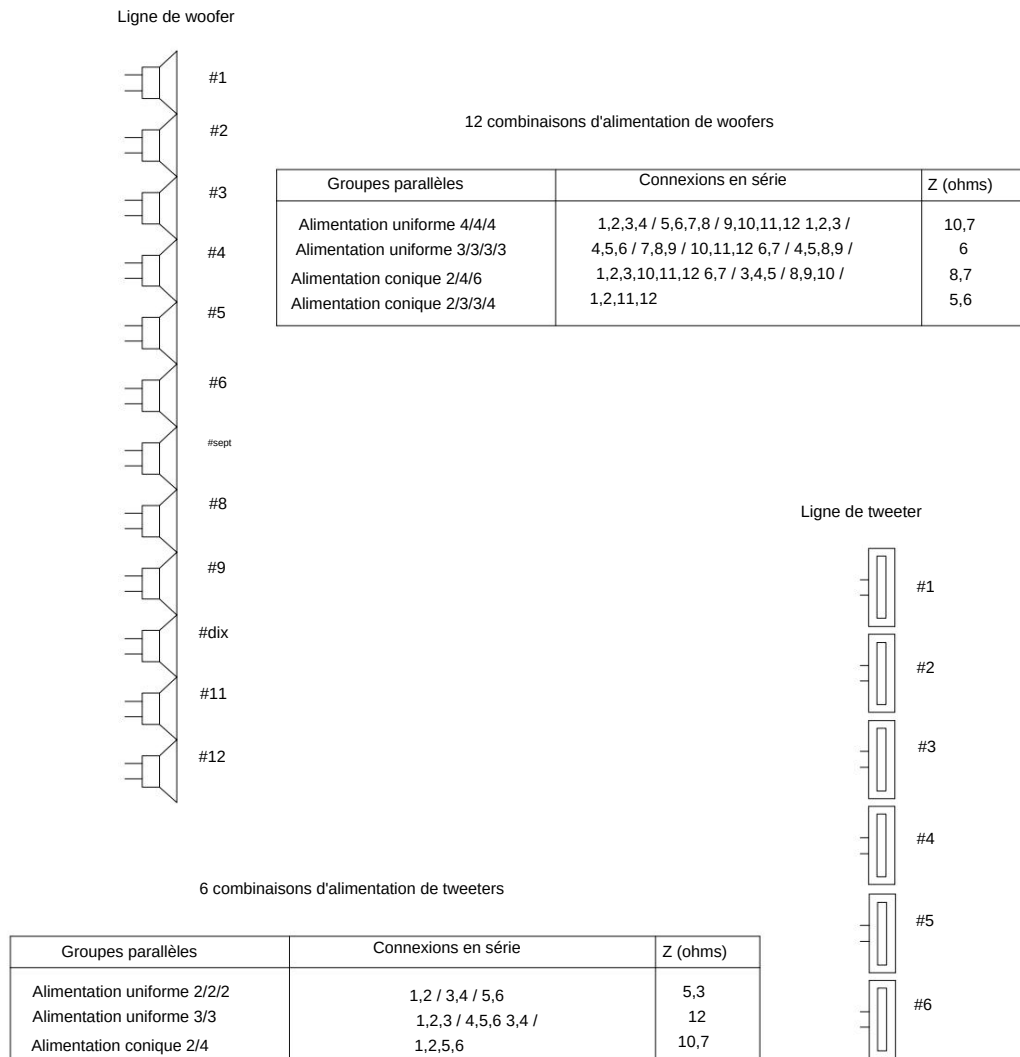


Figure 12. Exemple de combinaison Line Array

Références de réseau de lignes

[1] M. Urban, C. Heil et P. Bauman, "Wavefront Sculpture Technology", présenté à la 111th AES Convention, New York, 21-24 septembre 2001.

[2] C. Heil et M. Urban, "Sound Fields Radiated by Multiple Sound Sources Arrays", présenté à la 92nd AES Convention, Vienne, 24-27 mars 1992.

[3] M. Ureda, « Line Arrays : Theory and Applications », présenté à la 110th AES Convention, Amsterdam, 12-15 mai 2001.

[4] J. Eargle, D. Scheirman et M. Ureda, « JBL's Vertical Technology: Achieving Optimum Line Array Performance Through Predictive Analysis, Unique Acoustics Elements and a New Loudspeaker System », présenté à la convention AES, septembre 2000 et également disponible sur www.jblpro.com/vertec1/

M. Ureda, York « 21-24 September 2001 », présenté à la 111th AES Convention, New [5]

[6] S. Lipshitz et J. Vanderkooy, « The Acoustics Radiation of Line Sources of Finite Length », présenté à la 81e convention AES, Los Angeles, 12-16 novembre 1986.

[7] P. Taylor, "Le haut-parleur source de ligne et ses applications", Vol. 44, n° 3 British Kinematography (J. Brit. Kinematograph Soc.), vol. 44 mars 1964.

[8] D. Smith, "Discrete-Element Line Arrays - Leur modélisation et optimisation", J. Audio Eng. Soc., vol. 45, non. 11 novembre 1997.

[9] G. Augspurger, "Performances en champ proche et en champ lointain des grands réseaux de woofers", J. Ing. audio Soc., vol.38, no. 4 avril 1990.

[10] E. Geddes et L. Lee, Transducteurs audio, p.68. 2002.

[11] M. Ureda, « Pressure Response of Lines Sources », présenté à la 113th AES Convention, Los Angeles, 5-8 octobre 2002.

.