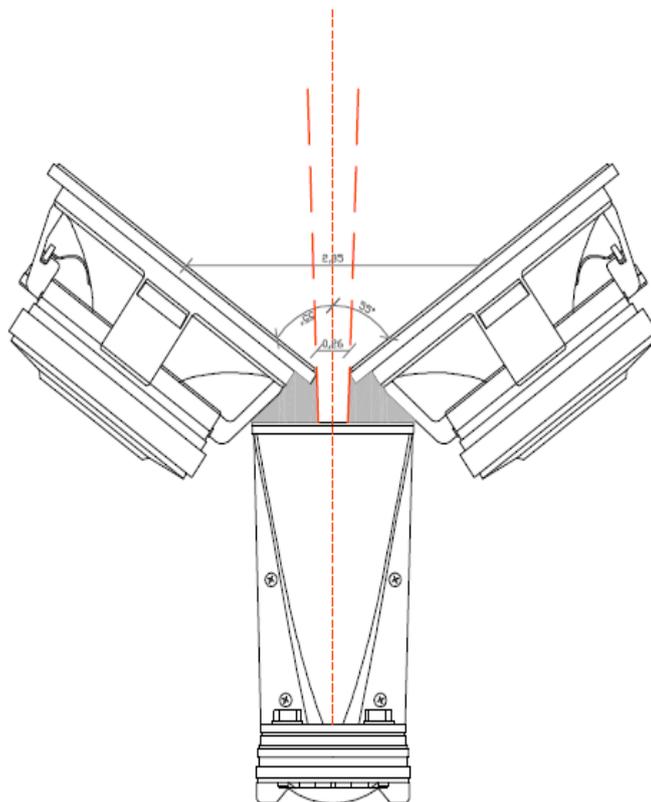


Clément DANTAN

Diplôme professionnel son 2ème Année

2008-2009

# ESSAI SUR UNE ETUDE ET REALISATION D'UN SYSTEME DE DIFFUSION LINE ARRAY/ LINE SOURCE.



# **SOMMAIRE**

## **préambule**

- Introduction
- Lexique

## **Chapitre 1, Rappel sur les théories propres aux lignes source.**

- les critères de la WST.

## **Chapitre 2, Etudes de quelques systèmes existants.**

- D&B, système Q1.
- L Acoustics, système Kiva.
- RCF système TTL33A.

## **Chapitre 3, Réalisation d'un système line array.**

- introduction
- étude électronique
- étude acoustique
- étude de l'ébénisterie

## **Conclusion**

**Sources et remerciement.**

## Préambule

### introduction:

Quoi de plus déroutant pour un sound mixer que de se déplacer parmi l'auditoire et de voir son mix se dénaturer, perdre son sens à chacun de ses pas. Filtre en peigne, perte de pression acoustique,... bon nombre de facteurs étaient jusqu'à ces dix dernières années une réelle problématique pour la réalisation de système de diffusion professionnel, mais, plusieurs technologies ont fait leur apparition renvoyant les systèmes «traditionel » dit en château au second plan...

### Lexique:

pour une meilleure lisibilité, et un contenu plus aéré, certaines notions récurrentes de ce mémoire seront définies dans ce lexique :

#### radiation directe :

Fonctionnement d'un haut-parleur dont la face avant de la membrane rayonne directement dans l'espace d'audition.

#### Fréquence interférentielle :

phénomène d'interaction entre deux ou plusieurs fréquences sinusoidales qui donne lieu à plusieurs cas de figure :

-les deux ondes sont en phase, dans ce cas elles s'additionnent complètement et nous parlons d'interférence constructive (amenant un gain au signal).

-L'une des deux ondes est décalée dans le temps par rapport à l'autre (figure 2a), elle s'additionne mais donne lieu à des annulations, dans ce cas nous parlons d'interférence destructive.

-Et lorsque ce décalage est égal à la période  $T$  de la fréquence, (figure 2b). On parle ici d'une opposition de phase, qui est, elle aussi une interférence destructive, et qui conduit à l'annulation pure et simple du signal.

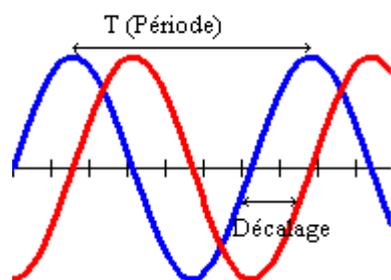


Figure 2a

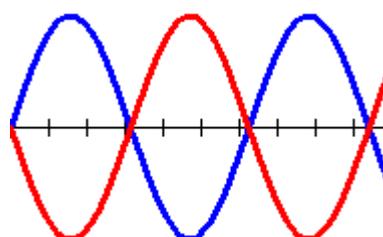


Figure 2b

### Couplage:

Lorsque l'on parle d'un couplage de deux ou plusieurs haut-parleur, on indique tous simplement que les haut- parleurs ont en charge de reproduire la même zone fréquentielle, et dans le même espace d'audition.

C'est la notion de couplage constructif et destructif qui est important. L'explication découle tout naturellement de la définition de fréquence interférentielle :

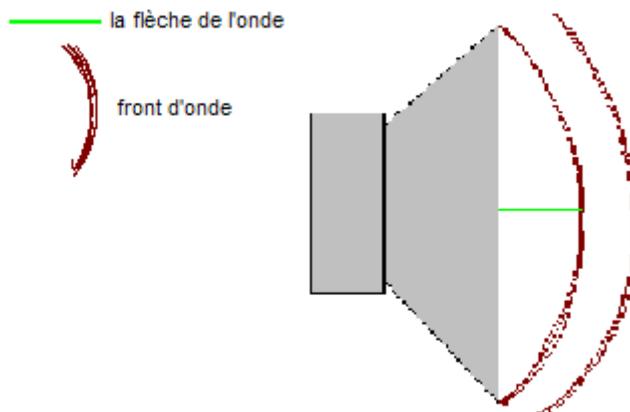
Lorsque deux haut- parleurs distants vont émettre un même signal, celui-ci sera soit en phase et donc constructif, soit décalé dans le temps, voir hors phase, et nous parlerons alors d'un couplage destructif.

(Nous verrons dans le *Chapitre 1, rappel sur les théories propre aux lignes source*, comment définir ces zones constructives et destructives).

### Front d'onde :

Il correspond à une surface où la phase est identique, c'est à dire, que chacun des points constituant cette surface ont mis le même temps pour parcourir leur chemin depuis la source.

En audio, le front d'onde sortant d'un haut-parleur décrit une courbe, (la flèche de cet arc sera un élément important de notre étude).



### Charge d'un haut parleur:

Lorsque l'on parle de la charge d'un haut-parleur, on indique la méthode utilisée pour séparer l'onde avant de l'onde arrière, en lui imposant une charge, ou un volume. Il existe de multiples façons de charger une enceinte, en voici quelques exemples :

- l'enceinte clos: la plus commune, l'onde arrière du haut parleur se trouve totalement enfermée dans un volume clos, cela induit une fréquence de résonance plus élevée pour le haut parleur.
- Le bass Reflex: il reprend le principe du résonateur de helmholtz qui dit « lorsqu'une cavité communique avec l'atmosphère par un évent, il existe une fréquence pour laquelle la masse de l'air poussée au travers de l'évent entre en résonance avec les forces élastiques de l'air enfermée dans la cavité ». Il s'agit en fait, d'une enceinte clos, munie d'un trou, l'évent, qui va permettre d'améliorer le rendement de l'enceinte en lui permettant l'évacuation de la pression générée par l'onde arrière, permettant une plus grande amplitude de la membrane. En revanche, cela conduit à un amortissement moins bien contrôlé de la membrane.  
La charge passe bande: enceinte clos + basse reflex, elle permet une restitution des très basses fréquences et améliore le rendement.
- La charge pavillonnaire: la méthode la plus vieille du monde, permettant d'amplifier le signal

du haut parleur.

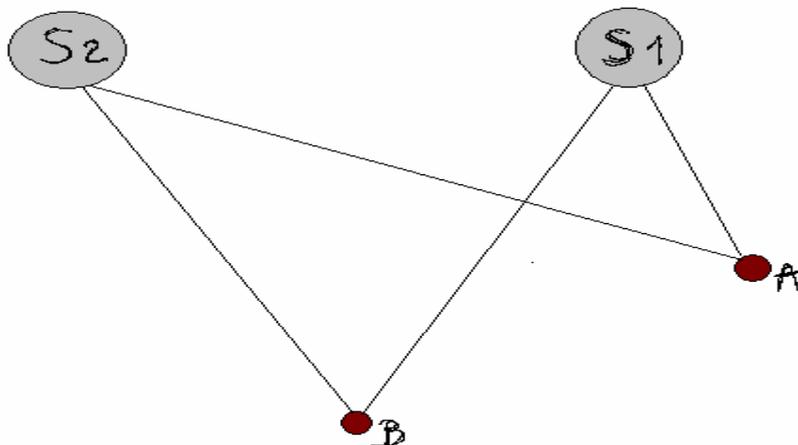
# Chapitre I : rappel sur les théories propres au ligne source

## Les critères de la WST :

### Critère 1, écart des centres acoustiques

Prenons le cas d'un ensemble d'enceintes quel-conque diffusant dans le même champ d'audition. La multiplication de sources reproduisant la même source sonore peut s'interpréter alors comme plusieurs éléments émissifs, dit ponctuels, distant les uns des autres de façon plus ou moins aléatoire.

Nous l'avons vu dans le lexique, deux sources reproduisant un même signal dans la même zone d'écoute vont produire un couplage.



Comme nous le voyons sur ce schéma, l'ensemble des auditeurs ne peut se trouver à égale distance de toutes les sources émissives.

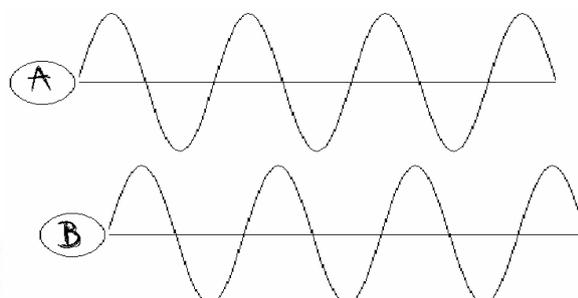
Cette différence de distance entre S1-A et S2-A va engendrer obligatoirement un retard de la source la plus éloignée. Cela va se traduire par un couplage interférentiel (cf lexique).

Nous assisterons alors à un filtrage en peigne, alternance de couplage constructif et destructif sur l'ensemble du spectre en un point donné.

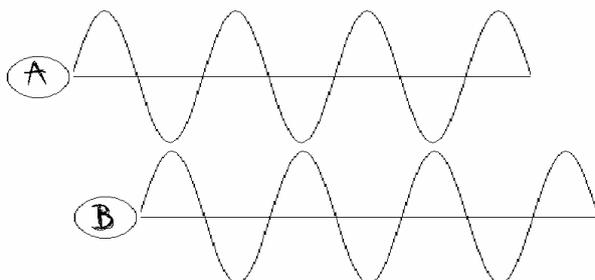
Nous voyons qu'avec ce principe de multiplication des sources, il est impossible d'obtenir une surface d'écoute homogène, l'auditeur A subissant un filtrage en peigne différent de l'auditeur B.

En réalité, l'écart entre deux sources émissives, doit être inférieur à la moitié de la longueur d'onde qu'elle reproduit.

En effet si l'on regarde ce schéma, nous voyons que la source A prend un retard sur la source B. Mais, la distance les séparants étant très faible en comparaison de la longueur d'onde qu'elle reproduit, il ne se passe aucune annulation.



En revanche, plus on va éloigner les deux sources, plus les deux sinusoides qu'elle émet vont se décaler. La période d'alternance positive étant rigoureusement identique à l'alternance négative, si l'ont décale de la moitié de la longueur d'onde, nous sommes en hors phase.



En revanche si l'on ne dépasse pas cet écart, les sources vont se confondre entre elles pour finalement former une source équivalente unique.

Si ce principe est applicable aux basses fréquences où les longueurs d'onde sont très importantes, donc la distance séparant chaque haut- parleur reste techniquement accessible. Dans les hautes fréquences, en revanche, les longueurs sont extrêmement petites et il nous est impossible, à l'heure actuelle, de fabriquer des moteurs d'aigu aussi petit.

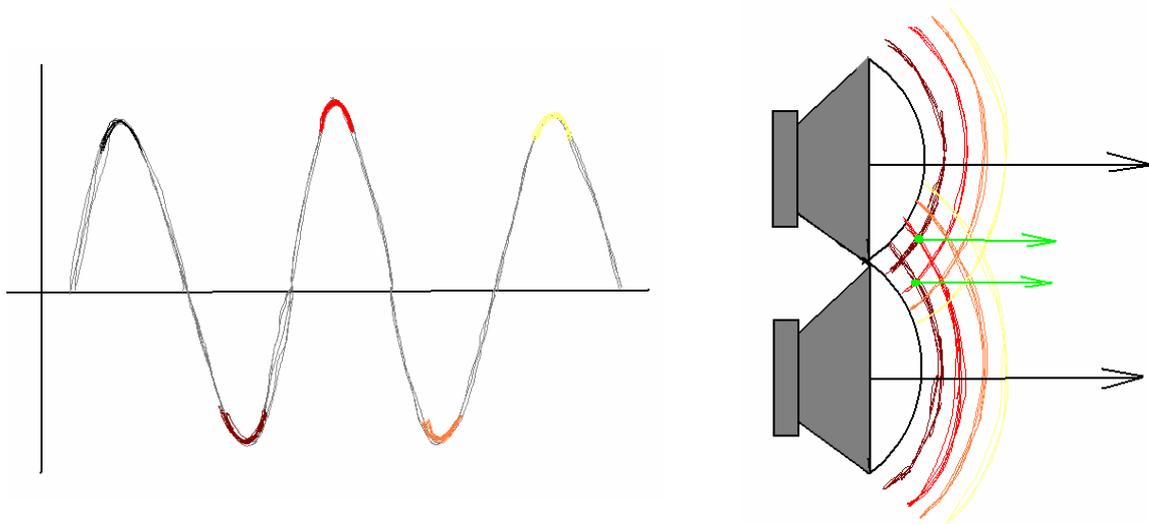
*Nb : nous verrons dans le chapitre conception, que ce principe va surtout influencer sur l'angle d'ouverture du système total.*

Une autre solution à été trouvée pour parvenir au même résultat :

### Critère 2, la sculpture du front d'onde.

Une onde sortant d'un haut- parleur décrit une courbe. Cela est du à la forme du haut- parleur.

Dans les basses fréquences, une fois encore pas de problème, les longueurs d'onde étant tellement importante, les quelques centimètres de décalage que provoque cette courbe n'influence en rien, et de toute façon, nous avons déjà la solution. Cependant, dans les hautes fréquences la longueur d'onde est de l'ordre du cm, le moindre écart est fatal.



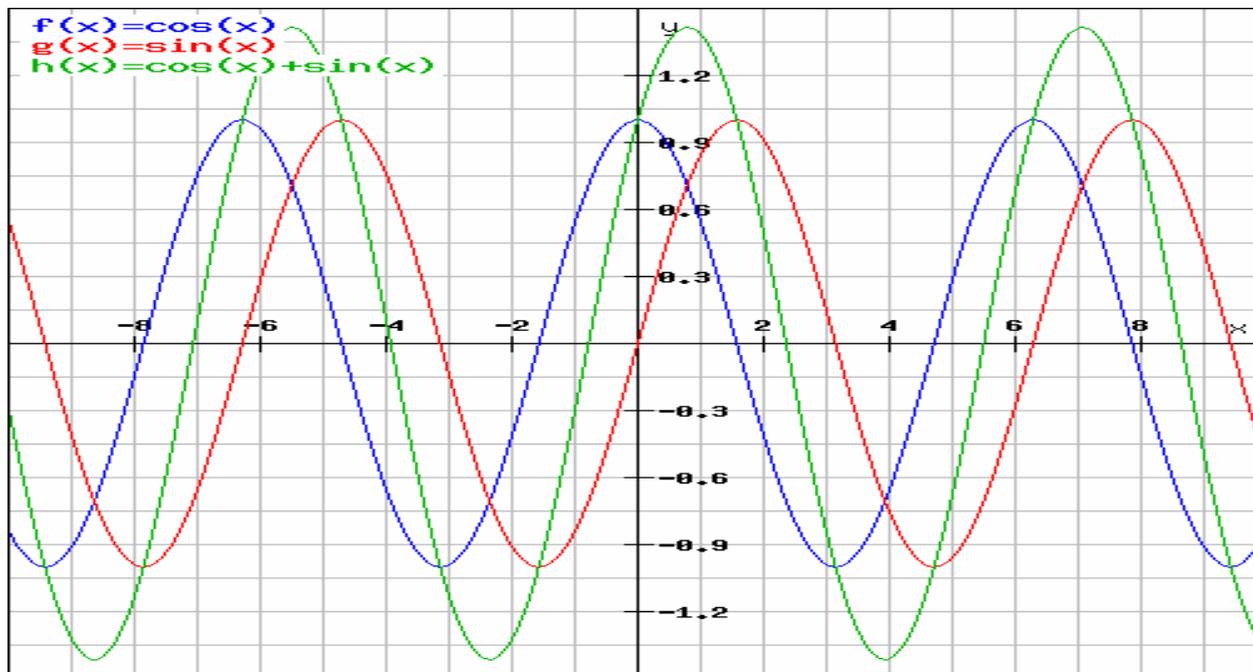
*Figure illustrant le front d'onde. Chaque arc est successivement une amplitude max positive et une amplitude max négative. On remarque au point vert que des fronts d'amplitude opposés se chevauchent, créant une opposition de phase.*

Il a été démontré que si la courbure est égale au quart de la longueur d'onde reproduite,

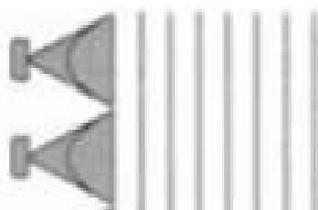
alors la succession de source émissive est assimilée en une source unique.  
Pourquoi le quart de la longueur d'onde ?

Sur le graphique ci dessous, nous avons symbolisé la fonction cosinus et sinus (bleu et rouge). C'est deux fonctions ont rigoureusement la même longueur d'onde, mais elles sont décalées d'un quart de cette longueur (parfait).

Maintenant sur la courbe verte, nous avons symboliser la somme de ces deux courbes. Comme nous le voyons le couplage est constructif en tout point puisque nous avons une sinusoïde parfaite, avec en prime un gain en amplitude.



Rapportons tous cela à ce qui nous intéresse, le son. Si deux ondes rigoureusement identiques nous parviennent avec un écart inférieur à la demi-longueur d'onde quelle génère, alors le couplage est constructif. Si ce critère n'est pas réalisable, nous devons alors faire en sorte que la courbure du front d'onde soit inférieur au quart de la longueur d'onde pour obtenir une ligne se comportant comme une source unique.



*Techniquement, pour obtenir un front d'onde isophasé, plusieurs procédés ont été mis en place, nous les aborderons par la suite dans l'étude de quelques systèmes.*

Ce parfait couplage entre les sources nous permet d'obtenir un front d'onde parfaitement plan (isophasé), comme si la totalité de notre système n'était plus qu'une seule et même source. Ainsi il nous est maintenant possible d'obtenir des niveaux sonores bien plus élevés que les systèmes classiques, ce qui nous permet de porter le son plus loin qu'auparavant.

Un grand pas est déjà réalisé grâce à ces deux critères. L'auditeur peut se positionner à n'importe quel endroit de la salle et entendra exactement la même chose que son voisin. Enfin...pas tout à fait la même chose...car si les fréquences ont été mises au pas, se propageant

toutes main dans la main, elles n'en restent pas moins faignantes, perdant petit à petit de la puissance sonore et cela auraient été trop beau, de façon différente selon qu'elle soit grave ou aigu. Les ingénieurs ont donc voulu pousser l'étude plus loin, et ajouter à l'homogénéité fréquentielle la linéarité de la pression sonore.

Ainsi il a fallu développer la possibilité de pouvoir courber notre système, et ainsi focaliser un maximum d'énergie (par le couplage de plusieurs enceintes) vers les positions des auditeurs les plus éloignées, et mieux répartir l'énergie, jusqu'au premier rang.

### Critère 3, courbure et atténuation constantes.

Les angles d'inclinaison entre enceinte, doivent être inversement proportionnel à la distance à laquelle se trouve l'auditeur. En clair, plus la zone à couvrir est distante, plus il va nous falloir d'enceintes couplées entre elles, pour gagner en pression sonore, et ainsi pouvoir y parvenir avec à l'arrivée un niveau sonore équivalent à celui obtenu pour les premiers rangs.

### Critère 4, Active Radiating Factor

Chaque source sonore de l'ensemble émissif maintenant cohérent rayonne un front d'onde isophasé (cf lexique). Mais il a été démontré que la surface émissive (haut-parleur et guide d'onde) de chacune des sources prise individuellement doit être supérieure à 80% de la surface totale de l'élément émissif. Ce ratio est appelé le facteur ARF. Pour simplifier, sans ce principe les éléments pourraient se voir dispersés et ainsi créer des «trous» dans le front d'onde uni que nous tentons d'obtenir. Mais au vu du premier critère, ce facteur ARF peut sembler inutile, en réalité, il détermine un autre critère.

### Critère 5, angle entre enceinte.

Nous venons de le voir, l'intérêt de notre système, au-delà de l'homogénéité fréquentielle et également celui de la répartition égale de la pression sonore sur l'ensemble de la surface d'audition. Pour atteindre ce point, nous l'avons vu, nous allons former des angles entre enceinte, mais jusqu'où pouvons nous aller ?

Nous devons absolument respecter un angle maximum au-delà duquel des lobes interférentiels pourraient apparaître entre enceinte :

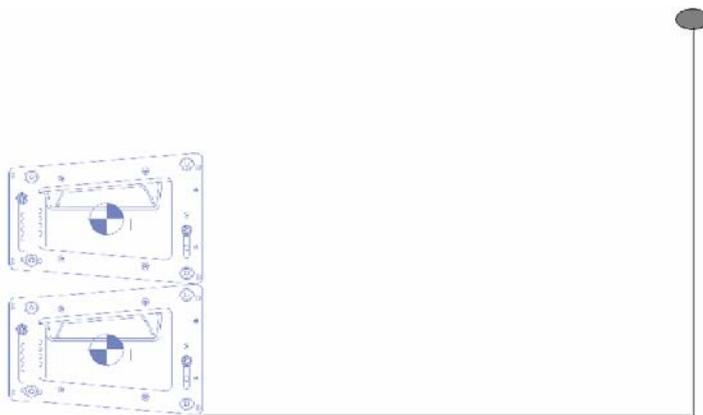
C'est ici qu'intervient le facteur ARF, en effet, l'angle maximum se trouve déterminé par ce facteur, la hauteur d'une enceinte (STEP), la distance minimum du public(D). Mise en forme par la formule suivante :

$$\text{Angle max} = [(1/(24 \times \text{ARF} \times \text{STEP})) - (\text{STEP}/D)] \times 180/\pi$$

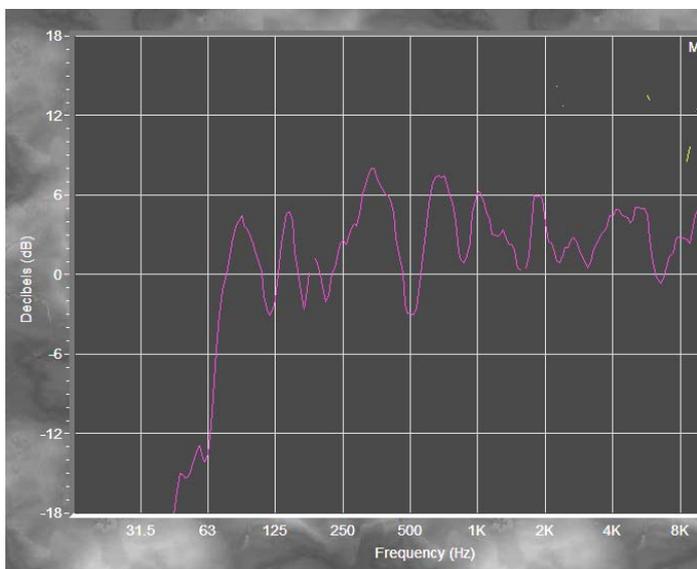
Avec  $\pi = 3,14$

### Contrôle de la directivité :

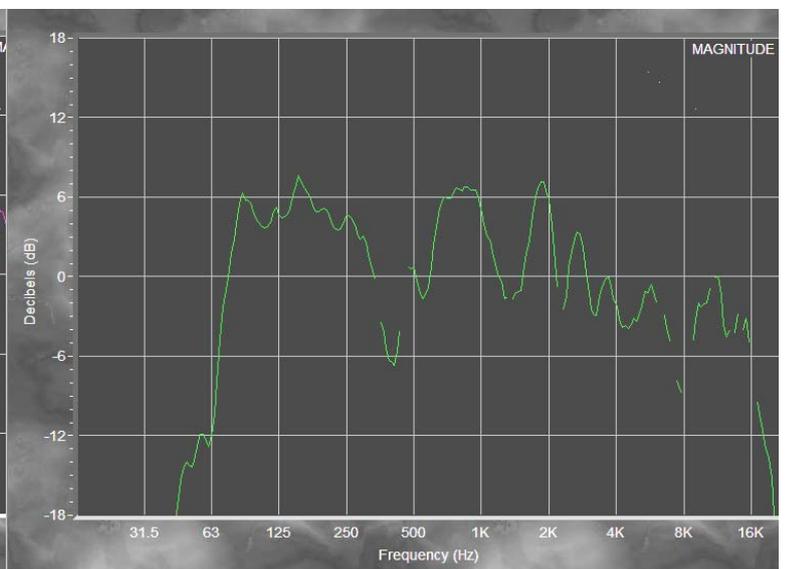
Grâce à ce front d'onde unique et constructif nous obtenons un contrôle de la directivité de notre système. En effet, plus notre système est composé d'enceintes et plus l'onde sonore engendrée est directive (la pression sonore se concentre sur l'axe de diffusion). Pour illustrer ce principe j'ai utiliser deux enceintes M'elodie de la marque Meyer. J'ai tout d'abord effectué une mesure d'une seule enceinte, puis une seconde mesure avec cette fois les deux enceintes parfaitement parallèles (angle nul).



*Schéma de principe, le micro sonde est placé à 6m de distance et 2m50 au-dessus du centre des deux enceintes.*



*Mesure avec l'enceinte du haut.*



*Mesure avec les deux enceintes.*

Nous observons sur la courbe 2, une décroissance à partir de 1KHz, du au ressèremet de la directivité de notre système.

*Nb, ce principe de contrôle de la directivité va être développé par la suite sur l'étude du système Q1 de chez D&B, ainsi que dans le chapitre conception.*

Conclusion :

Nous venons d'éclaircir les 3 points fondamentaux d'un système line source :

- Homogénéité fréquentielle.
- Contrôle de la directivité.
- Contrôle du niveau sonore en fonction de la distance.

# Chapitre II : Etude de système existant.

-D&B, système Q1

-L Acoustics, système Kiva

-RCF, système TTL33A

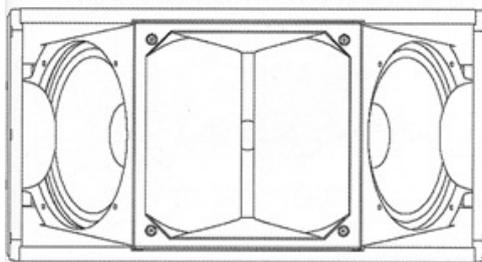
## D&B et le système Q1 :

Le Q1 est une enceinte deux voies à filtrage passif. Équipée de deux HP de 10 pouces montés en radiation directe et chargée en bass reflex, et un moteur d'aigu à chambre de compression de 1,3 pouce d'ouverture.

Les deux HP sont placés de chaque côté du moteur d'aigu pour former un dipôle.

Les deux haut- parleurs sont placés de manière à permettre de rapprocher leurs centres acoustiques physiques tout en réduisant la largeur totale de l'enceinte. Mais, contrairement à d'autre système (tel le Kiva que nous verrons par la suite), les HP sont ici écartés générant ainsi des lobes interférentiels qui ont pour but d'obtenir une ouverture horizontale de 75° afin de coller avec l'ouverture du moteur d'aigu.

Cependant, cette technique limite la fréquence d'utilisation max, car à de trop hautes fréquences des lobes secondaires apparaîtraient dans l'axe et seraient destructifs.



*Vue de face d'une enceinte Q1, on remarque bien la disposition spécifique des deux 10 pouces.*

### Petite explication sur ce placement que nous appellerons interférentiel:

Comme nous pouvons le voir sur la photo ci dessous, l'enceinte Q1 à une courbe de directivité très étroite. C'est grâce au positionnement de ces deux haut- parleurs que des lobes destructifs apparaissent de chaque côté ce qui engendre, jusqu'à 400Hz, une directivité de 75°, correspondant à la directivité de la trompe d'aigu.

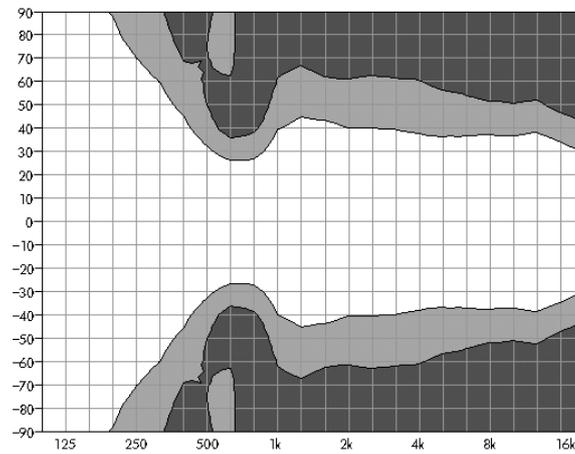
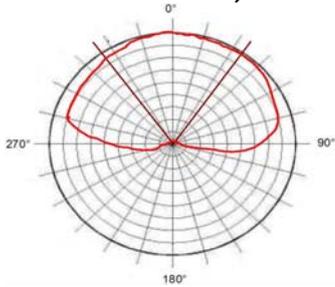


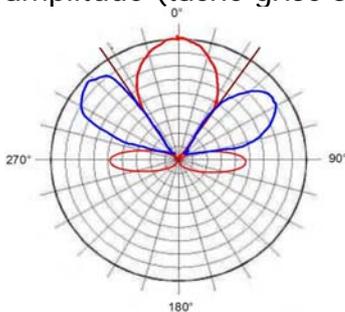
Figure A : Directivité horizontale du Q1

Mais si nous observons uniquement les haut-parleurs sur toute la largeur de bande, voici ce que nous pourrions observer :

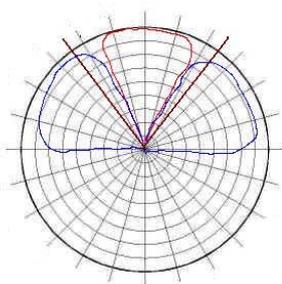
à basses fréquences, les haut-parleurs ne sont pas totalement directif (pour le moment rien de nouveau) :



mais en augmentant la fréquence (exemple 650Hz) nous observerions des lobes interférentiels venant réduire l'angle d'ouverture, ainsi que des lobes secondaires de moindre amplitude (tache grise sur la figure A) :



Puis plus la fréquence augmente plus « l'angle d'ouverture » des lobes interférentiels va augmenter, jusqu'à venir « déborder » sur l'angle d'ouverture souhaité, 75°.



C'est pour cela que la fréquence de coupure des HP de 10 pouces est configuré à 800Hz. De plus, nous observons que la distance entre haut parleur est de 30cm, soit une fréquence de couplage de 530Hz. Or la fréquence de coupure est beaucoup plus haute, mais nous verrons dans la réalisation de notre système que cela affecte simplement la directivité (d'où le resserrement directif vers 500Hz).

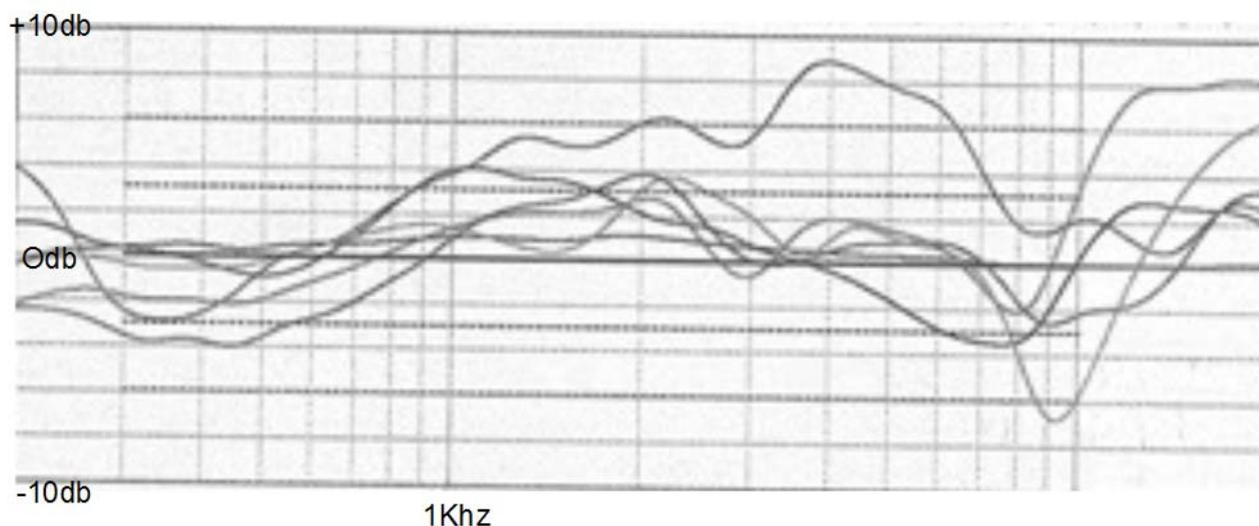
Interréssons nous maintenant au moteur d'aigu. Si l'on regarde les documentations de chez D&B, on constate régulièrement que le système Q1 est défini comme ligne source. Mais dans ce cas est-ce un abus commercial ou une réalité technique.

A première vue, l'orsque l'on regarde le guide d'onde d'aigu, il nous semble ne voir qu'un simple pavillon de directivité (75° horizontale).

Mais alors le couplage des aigus est-il constructif, peut-on parler comme pour les critères de la WST d'une onde isophasé ?

Ce schéma nous montre les variations d'amplitude/fréquence en fonction de la distance. Bien que quelque peu illisible, nous voyions très nêtement qu'au-dessus de 1KHz les courbes varie de façon anarchique sans une réelle concordance.

Nul doute, nous ne somme pas ici en présence d'une ligne source.



## *L Acoustics et le système kiva :*

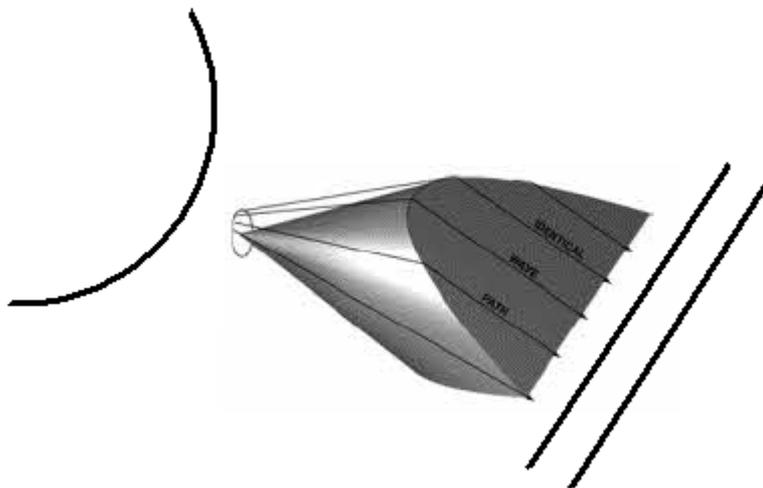
Le kiva est une enceinte à filtrage passif deux voix. Deux hauts-parleur de 6,5 pouces sont montés en radiation directe et on pour charge de retranscrire la bande de fréquence 80 à 1,5KHz. Entre ces deux HP vient se glisser un moteur à chambre de compression de 1,5 pouces, charger lui de retranscrire les fréquences de 1,5 à 20KHz.

À noter la disposition coplanaire en V des HP de médium, qui permet une couverture polaire horizontale de 100° à partir de 500Hz. Cette disposition permet également de rapprocher les centres acoustiques des haut-parleurs pour atteindre une fréquence de couplage plus basse, et dans le même temps réduire la taille totale de l'enceinte.



*Vue de face du système Kiva.*

Pour répondre au principe de la courbure du front d'onde, C. Heil collaborateur de la création de la WST à mis au point un guide d'onde, rendant ces hautes fréquences isophases. Ce guide baptisée Dosc est présent depuis quelques années dans l'ensemble des systèmes de la marque. Son principe de fonctionnement est très simple, chaque onde sonore sortant du moteur d'aigu parcours exactement la même distance, pour parvenir en sortie à un front d'onde parfaitement plat.



Si l'on observe attentivement ce guide d'onde on se rend compte que c'est le milieu du front d'onde qui se trouve retarder, ce qui provoque donc un delay (négligeable).



*Photo du guide d'onde DOSC (présent dans le système arc).*

L'autre particularité de ce système est ça grille de protection avant. Les deux haut-parleurs montés en baffle plan se trouvent «caché» par cette grille plastique qui va physiquement découper chaque haut-parleur en 5, permettant ainsi un couplage plus efficace dans le plan vertical et permettre grâce à la simulation de plusieurs centre acoustique un angle entre enceinte de 15°.

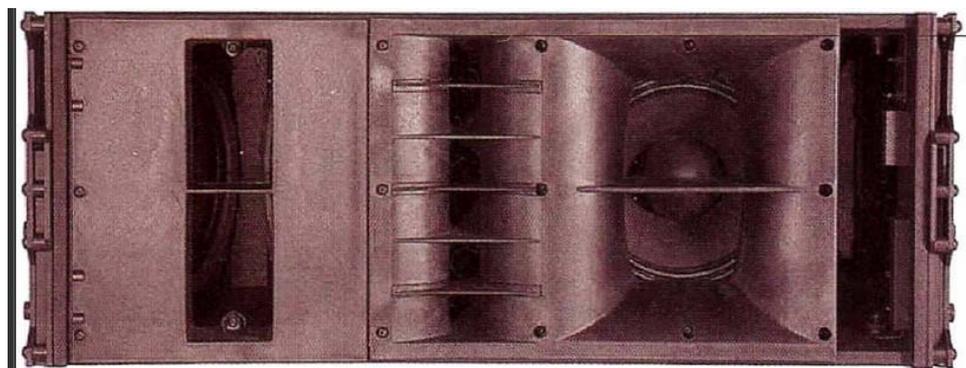


*Grille de la façade du Kiva, on voit très nettement la forme des hauts- parleurs, les 5 ouvertures parrallèles.*

## **RCF et le système TTL33A :**

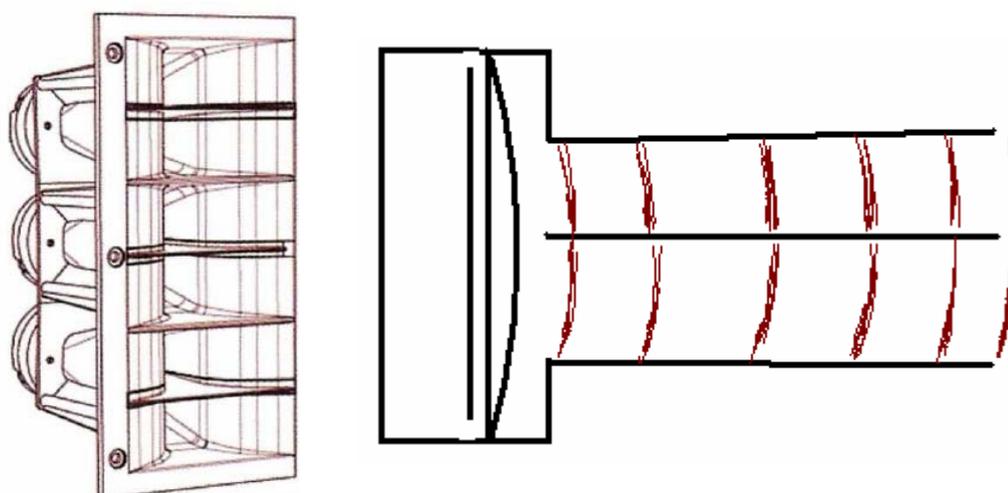
Ce système adopte des technologies peu courantes, d'où l'intérêt de le faire figurer dans ce mémoire.

Il s'agit d'un système asymétrique, composé de trois sections.



### **La section aigu :**

Positionné au centre, elle se voit attribué 3 moteurs d'aigu, chacun chargé par un pavillon. Contrairement au système kiva, ici il ne s'agit pas d'un guide d'onde à chemin constant. Pour parvenir à une courbure «plate» du front d'onde, RCF utilise ici des pavillons à directivité horizontale extrêmement étroite.



Ainsi comme nous pouvons le voir sur le schéma de droite le front d'onde sortant ne peut décrire un arc de cercle extrêmement important, ce qui provoque entre le début et la fin du front un arc très étroit, et donc le couplage constructif des trois moteurs.

### **La section médium :**

Muni d'un haut-parleur de 8 pouces, chargé à l'arrière par un volume clos et à l'avant par un pavillon.

Ce principe du pavillon avec charge se rapproche du bass reflex. Mais en réalité comme pour un montage en chambre clos, la fréquence de résonance se retrouve augmentée, faisant d'une coupe basse acoustique. Ainsi la directivité se trouve mieux contrôlée, puisque l'onde arrière est beaucoup moins importante. Le pavillon avant quant à lui va contrôler la directivité des hautes fréquences, tout en jouant le rôle de chambre de compression bien connue pour le moteur d'aigu.

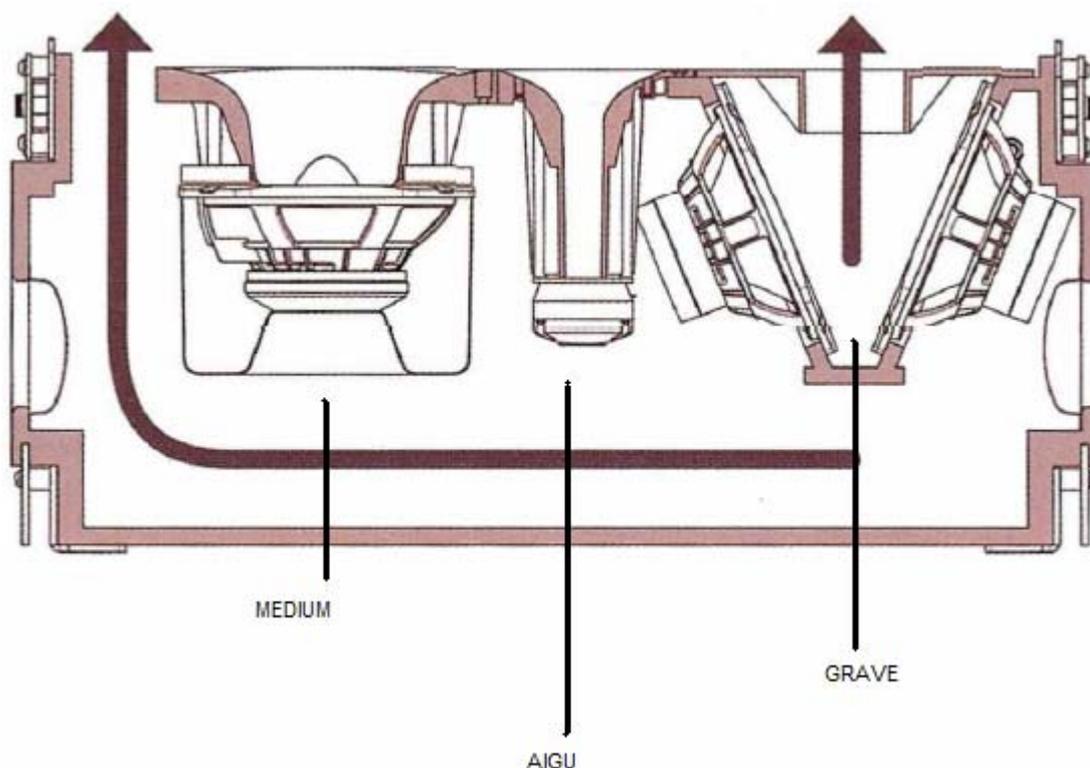
### La section grave :

Là encore RCF, utilise une technique peu utilisée dans un système de ce type. Ce principe est appelé passe bande ou principe de la double charge.

Très utile pour la restitution de basse fréquence avec des hauts- parleurs de petite taille. Ici il s'agit de deux 8 pouces qui, comme nous le voyons sur la vue de dessus, forme entre eux un V.

A l'avant une première chambre de compression avec en son milieu un event, l'ensemble jouant exactement le même rôle qu'un bass reflex. Puis, une deuxième charge beaucoup plus importante à l'arrière, muni-elle aussi d'un event.

Par ce principe un filtrage des hautes fréquences se fait une fois encore acoustiquement, et la présence de ces deux events permet d'accorder littéralement la section de grave et désendre ainsi la fréquence de résonance des deux 8 pouces.



# Chapitre III : Conception d'un système line array

*1er Partie : étude électronique*

*2m Partie : étude acoustique*

*3m Partie: étude de l'ébénisterie.*

## préambule:

Notre système est muni de deux hauts- parleurs de 10 pouces chargés en bass reflex, ainsi que 2 moteurs de 1,4 pouces équipés d'une chambre de compression à guide d'onde isophasé. Il s'agit de haut-parleur de la marque Beyma, le 10G40 et le WL5 (voir donnée technique en annexe). Cette marque n'est plus à présenter, elle équipe en effet des systèmes de grandes marques telle L.Acoustics.

## Le choix des haut-parleurs :

Notre choix c'est porté sur le 10G40 après un long parcours de littérature technique. En effet, nous avons réussi à trouver un compromis entre les critères importants et l'application que l'on envisageait.

Dans un premier temps, c'est la fréquence de résonance du haut -parleur ( $F_s$ ) qui était importante, nous nous étions fixé un objectif de 50-60 Hz, le 10G40 offre 55HZ.

Ces haut- parleurs étant montés en bass reflex, il nous fallait un volume d'air équivalent à l'élasticité de la suspension (couramment noté VAS) qui ne soit pas trop important. En effet deux haut-parleurs montés en bass reflex dans une même enceinte multiplient par deux le volume (théorique) de cette enceinte pour le calcul de l'évent (voir étude acoustique). Le volume interne étant égal à  $1,1 \times VAS$  (pour un bass reflex), et contenu du critère ARF (de la WST), nous devons atteindre un litrage raisonnable, ainsi, nous obtenons 36,5l.

Ensuite, nous devons étudier le rapport de surtension électrique/mécanique de notre haut-parleur ( $Q_{ts}$ ). Nous obtenons 0,31, ce qui est très correcte pour un bass reflex.

Pour les moteurs d'aigu le choix à été beaucoup plus simple, car il s'agit d'un des rares haut-parleur équipé d'un guide d'onde isophasé, offrant également un bon rapport puissance/sensibilité. Ainsi nous obtenons un couplage constructif dès 800Hz, et ceux jusqu'à 16KHz.

Nous avons fait le choix de positionner nos deux haut- parleurs de 10 pouces en V, formant, entre eux, un angle de  $110^\circ$ . Ce positionnement nous à permis de ne pas utiliser de pavillon pour contrôler la directivité de nos moteurs d'aigu, les deux haut- parleurs jouant ainsi ce rôle. Nous avons juste réalisé un «couloir » prolongeant la sortie de nos deux tweeters placés l'un au-dessus de l'autre au bord de chacun des haut-parleurs. Ainsi placé nos deux tweeters mesurent 26cm de haut, et nos haut-parleur 26,05cm. Grâce à ces mesures très proches nous avons pu obtenir une enceinte de 26,1cm de haut, sans perdre le moindre espace.

## – Etude Electronique :

### Le filtrage.

Notre système est dit à filtrage passif, dont les recommandations sont les suivantes : Coupe bas à 50Hz pour le grave et un crossover à 800Hz. Ainsi qu'un delayage de la section grave.

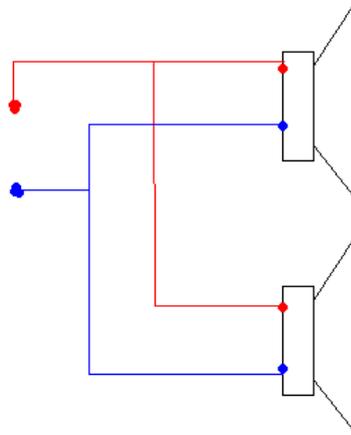
En effet comme vous pouvez le remarquer sur notre schéma en vu de dessus, la membrane d'aigu est en retrait par rapport à nos membranes de grave. Le décalage de ces deux centres acoustique provoque donc un déphasage à l'intérieur même de l'enceinte. Il nous faut donc delayer nos haut- parleurs de grave pour palier à ce phénomène. Nos deux sources sont distantes de 35,5cm, soit la longueur d'onde correspondant à 970Hz.

## Le câblage.

Pour relier l'enceinte à l'ampli nous avons mis en place 2 speakon 4 points, l'un servant d'entrée (speakon male), l'autre de sortie pour relier une seconde enceinte (speakon femelle).

À l'intérieur les hauts- parleurs de la section grave, tout comme ceux de la section aiguë sont montés en parallèle, fournissant ainsi une impédance de 16 ohms, permettant de cumuler plusieurs enceintes sur un même amplis (4 sous 4 ohms).

De plus ce montage permet de conserver la valeur du facteur de force (et donc le rendement par haut -parleurs) et divise par 2 l'inductance de la bobine.



*Schéma de montage des haut parleur.*

## étude acoustique :

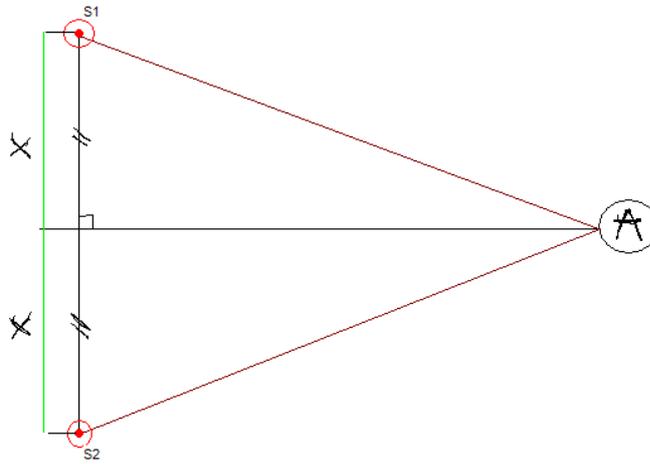
### Disposition des haut- parleurs et moteur d'aigu :

Comme nous venons de l'expliquer dans le préambule, nos haut- parleurs de 10 pouces forme un angle de  $110^\circ$  servant à contrôler la directivité de nos moteurs d'aigus. Ainsi positionné les centres acoustiques de nos haut- parleurs de graves sont distant de 23,5cm, soit une fréquence de couplage de 740Hz. Or, notre crossover est fixé à 800Hz.

En faite toute l'astuce réside dans la bonne compréhension des lois de la WST.

En effet nous l'avons vu, les centres acoustiques doivent être distants de la demi-longueur d'onde de la fréquence la plus haute à reproduire. Mais il faut bien comprendre que ce ne sont pas les distances physiques entre haut- parleur qui sont importantes, mais le rapport des distances entre chaque haut parleur et l'auditeur. En effet la théorie est basée sur des sources omnidirectionnelles mais dans la réalité notre système est bien plus utile l'orsqu'il est directif.

Plaçons-nous dans le plan horizontal- pour bien comprendre. Nos deux haut -parleurs sont distants de X cm, placé chacun à égale distance d'une droite. L'auditeur se trouve sur cette droite. Si nous faisons varier X sur un axe perpendiculaire par rapport à l'axe d'écoute de l'auditeur, il ne se passe rien.



*Schéma explicatif*

En effet dans ce cas la distance S1-A et S2-A et rigoureusement la même, la différence est donc de 0 cm, et le couplage dans le plan horizontal ne crée pas de filtre en peigne sur cet axe d'écoute.

Faisons varier la position d'écoute maintenant pour voir ce qui se passe. Les distances E1-A et E2-A vont forcément varier, et c'est le rapport entre ces deux fréquences qui va donner l'écart entre les deux centres acoustiques en un point donné. C'est cette distance qui va donc être l'objet de la loi de la WST.

Pour faire simple, c'est ainsi que la directivité va varier. Si l'on décrit un cercle autour de ces deux sources nous allons très vite nous rendre compte que plus l'angle grandit plus le rapport de distance va lui aussi augmenter, et donc la fréquence de couplage va se réduire.

Ainsi pour notre montage, de 730 à 800Hz l'angle d'ouverture va se resserrer.

(A noter, les systèmes tel le DV Dosc ont également une distance entre haut-parleur supérieure à la fréquence de coupure relative).

**Directivité horizontale :**

Au regard des ces informations nous allons maintenant pouvoir prédire la directivité horizontale de notre système :

Pour alléger cette partie du mémoire, les prédictions de directivité horizontale ont été placées en annexe de ce mémoire.

Ces courbes sont obtenues par calcul de l'interférence de deux sources omnidirectionnelles en fonction de leurs distances et de leurs fréquences, elles ne tiennent pas en compte l'ébénisterie de l'enceinte. Simulation réalisée à l'aide de l'outil informatique de Laurent Givernaud (ingénieur de chez APG).

## **Sensibilité, puissance et rendement :**

### transducteur de grave :

puissance: 400w AES.

Sensibilité: 96 dB 1W/1m (donnée constructeur).

Rendement: 122 dB (10log 400W + 96).

### transducteur d'aigu

puissance: 70w AES.

sensibilité: 108 dB 1W/1m (donnée constructeur).

rendement : 126dB.

### L'ensemble de grave :

puissance: 800W AES

impédance: 16 ohms

sensibilité: 96 dB SPL (montage en série).

rendement: 125 dB (Rendement + 3db)

### l'ensemble d'aigu :

puissance: 140W AES

impédance: 16 ohms

sensibilité: 108 dB SPL (montage en série).

rendement: 129dB.

## **III. Etude de l'ébénisterie :**

### **angle maximum entre enceinte :**

Nous l'avons vu au début de ce mémoire, un angle maximum entre enceinte doit impérativement être déterminé. Comme nous le savons maintenant, cet angle dépend du facteur ARF, de la hauteur de l'enceinte et de la distance de l'auditeur, relié entre eux selon la formule citée dans cette première partie.

Dans notre cas :

ARF = pourcentage de surface émissive = 81%

Step = hauteur enceinte = 26,1cm

Dmin = distance de l'auditeur le plus proche = 6 m

Cela nous conduit à un angle entre enceinte de 0° à 9° maximum.

*(Nb, j'ai volontairement allégé cette partie, le facteur ARF étant calculé d'après les plans en annexe).*

### **calcul de l'évent bass reflex :**

#### Les règles à observer.

Un évent bass reflex se calcule en fonction du volume d'une enceinte et la fréquence de résonance du haut- parleur. Mais lorsqu'il y a 2 haut- parleurs dans une enceinte, la fréquence de résonance reste bien évidemment la même, mais le volume doit être multiplié par 2.

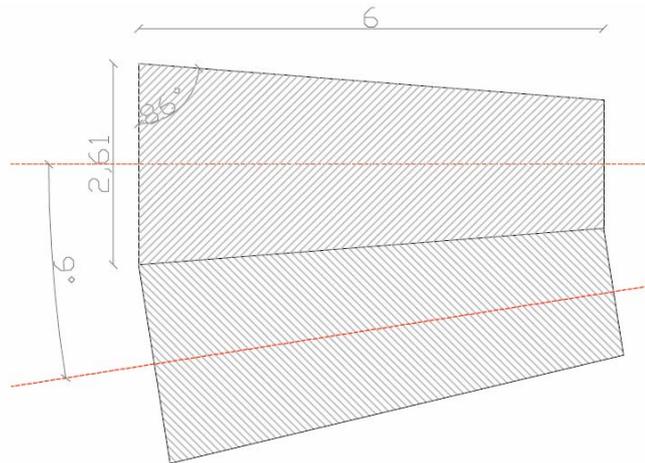


comme nous l'avons expliqué dans le choix des haut- parleurs nous obtenons un volume d'enceintes de 36,3l

Nous avons choisi une fréquence d'accord, de 45Hz, correspondant à la fréquence de résonance de la charge arrière de notre haut- parleur.

### **Volume de l'enceinte :**

Pour obtenir ce volume de 72,6l (36,3x2), tous en respectant le critère ARF de la WST nous avons fait le choix d'un revêtement en métal sur le dessus et le dessous de notre enceinte, pour un écart entre enceinte le plus faible possible. Par la suite, tenant compte de l'angle maximum entre enceinte précédemment calculé nous avons obtenu cette enceinte, avec un litrage approximatif de



74L (haut- parleur et guide d'onde déduit)

Ainsi nous avons pu calculer la surface des événements pour notre bass reflex. Le résultat obtenu est basé sur l'outil de calcul de la page web suivante :

<http://www.petoindominique.fr/php/brevet.php>

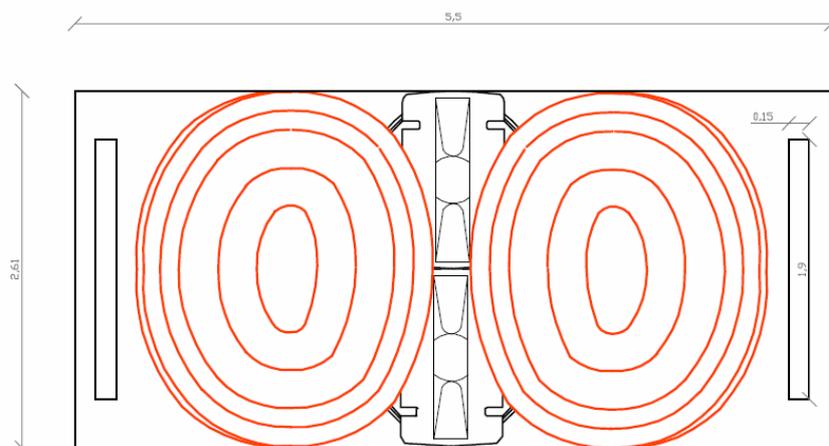
litrage : 74l

Fréquence d'accord : 45Hz

Longueur de l'évent : 5cm

Surface total de l'évent 57,1cm<sup>2</sup>.

Il suffit ensuite de diviser le résultat obtenu par deux, pour obtenir la surface de chaque événement, soit 28,55cm<sup>2</sup>. Nous avons fait le choix d'un événement rectangulaire pour gagner un maximum de place et répondre au critère ARF. Ainsi nous obtenons un événement de 1,5cm sur 19cm de par et d'autre de notre enceinte.

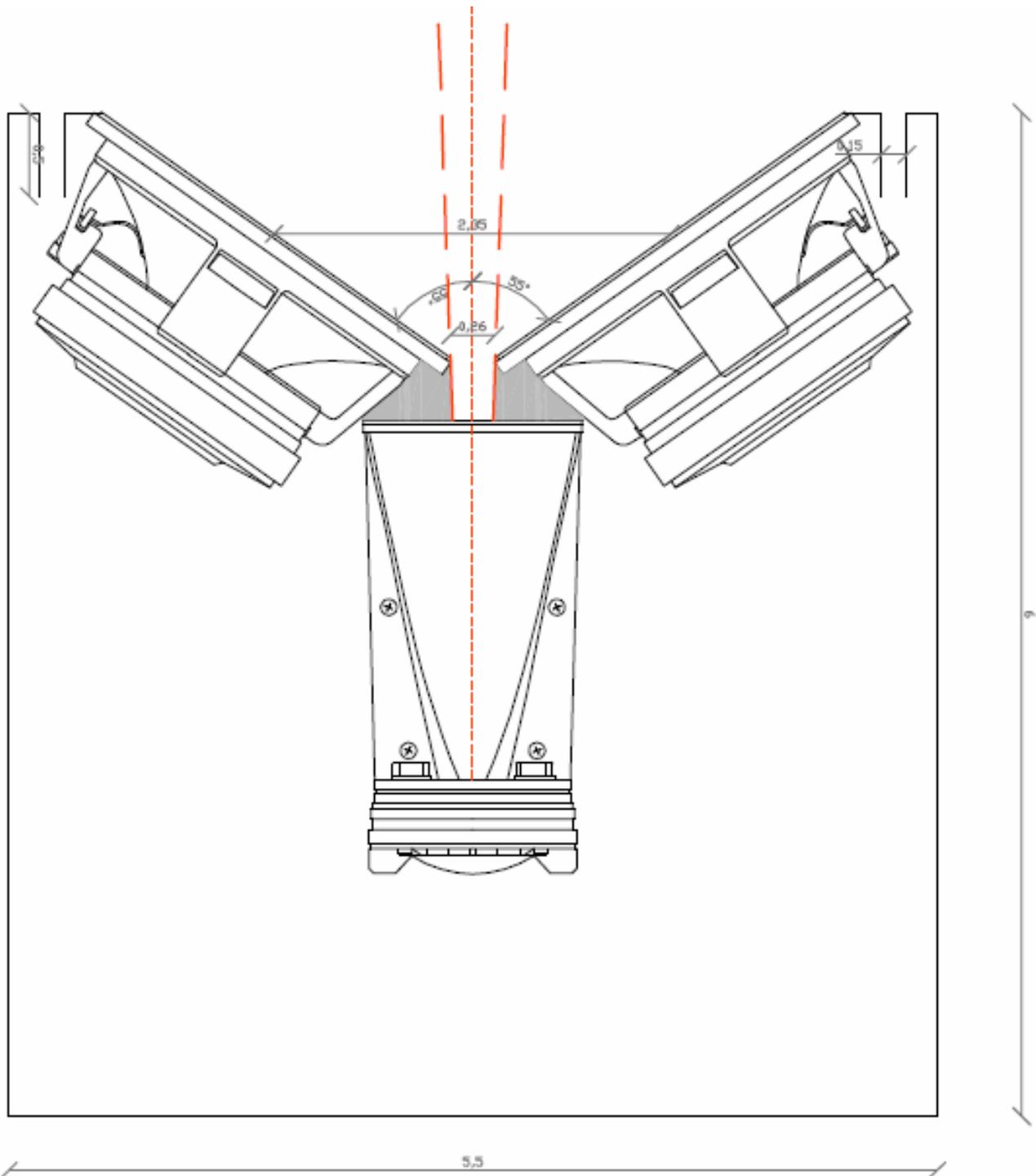


**Conclusion :**

L'approche décrite sur ces quelques lignes est très exotique, et il ne faut pas oublier le but de notre réalisation, une enceinte. Un élément de restitution sonore, qui aussi développé soit la conception ne peut s'affiner que par une écoute attentive et des mesures du système. J'ai ici dégagé les grandes lignes, la base de notre système, qui demanderait d'être réalisée pour pouvoir être étudiée, et ainsi améliorée. C'est pour cela que l'étude du bass reflex (élément très complexe) a été très largement simplifiée.

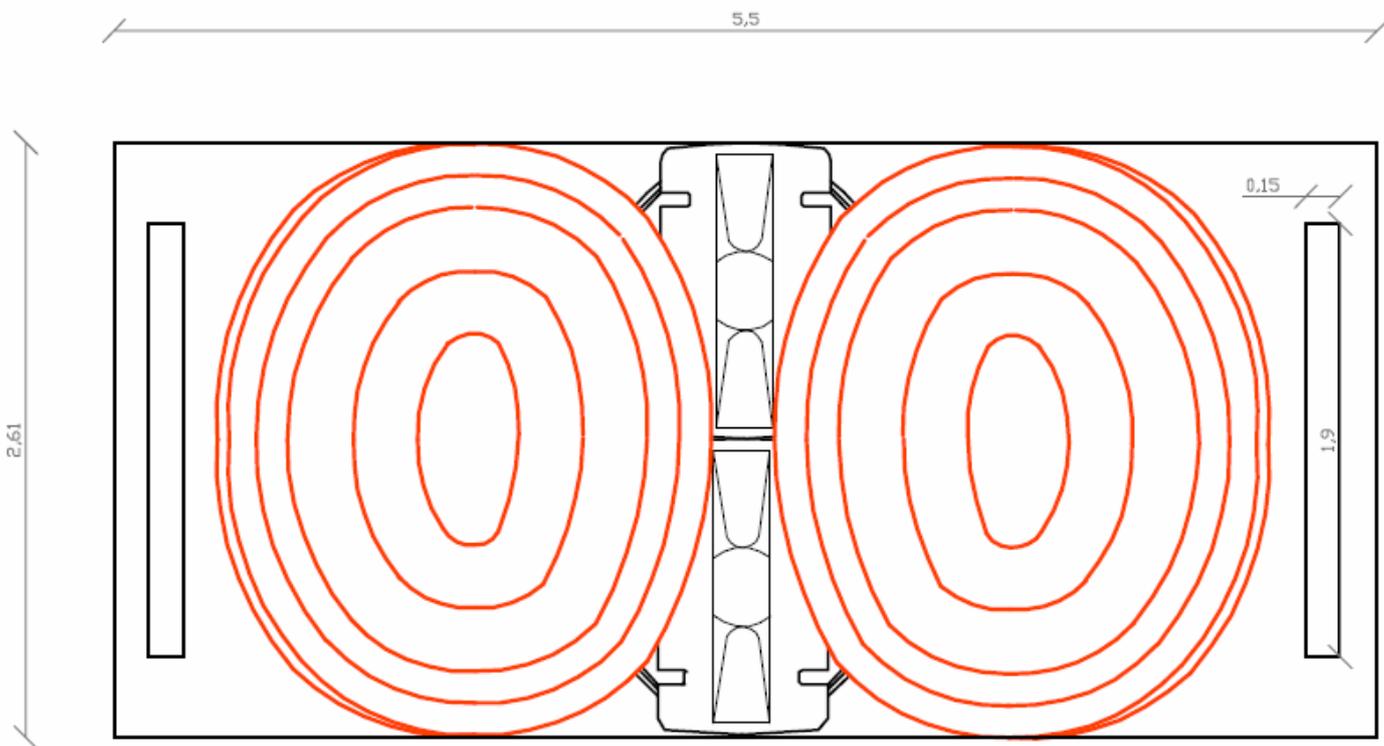
## ANNEXE

*Vue de dessus de notre système :*

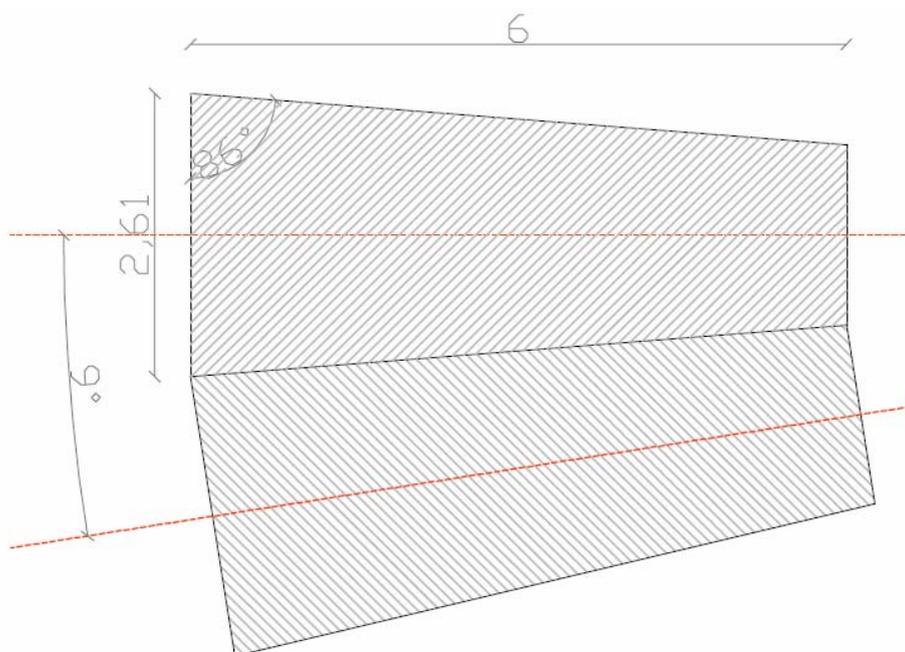


*Vue de face de notre système :*

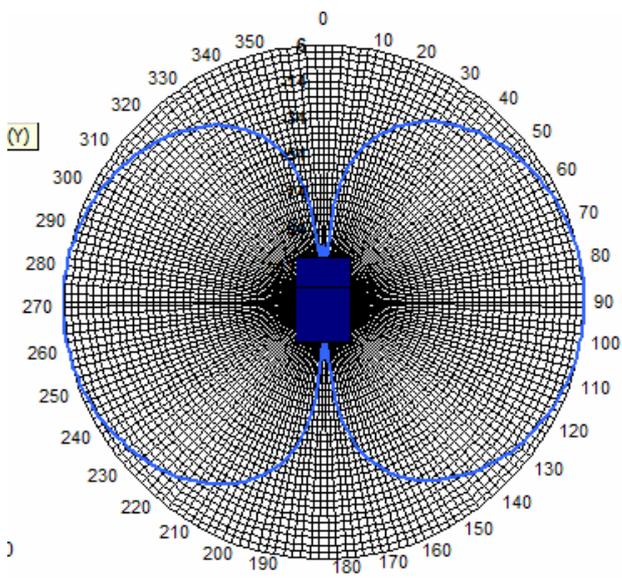




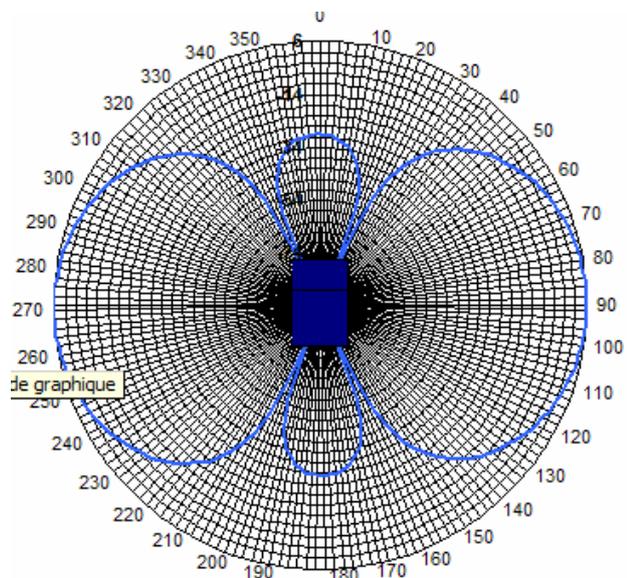
**Vue de profil de notre système :**



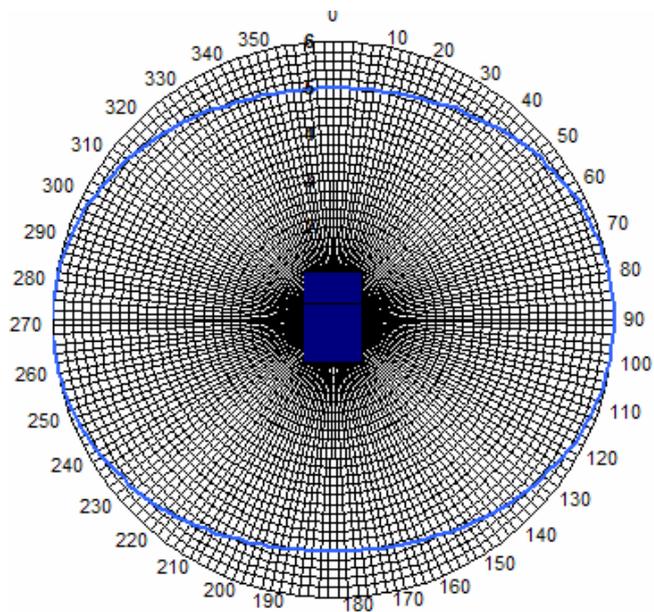
**Prevision de directivité pour notre système :**



800Hz, crossover.



740, demi longueur d'onde.



160Hz, fréquence ou l'angle d'ouverture horizontale et le plus important.

Source

### *bibliographie:*

Livret d'information de L Acoustics sur les critères de la WST.  
Article de Alain Pouillon-guibert sur les systèmes Q1, Kiva et RCF.

### *Internet:*

[www.wikipédia.fr](http://www.wikipédia.fr)  
[www.ziggysono.fr](http://www.ziggysono.fr)  
[www.pentoindominique.fr](http://www.pentoindominique.fr)

### *témoignage:*

Laurent Givernaud (ingénieur APG).  
Guillaume Lecreux (monteur système).

### **Remerciement**

J'ai souhaité, au travers de ce mémoire me glisser dans la peau d'un ingénieur en acoustique. Me confronter aux nombreux problèmes liés à la réalisation de système de diffusion, et devenir un peu plus indulgent (probablement) admiratif (définitivement) envers ces systèmes et ces hommes qui travaillent en amont au perfectionnement de notre travail. C'est à mon échelle, et mon niveau de compétence en la matière que j'ai abordé ce sujet complexe qui je l'espère aura sue vous passionner autant qu'il me passionne encore aujourd'hui.

Merci aux sociétés LYS, VISUEL et COURTIN AUDIO pour m'avoir ouvert-leur portes et m'avoir permis de décortiquer à ma guise leurs systèmes.

Merci également à Laurent Givernaud pour son formidable outil informatique d'aide à la conception, dont quelque partie m'échappe encore pour le moment.

Merci à Guillaume Lecreux pour sa patiente et ses nombreux conseils et explication qui ont éclairés plus d'une question.

Merci à Coralie Dantan pour les plans de la conception réalisé sous AutoCad.

Merci enfin au formateur de l'EMC pour leurs bases solide qui m'ont permis d'approfondir ce sujet.