

# **Haut-parleurs de la série Installation**

**YAMAHA CORPORATION**

**Division PA·DMI,**

**Centre de développement de systèmes de pointe**

**Livre blanc**

**des**

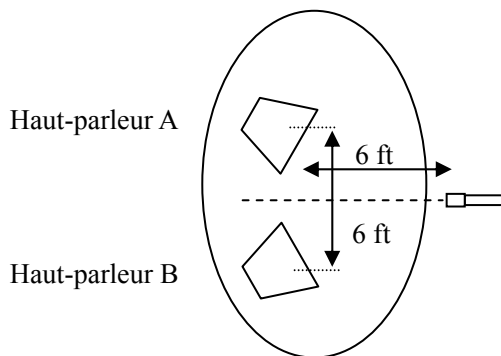
**haut-parleurs de la série Installation**

# 1 Introduction

La facilité avec laquelle un système de haut-parleurs peut être ajusté en fonction des caractéristiques d'une installation revêt une importance extrême pour les maîtres de travaux et les ingénieurs du son. De la même façon que la toile d'un peintre doit être blanche pour refléter la beauté réelle des couleurs, un système de haut-parleurs doit être comme une sorte de « trame blanche » dans le sens où il doit reproduire avec précision les formes d'onde fournies en entrée et apporter une réponse linéaire à l'égalisation -- ce qui signifie, en termes audio, offrir une « réponse plate ». Les deux causes les plus courantes d'inégalité de la réponse sont l'effet de « filtre-peigne » provoqué par l'installation ou l'état de l'architecture et la « différence entre les caractéristiques de phase des haut-parleurs ». La première doit être prise en considération à la lumière de la conception du système, notamment au niveau de l'angle des haut-parleurs, etc.

La deuxième doit être considérée comme un élément essentiel en vue de faire du système de haut-parleurs de Yamaha une « trame blanche ».

<Figure 1 : Condition de mesure du haut-parleur>



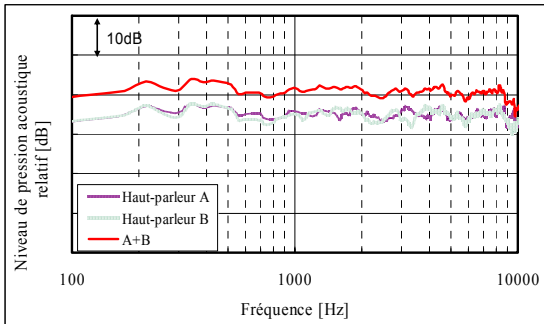
Nous avons effectué ce test simple afin de mesurer les caractéristiques de phase à l'aide de systèmes de haut-parleurs à 2 voies.

La figure 1 présente la configuration. Dans le système de haut-parleurs A, la directivité de haute fréquence est de 60 degrés x 40 degrés (horizontal x vertical), tandis qu'elle est de 90 x 50 dans le système de haut-parleurs B. La réponse en amplitude est quasiment la même. Lors de la commande de deux systèmes de haut-parleurs présentant les mêmes caractéristiques de phase au même moment, le niveau de pression acoustique relatif augmente de 6 dB à toutes les fréquences, comme illustré dans la figure 2.

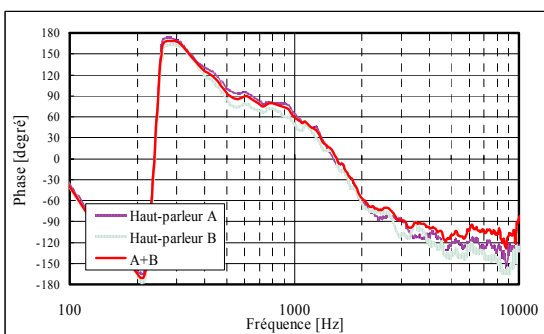
Nous avons ensuite modifié les caractéristiques de phase du système de haut-parleurs B et effectué des mesures. Le résultat est présenté à la figure 3. Dans la plage de fréquences où la différence de phase est supérieure à 120 degrés, on observe une compensation importante au niveau de la réponse en amplitude (vous pouvez voir la compensation au niveau de la plage où la différence de phase se situe entre 120 et 240 degrés). Dans la plage de fréquence où la compensation est observée, la réponse de l'égaliseur n'est pas linéaire, de sorte qu'il est très difficile d'améliorer les caractéristiques de fréquence à l'aide de l'égaliseur.

<Figure 2 : Commande de deux systèmes de haut-parleurs présentant les mêmes caractéristiques de phase>

**Amplitude**

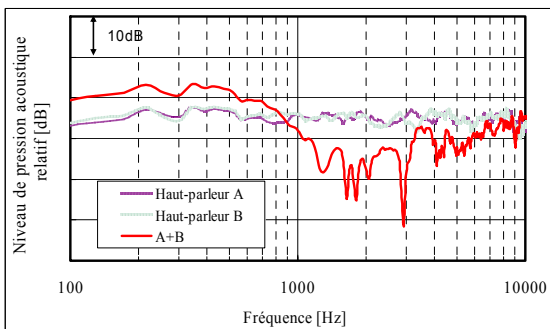


**Phase**

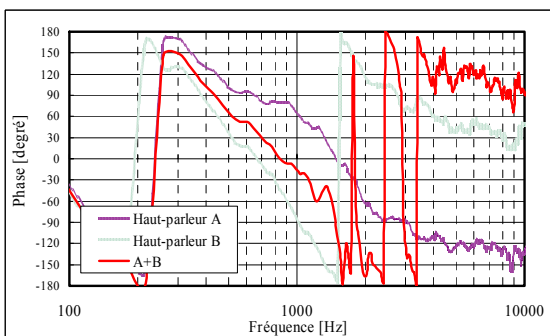


<Figure 3 : Commande de deux systèmes de haut-parleurs présentant des caractéristiques de phase différentes>

**Amplitude**



**Phase**



Ce problème apparaît non seulement entre des haut-parleurs de même modèle, mais également entre des modèles différents.

Par exemple, lors d'un concert live, il est fréquent de créer des ensembles de haut-parleurs en utilisant plus fois les mêmes systèmes de haut-parleurs. Par contre, dans une installation, on utilise souvent des modèles de haut-parleurs différents ensemble.

Dans l'esprit de Yamaha, même si un système utilise différents modèles de haut-parleurs, nous devons pouvoir offrir une « trame blanche » et accorder une attention toute particulière aux caractéristiques de phase, en vue d'offrir des caractéristiques de phase unifiées à travers toute la série. De même que pour la qualité sonore, nous recherchions à la fois la pureté au niveau de la parole (PA) et l'amplification du son haute fidélité des voix/instruments de musique, avec pour principal objectif l'unification de la couleur tonale (concept de son familial) de tous les produits de la série.

Nous avons par ailleurs fait de gros efforts pour reproduire les dimensions naturelles de l'image sonore. En d'autres termes, la taille de l'image doit être le reflet exact de la source, en particulier en ce qui concerne la parole.

En résumé, le concept à la base du design de la série Installation est de donner corps aux concepts de caractéristiques de phase et de couleur tonale.

La section suivante explique notre concept en détails et comment le traduire en réalité.

## **2 Etude des caractéristiques de phase des haut-parleurs**

Dans le cadre du design de la série Installation, nous avons étudié les influences des caractéristiques de phase des haut-parleurs sur leurs réponses aux points d'entrée, pour commencer.

### **1) A propos des caractéristiques de phase entre les amplificateurs**

Même un système unique de haut-parleurs peut connaître un problème de déphasage (par exemple, entre les amplificateurs HF et LF d'un système de haut-parleurs à deux voies).

La figure 4 illustre la réponse en phase d'un système de haut-parleurs à deux voies. La fréquence de coupure est de 1,5 kHz tant pour le HPF (18 dB/oct, BW) que le LPF (18 dB/oct, BW).

Concentrons-nous à présent sur la fréquence de 1,5 kHz.

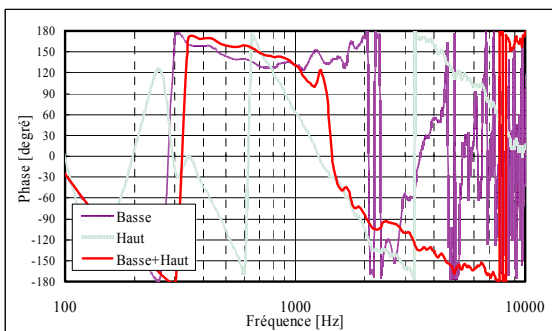
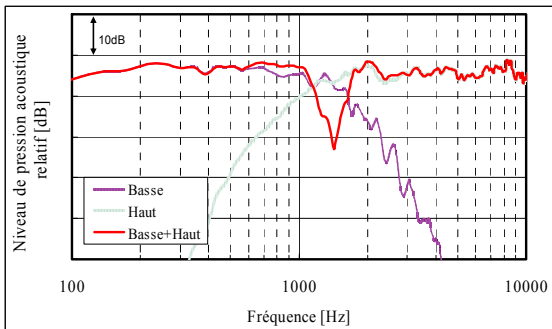
Sur le graphique de la réponse en amplitude, vous pouvez voir que le son de fréquence 1,5 kHz est reproduit par les amplificateurs HF et LF. Sur le graphique de la réponse en phase, vous pouvez voir que la différence de phase entre HF et LF est de 180 degrés. Les deux niveaux de signal sont égaux, de sorte qu'ils s'annulent et qu'un creux est créé dans les caractéristiques d'amplitude.

Vous pouvez également voir dans le graphique de la réponse en phase globale que la phase change brutalement entre 1 kHz et 2 kHz, de sorte que le système de haut-parleurs présente des caractéristiques de phase inappropriées au niveau du point d'intersection.

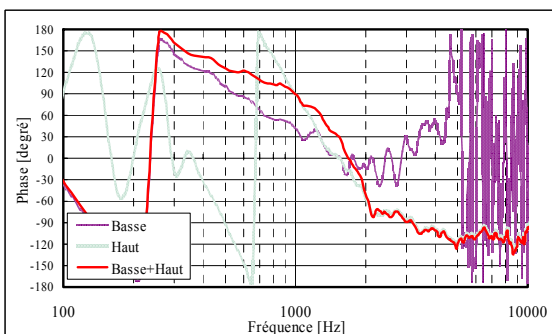
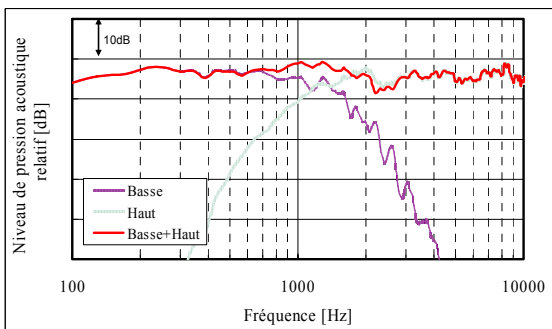
A l'instar de la figure 4, la figure 5 illustre la réponse en phase du même système de haut-parleurs à deux voies. Le système a toutefois été ajusté afin de réduire la différence de phase dans la plage située entre 1 kHz et 2 kHz à 90 degrés. La pente des caractéristiques de phase est constante sur toute la plage, de sorte que l'influence néfaste sur les caractéristiques d'amplitude est minimisée.

La série Installation présente une réponse en phase homogène avec une pente constante sur l'ensemble de la plage.

<Figure 4 : Influence de la différence de phase sur la réponse en amplitude>



<Figure 5 : Réponse d'un système de haut-parleurs dont les unités sont dans la phase>



## 2) Examen de la réponse en phase en cas d'utilisation de plusieurs systèmes de haut-parleurs

En vue d'une installation dans une salle, un théâtre, une église, etc., il est possible de regrouper plusieurs haut-parleurs dans des ensembles. Dans ces cas-là, un problème peut se présenter au niveau de la zone de chevauchement couverte par plusieurs haut-parleurs. Autrement dit, ainsi qu'expliqué au point 2-1) ci-dessus, il peut y avoir un creux dans la réponse en amplitude. Celui-ci est dû à la différence de phase provoquée par la différence de distance entre la position du haut-parleur et la position d'écoute.

Dès lors, du point de vue de la conception du système, il est très important de réduire la zone de chevauchement, même s'il est en fait très difficile de l'éliminer totalement.

Lorsque deux haut-parleurs sont utilisés, comme illustré à la figure 6, le tableau 1 montre le rapport entre la « différence de distance » et la « fréquence de déphasage ». La différence de distance correspond à la différence entre les distances qui séparent ces haut-parleurs du point test.

La fréquence montre le point où la différence de phase occasionnée par la différence de distance est égale à 90 degrés. Le paramètre  $\theta$  correspond à l'angle avec l'axe central.

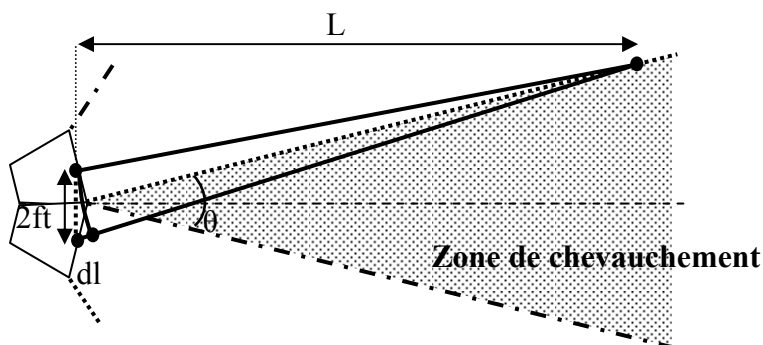
Le tableau 1 indique ce qui suit.

Lorsque la zone de chevauchement est dans une plage de 10 degrés, la différence de phase provoquée par la différence de distance au niveau de la zone de chevauchement se situe dans une plage de 90 degré à une fréquence de 1 kHz ou moins, quelle que soit la distance par rapport à la source sonore.

Lorsque la zone de chevauchement est dans une plage de 20 degrés, la différence de phase se situe dans une plage de 120 degrés à une fréquence de 1 kHz ou moins. On estime que, en-dessous de cette différence de phase, les interférences peuvent être ignorées. Dès lors, dans une telle installation, il est très important de faire correspondre les caractéristiques de phase des deux haut-parleurs de manière à obtenir des caractéristiques d'amplitude sans creux (tout comme lors de l'examen des caractéristiques de phase entre des amplificateurs décrit auparavant).

(Notez que, dans la pratique, comme la directivité d'un haut-parleur change en fonction de la fréquence, vous devez prendre en compte la fréquence, la directivité et la distance.)

<Figure 6 : Examen des caractéristiques dans la zone de chevauchement>



<Tableau 1 : Rapport entre la différence de distance et la fréquence de déphasage dans la zone de chevauchement>

| $\theta$ | L=20 ft            | L=40 ft            | L=80 ft            |
|----------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 5        | 0,174 /<br>3252 Hz | 0,174 /<br>3249 Hz | 0,174 /<br>3248 Hz |
| 10       | 0,347 /<br>1627 Hz | 0,347 /<br>1626 Hz | 0,347 /<br>1626 Hz |
| 15       | 0,517 /<br>1087 Hz | 0,517 /<br>1086 Hz | 0,518 /<br>1085 Hz |
| 20       | 0,683 /<br>817 Hz  | 0,684 /<br>816 Hz  | 0,684 /<br>816 Hz  |

**Différence de phase = 90 degrés**

| $\theta$ | L=20 ft            | L=40 ft            | L=80 ft            |
|----------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 5        | 0,087 /<br>4336 Hz | 0,087 /<br>4332 Hz | 0,087 /<br>4331 Hz |
| 10       | 0,174 /<br>2170 Hz | 0,174 /<br>2168 Hz | 0,174 /<br>2167 Hz |
| 15       | 0,261 /<br>1449 Hz | 0,261 /<br>1448 Hz | 0,261 /<br>1447 Hz |
| 20       | 0,347 /<br>1089 Hz | 0,347 /<br>1088 Hz | 0,347 /<br>1088 Hz |

**Différence de phase = 120 degrés**

Pour confirmer la validité de ces conclusions, nous avons effectué le test suivant.

A l'aide du SREV1 de Yamaha, nous avons créé des différences de phase de 90, 120 et 150 degrés à 2 kHz en simulant la réponse en impulsion qui présente une inclinaison différente des caractéristiques de phase dans la plage de fréquence.

Nous avons ensuite comparé la réponse en fréquence au niveau du point test.

La figure 7 présente les conditions de test et la figure 8 le résultat.

Le point test est à bonne distance du mur. Nous utilisons un microphone limite pour éviter tout effet de réflexion du son par le mur et le sol.

Tous les résultats sont standardisés en fonction du résultat obtenu dans le cas où  $\theta=0$  et où la différence de phase est nulle.

Les deux haut-parleurs ont une directivité de 60x40 et un cône latéral de 15 degrés.

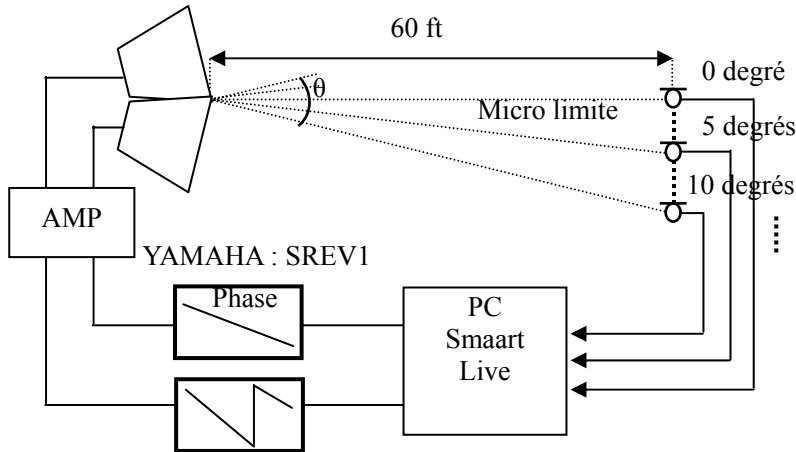
En l'absence de différence de phase, si  $\theta$  est égal à 15 degrés ou moins, la différence de niveau à 2 kHz ou moins est située dans une plage de 3 dB. Si  $\theta$  est égal à 25 degrés ou moins, la différence de niveau à 1 kHz ou moins se situe dans une plage de 3 dB.

A mesure que la différence de phase augmente, la zone affectée par le creux provoqué par l'interférence s'élargit, tandis que la fréquence de creux diminue.

En présence d'une différence de phase de 90 degrés, si  $\theta$  est égal à 15 degrés ou moins, la différence de niveau à 1 kHz ou moins est située dans une plage de 3 dB. En présence d'une différence de phase de 150 degrés, même si  $\theta$  est égal à 10 degrés ou moins, la différence de niveau à 1 kHz ou moins est supérieure à 6 dB. Ces résultats montrent

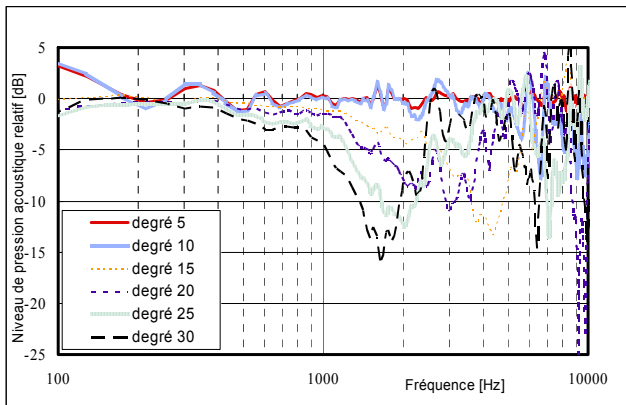
qu'en cas d'utilisation de plusieurs haut-parleurs, il est très important de faire correspondre leurs caractéristiques de phase pour obtenir la même réponse à n'importe quel endroit de la pièce.

<Figure 7 : Conditions de test>

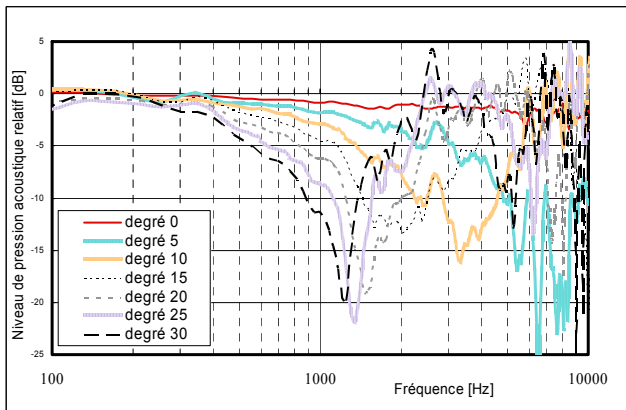


<Figure 8 : Caractéristiques de la zone de chevauchement>

Phase de 0 degré

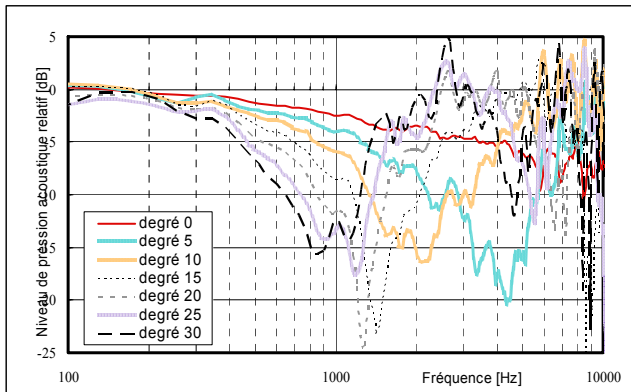


Phase de 90 degrés

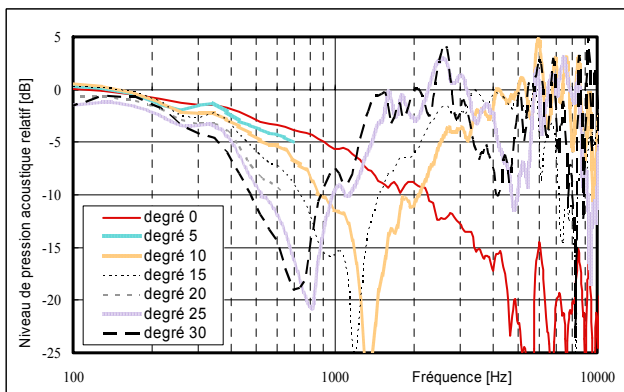




**Phase de 120 degrés**



**Phase de 150 degrés**



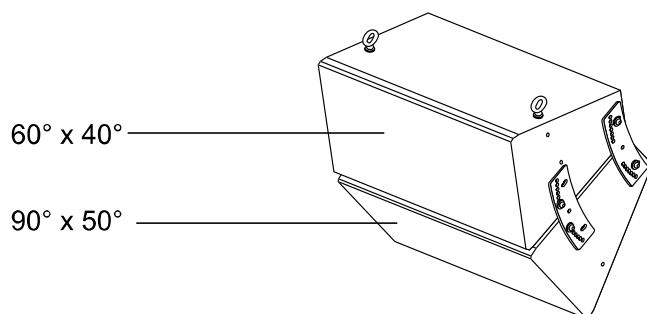
Dans le cadre de l'installation de haut-parleurs dans un théâtre, etc., il est courant d'utiliser plusieurs modèles de haut-parleurs avec des directivités différentes en fonction de la portée de la couverture nécessaire.

Il peut en outre y avoir plusieurs combinaisons de puissance d'utilisation des haut-parleurs (voir la figure 9).

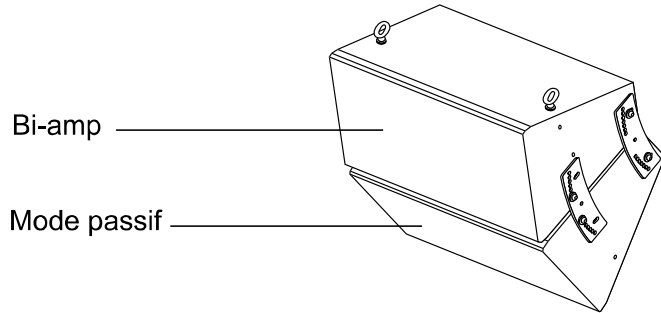
Lors du design des haut-parleurs de la série Installation, Yamaha a mis l'accent sur ce point et a estimé qu'il était très important de faire correspondre les caractéristiques de phase non seulement entre les haut-parleurs de même modèle, mais également entre les différents modèles.

<Figure 9 : Variations des combinaisons des haut-parleurs>

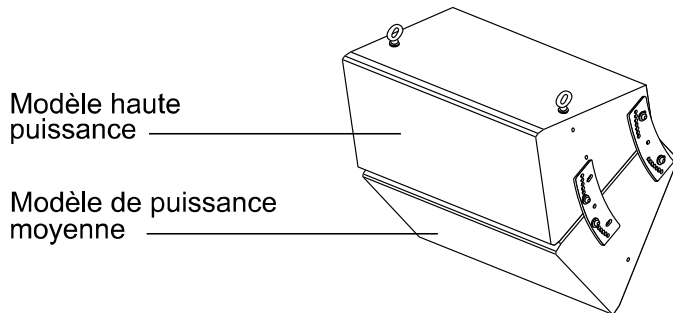
<Mêmes enceintes, directivités différentes>



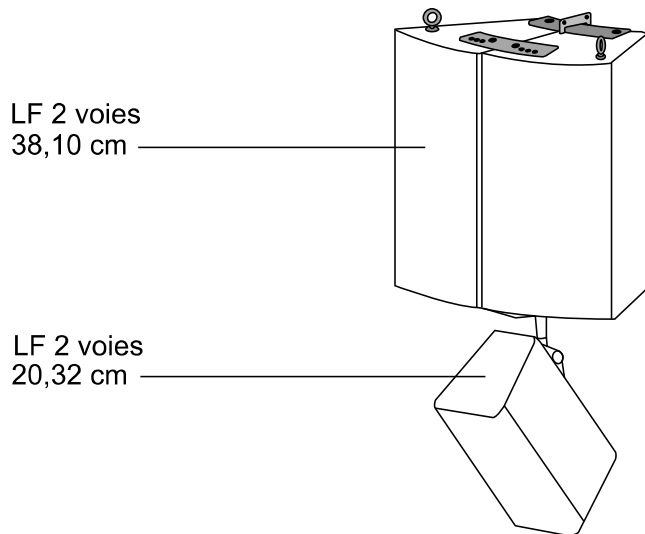
<Mêmes enceintes, modes d'amplification différents>



<Mêmes enceintes, modèles de différentes puissances>



<Combinaison de modèles avec des enceintes de différentes tailles>



### 3. Concept de design

Au vu de l'expérience réalisée ci-dessus, il est apparu que le contrôle de la phase était l'un des facteurs les plus importants. Nous avons ensuite plus spécialement mis l'accent sur l'équilibre du contrôle de la phase et du timbre afin de donner vie aux concepts « En phase » et « Son familial ». Les paragraphes suivants décrivent chaque concept en détails.

#### 1) Contrôle de la phase

##### (1) Concept En phase

Il ressort des résultats décrits ci-dessus que les caractéristiques de phase de tous les haut-parleurs de cette série doivent être identiques.

- Caractéristiques de phase identiques entre les modèles de même enceinte ayant des directivités différentes-  
Caractéristiques de phase identiques entre les modèles passifs et bi-amplifiés ayant la même enceinte.
- Caractéristiques de phase identiques entre les modèles haute puissance et moyenne puissance (disponibles à l'automne 2005) ayant la même enceinte.
- Caractéristiques de phase identiques entre les différents modèles d'enceinte.
- La différence de phase entre des haut-parleurs à 2 kHz doit se situer dans une plage de 90 degrés.

##### (2) Utilisation du type « changement de phase minimum »

Il existe deux méthodes de contrôle des caractéristiques de phase des systèmes de haut-parleurs à plusieurs voies.

###### A. Type « changement de phase minimum »

Cette méthode a pour but de minimiser le changement de phase entre 20 Hz et 20 kHz. Les caractéristiques de phase sont modifiées de façon homogène sur un tour (180 degrés à -180 degrés). Cette méthode risque toutefois de se heurter au problème de baisse de niveau des caractéristiques d'amplitude au niveau de la plage de fréquence où les amplificateurs de basse fréquence et de haute fréquence se croisent.

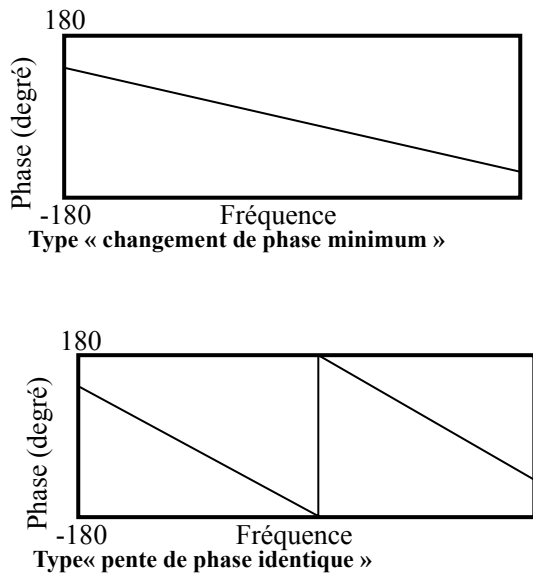
###### B. Type « pente de phase identique »

Cette méthode a pour but d'effectuer le changement de phase de façon homogène sur toute la plage de fréquence et non de minimiser le changement de phase.

En ajoutant un retard à l'amplificateur de basse fréquence pour faire correspondre la pente de sa phase à la pente de l'amplificateur de haute fréquence, les caractéristiques de phase des deux amplificateurs se rejoignent en douceur.

Avec cette méthode, la différence de phase est de 360 degrés au niveau de la limite des caractéristiques de phase des deux amplificateurs. Cependant, du point de vue de l'accentuation/coupure des caractéristiques d'amplitude, cette différence peut être considérée comme étant une seule et unique phase, ce qui permet d'éviter le problème de baisse de niveau dans la plage d'intersection. Cette méthode est plus simple et plus facile à utiliser que le type « changement de phase minimum », même si la phase change de manière significative sur toute la plage.

<Figure 10 : Type « changement de phase minimum » et « pente de phase identique »>



Avant d'entamer le design de la série Installation, nous avons mis au point des prototypes des types « changement de phase minimum » et « pente de phase identique » et procédé à un test d'écoute/de comparaison. Les résultats sont les suivants.

Lors du test avec un haut-parleur bi-amplifié à l'aide du DSP, il s'est avéré difficile de déterminer quel était le meilleur prototype, malgré une légère nuance au niveau de la plage d'intersection.

Lors du test avec un haut-parleur passif, le type « changement de phase minimum » avec un circuit en réseau simple a offert un son de meilleure qualité.

On craignait en outre que les divers modèles présente un temps de retard différent au niveau de l'amplificateur basse fréquence si tous les haut-parleurs de la série Installation étaient réglés en appliquant la méthode de la « pente de phase identique », ce qui pourrait créer des problèmes lors de l'utilisation simultanée de plusieurs haut-parleurs.

C'est pour toutes ces raisons que nous avons décidé d'utiliser le type « changement de phase minimum ».

## 2) Contrôle de la qualité du timbre

### (1) Son cible

Nous avons pris comme cibles principales de la série Installation les salles, les théâtres et les églises.

Ces installations peuvent accueillir des conférences, des concerts de musique, des comédies musicales, des cours, etc. Dès lors, l'une des exigences minimales du système SR était qu'il offre un son à la fois clair et de bonne qualité, de même qu'un niveau audible à n'importe quel endroit de la pièce. Il devait en outre offrir un son haute fidélité aux voix et instruments de musique, ainsi qu'à la reproduction de musique ou de sons ambiants.

Dès lors, pour assurer une qualité tonale optimale des produits de la série Installation, nous nous sommes fixés pour objectif de remplir les conditions suivantes, en plus des caractéristiques d'amplitude planes.

- Intelligibilité de la parole
- Bon équilibre et bonne séparation du timbre dans le cas de la musique
- Son sans coloration quel que soit le niveau total
- Même timbre quelle que soit la position dans la plage de directivité
- Image audio de taille adéquate pour chaque source

### (2) Concept de son familial

Dans le cas d'une installation dans une salle, un théâtre ou une église, il est possible d'utiliser des haut-parleurs auxiliaires (haut-parleur sous le balcon ou haut-parleur d'appoint avant, par exemple) en plus des haut-parleurs principaux.

Les sons générés par ces haut-parleurs se mêlent dans la pièce/la salle. Il était cependant très difficile d'obtenir le même timbre à tous les endroits de la pièce/salle dans la mesure où le timbre de chaque haut-parleur varie en fonction de la taille ou du modèle (même si le fabricant est le même).

C'est pourquoi Yamaha a introduit le « Concept de son familial » en vertu duquel, tous les modèles de haut-parleurs de la même série ont la même couleur tonale.

- Unification de la couleur tonale entre les modèles de différentes directivités utilisant la même enceinte
- Unification de la couleur tonale entre les modes passif et bi-amplifié du même modèle
- Unification de la couleur tonale entre les modèles haute puissance et moyenne puissance utilisant la même enceinte
- Unification de la couleur tonale entre les différents modèles d'enceinte

### **(3) Minimisation de la compensation électronique**

Si l'opération d'égalisation permet de compenser la réponse en amplitude, elle provoque toutefois une détérioration des caractéristiques de phase. Plus la réponse en amplitude est compensée, plus la phase change.

Nous avons dès lors tenté de minimiser la compensation électronique à l'aide de l'égaliseur.

Pour la plage d'intersection, en particulier, nous nous sommes même fixés pour objectif de ne pas du tout utiliser l'égalisateur.

### **(4) Coopération avec un concepteur de haut-parleurs extérieur**

Nous avons décidé de mettre au point les haut-parleurs en collaboration avec l'aide d'un concepteur de haut-parleurs extérieur.

Le chef de l'équipe chargée du développement de haut-parleurs chez Yamaha était Akira Nakamura. C'est lui qui a conçu le haut-parleur hi-fi NS1000M en vente depuis longtemps, le haut-parleur standard de facto NS10M pour le studio et les haut-parleurs à moniteur intégré de la série MSP.

Nous avons engagé M. Michael Adams en tant que concepteur de haut-parleurs extérieur. En plus d'être un concepteur expérimenté de haut-parleurs, il jouit d'une longue expérience en tant qu'ingénieur SR et est actuellement concepteur en chef d'Audio Composite Engineering, une société américaine spécialisée dans le design de haut-parleurs.

Il a compris ce qu'on attendait de lui et a donné vie au concept de Yamaha qui semblait pourtant difficile à mettre en œuvre. Il est le seul concepteur de haut-parleurs à avoir les oreilles en or d'un ingénieur SR.

## 4. Conception et développement du style

La conception, de même que le développement d'un prototype, s'est déroulée en trois phases distinctes.

Au cours de la première phase, Proto 1, destiné à la première évaluation du son, a été développé. Est ensuite venu Proto 2, qui reflétait le résultat de l'évaluation de Proto 1. La conception de base de l'enceinte et du pavillon acoustique, ainsi que la sélection des amplificateurs, ont été effectuées par Audio Composite Engineering.

Yamaha a procédé à des mesures de données détaillées et à un test d'écoute non seulement dans une pièce sans écho, mais aussi dans un environnement d'utilisation normal. Les résultats analysés et un résumé des problèmes et des solutions apportées ont ensuite été transmis à "Audio Composite Engineering".

La troisième phase, basée sur Proto 2, consistait en la pré-production dans l'usine où les produits finaux ont été fabriqués à l'aide de pièces et de matériaux utilisés pour la production en masse. Il s'agissait d'une phase de production test visant à contrôler la qualité de la production en masse des produits finaux.

Diverses enceintes faisant appel à des matériaux ou peintures différents ont ainsi été fabriquées, après quoi différents composants ont été montés sur ces enceintes et testés.

La situation actuelle de chaque composant est la suivante.

### - Pavillon acoustique

Nous avons évalué la qualité des pavillons en mesurant des données telles que la réponse en phase et en amplitude, tout en procédant à des tests d'écoute pour vérifier la clarté, la résolution, la taille de l'image audio, etc.

Le pavillon avec une gorge de 1,4 pouces utilisé pour les modèles de 15 et 12 pouces a permis d'améliorer la pénétration et la résolution du son. Il s'agit là de la taille maximale de pavillon pouvant être intégrée dans l'enceinte.

Le matériau est du FRP renforcé avec de la fibre de verre et assourdi grâce à l'ajout d'un matériau anti-vibration.

Tous les pavillons sont orientables dans une plage de 90 degrés.

### - Amplificateur de compression pour la plage de haute fréquence

Après des tests d'écoute répétés à la recherche du son pour la famille, nous avons sélectionné des amplificateurs.

Tous les amplificateurs choisis sont ainsi produits par le même fabricant.

L'amplificateur utilisé pour les modèles de 15 et 12 pouces est équipé d'une bobine acoustique de 3 pouces et d'une membrane en titane. L'arête et la membrane sont intégrés. L'arête est de type tangentiel afin d'offrir une plus grande durabilité et une meilleure qualité sonore.

### - Haut-parleur de graves pour la plage de basse fréquence

Pour éviter toute compression de l'image sonore à une puissance élevée, les haut-parleurs de graves de 15 et 12 pouces utilisent des bobines acoustiques.

Le haut-parleur de graves a été sélectionné avec soin en ayant à l'esprit les points suivants.

- Facteur d'étouffement élevé et réponse en basse fréquence homogène
- Correspondance sonore avec l'enceinte
- Mélange homogène en haute fréquence

Le circuit magnétique utilise un gros aimant en ferrite afin d'améliorer la densité magnétique et d'obtenir ainsi un son à la fois clair et précis.

### - Enceinte

Au terme des tests d'écoute, nous avons décidé d'utiliser du bouleau finlandais à 11 épaisseurs pour l'enceinte.

La fréquence d'accordage est réglée au niveau du point où la pression acoustique en provenance du port affecte de façon optimale la réponse en basse fréquence.

Nous avons conçu un prototype dans lequel le point de fréquence d'accordage a été calculé à l'aide d'une simulation par ordinateur et avons procédé à des tests d'écoute répétés afin de vérifier la correspondance entre l'enceinte et le haut-parleur de graves, puis avons effectué quelques modifications en vue de l'améliorer.

Pour ce qui est de la forme de l'enceinte, nous avons réglé le panneau latéral et le baffle sur la même hauteur afin de conserver un son clair. Cela permet d'éliminer toute réflexion du son par le panneau latéral susceptible de rendre le son indistinct.

Nous avons renforcé l'intérieur grâce au calage, en tenant compte de la force et de la résonance. Nous obtenons ainsi une qualité tonale claire sans bruits au niveau de l'enceinte du haut-parleur.

De la laine de verre de 25 mm est utilisée à l'intérieur de l'enceinte en guise de matériau d'absorption du son, offrant ainsi un son de basse fréquence bien équilibré, à la fois serré mais soutenu.

Pour obtenir une pénétration plus importante du son, 63 % de la grille métallique sont ouverts.

### - Réseau

Pour éviter toute détérioration du son due à l'insertion du réseau, nous utilisons un réseau très simple.

Dans le cas du réseau à basse fréquence, il s'agit d'une bobine reliant un fil de cuivre de calibre 15 au noyau de la grande plaque en acier et d'un grand condensateur de film avec un faible  $\tan \theta$  pour assurer un son de résolution élevée même en cas d'entrée de forte puissance.



Pour obtenir la même réponse en phase et en amplitude qu'avec les haut-parleurs bi-amplifiés, nous avons effectué une simulation par ordinateur et des mesures réelles répétées jusqu'à ce que le design du réseau soit terminé. De manière générale, nous avons pu appliquer le « Concept En phase » et le « Concept Son familial ». Nous sommes parvenus à minimiser le changement de phase sur l'ensemble de la plage et à obtenir des caractéristiques de phase descendante subtiles sans changement de phase brutal, tout en obtenant des caractéristiques d'amplitude homogènes.

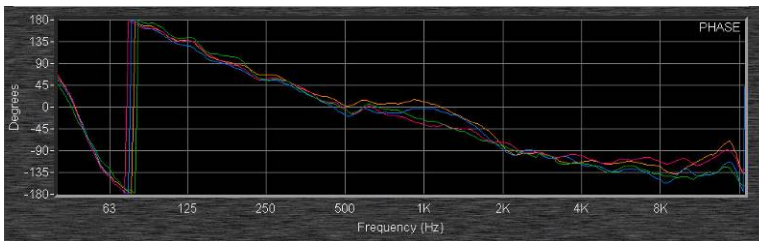
## 5. Caractéristiques de phase de la série Installation

Les graphiques suivants montrent les caractéristiques de phase de la série Installation et du modèle concurrent. Il ressort de ces graphiques que les caractéristiques de phase de la série Installation sont quasiment les mêmes, quels que soient la directivité, le mode d'amplification et le modèle.

<Figure 11 : Comparaison des caractéristiques de phase>

### SERIE INSTALLATION DE YAMAHA

#### Comparaison entre différents modèles de directivité



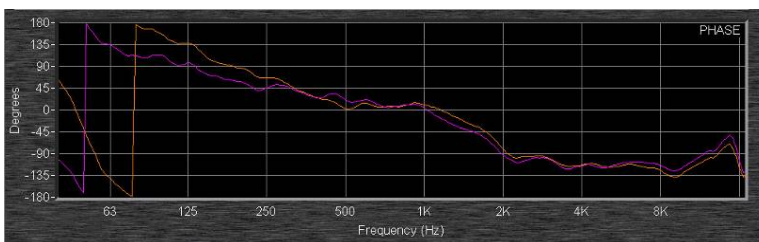
Orange : IF2115/64/bi-amplifié

Bleu : IF2115/95/bi-amplifié

Rouge : IF2115/99/bi-amplifié

Vert : IF2115/AS/bi-amplifié

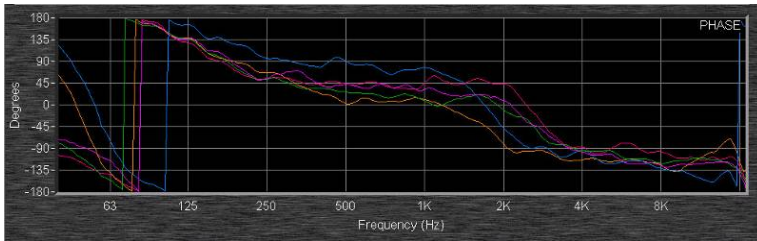
#### Comparaison entre différents modes d'amplification



Orange : IF2115/64/bi-amplifié

Violet : IF2115/64/passif

### Comparaison entre différents modèles



Orange : IF2115/95 bi-amplifié

Bleu : IF2112/95 bi-amplifié

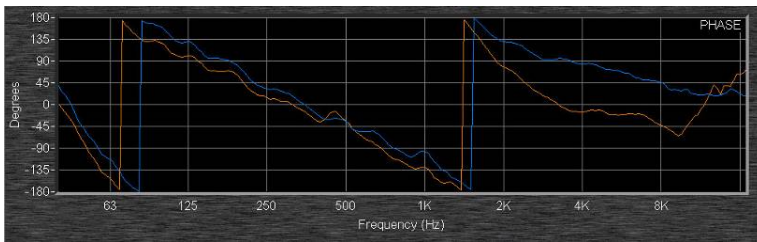
Vert : IF2208

Violet : IF2108

Rouge : IF2205

### Modèle concurrent

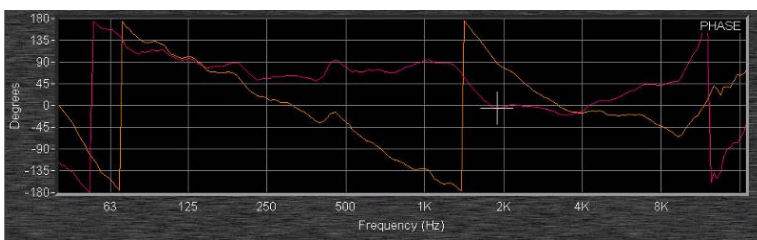
#### Comparaison entre différents modèles de directivité



Orange : 15" LF 2 voies 60x40 bi-amplifié du concurrent

Bleu : 15" LF 2 voies 90x50 bi-amplifié du concurrent

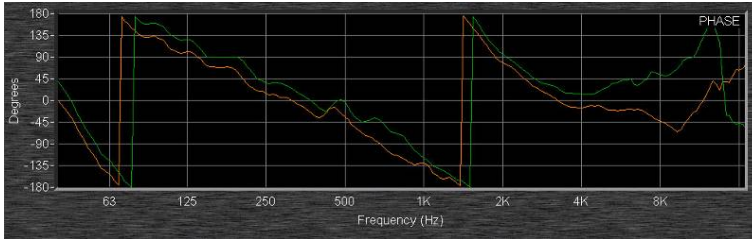
#### Comparaison entre différents modes d'amplification



Orange : 15" LF 2 voies 60x40 bi-amplifié du concurrent

Rouge : 15" LF 2 voies 60x40 passif du concurrent

### Comparaison entre différents modèles



Orange : 15" LF 2 voies 60x40 bi-amplifié du concurrent

Vert : 12" LF 2 voies 60x40 bi-amplifié du concurrent

## 6. Résumé

A l'automne 2004, nous avons convié les évaluateurs à une réunion dans les locaux d'Audio Composite Engineering afin d'évaluer la qualité de son du prototype final.

A l'aide de CD et de microphones amenés par les évaluateurs, une évaluation soignée a été effectuée. La réunion s'est terminée au milieu d'un tonnerre d'applaudissements.

Nous avons organisé une réunion similaire au Japon afin d'évaluer la qualité du son.

Les deux réunions nous ont permis de nous assurer que la série Installation reflétait notre concept de design et offrait un son de qualité optimale. L'application du concept de son familial a reçu un accueil particulièrement chaleureux. Grâce à un test vocal en anglais et en japonais à l'aide d'un microphone, il a été démontré que la série pouvait amplifier les voix dans les deux langues de façon très claire.

Les haut-parleurs de la série Installation de Yamaha destinés aux installations résolvent les problèmes que pose l'utilisation simultanée de plusieurs haut-parleurs. Nous espérons de tout cœur que vous apprécierez la qualité du son, la correspondance des couleurs tonales lors de l'utilisation simultanée de plusieurs haut-parleurs, la réaction linéaire de l'EQ, etc.

Yamaha prévoit d'ajouter dans le futur un modèle à trois voies et un modèle de moyenne puissance à deux voies à la série, de même que d'introduire un processeur de haut-parleur numérique fin 2005.

Pour ce qui est du traitement DSP utilisé pour commander la série Installation, vous pouvez utiliser des processeurs de haut-parleur généraux dans la mesure où aucun filtre passif ou EQ spéciaux ne sont utilisés. Nous pensons néanmoins que les DME24N/64N de Yamaha constituent la meilleure combinaison en termes de qualité du son. Nous prévoyons de vous présenter les données concernant

les réglages du DSP et les données EASE sur le site web de Yamaha dans un proche avenir. Notez que nous avons utilisé l'amplificateur de la série PC-01N de Yamaha lors du processus final d'ajustement du son.

A l'heure actuelle, parallèlement à la mise au point du matériel pour ces éléments, nous développons une application logicielle de simulation pouvant être facilement utilisée lors de la phase de conception du système sonore. Tout ce que vous avez à faire est saisir des données concernant la forme et la taille de la pièce et le niveau de pression sonore au niveau de la position d'écoute. Sur la base de ces données, l'application vous recommande la meilleure configuration de l'ensemble. Elle vous permet en outre de simuler l'égalisation en vue de la compensation des caractéristiques de l'ensemble. Le résultat de la simulation de l'égalisation peut ensuite être stocké dans le DME24N/64N de Yamaha sous la forme d'un fichier de bibliothèque.

L'utilisation de cette application logicielle de simulation en combinaison avec la série Installation de Yamaha devrait vous permettre de gagner un temps précieux lors de l'ajustement des réglages.

Pour terminer, nous voudrions remercier chaleureusement Audio Composite Engineering et M. Michael Adams.

Référence :

[1] G. Davis and R. Jones, "Sound Reinforcement Handbook, Second Edition," Yamaha, 1989

[2] D. Davis and C. Davis, "Sound System Engineering, Second Edition," Focal Press, 1997