

# **De luidsprekers van de Installatieserie**

**YAMAHA CORPORATION**

**PADMI Division,**

**Advanced System Development Center**

**Whitepaper**

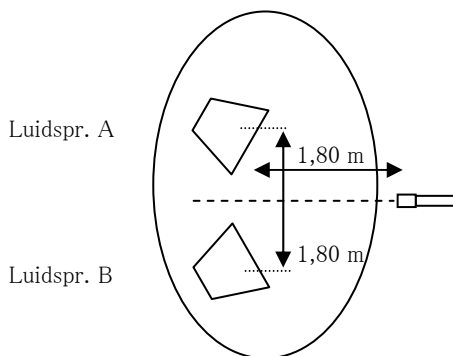
**over**

**de luidsprekers van de Installatieserie**

# 1 Inleiding

Het gemak waarmee een luidsprekersysteem kan worden afgestemd op de kenmerken van een gebouw is voor geluidstechnici van het grootste belang. Net zoals een schilderscanvas wit moet zijn om de werkelijke kleuren van de verf te tonen, moet een luidsprekersysteem als het ware een "wit canvas" vormen en de golfvormen die als ingangssignaal worden ontvangen op accurate en lineaire wijze reproduceren. In audiokringen spreekt men in dit kader van een systeem met een "vlakke karakteristiek". De twee meest voorkomende oorzaken voor een ongelijke karakteristiek zijn het "kamfiltereffect" als gevolg van de installatie of architectonische omstandigheden, en het "verschil tussen de fasekarakteristieken van de luidsprekers". Met de eerste oorzaak moet rekening worden gehouden bij het systeemontwerp, zoals bij de bepaling van de luidsprekerhoek, enz. Met de tweede oorzaak moet rekening worden gehouden bij de omvorming van het Yamaha luidsprekersysteem tot een "wit canvas".

<Illustratie 1: meetconditie voor luidsprekermeting>

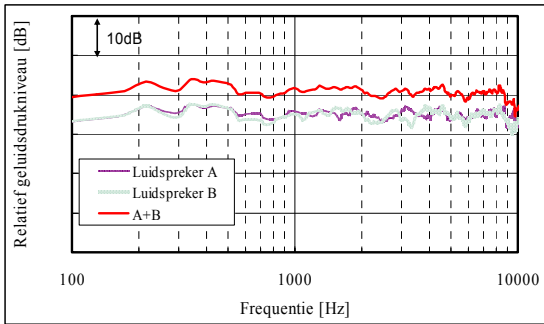


Wij hebben een simpele test ontworpen om de fasekarakteristieken te meten met behulp van 2 tweeweg luidsprekersystemen. Illustratie 1 toont de opstelling die wij hiervoor gebruikten. De hoogfrequente richtingskarakteristiek van luidsprekersysteem A bedroeg 60 x 40 graden (horizontaal x verticaal) en van luidsprekersysteem B 90 x 50 graden. De amplitudekarakteristiek was vrijwel identiek. Wanneer twee luidsprekersystemen met dezelfde fasekarakteristiek tegelijkertijd werden aangestuurd, steeg het relatieve geluidsdrukkniveau op alle frequenties met 6 dB, zoals te zien is in illustratie 2.

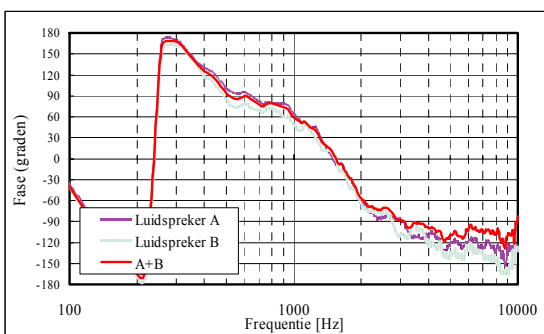
Nadat wij de fasekarakteristiek van luidsprekersysteem B hadden veranderd, herhaalden we de meting. Het resultaat hiervan is te zien in Illustratie 3. In het frequentiebereik waarin het faseverschil meer dan 120 graden bedroeg, was een aanzienlijke uitval in de amplitudekarakteristiek waarneembaar (deze uitval is te zien in het bereik met een faseverschil tussen 120 en 240 graden). In het frequentiebereik waarin uitval waarneembaar is, reageert de equalizer niet op lineaire wijze. Hierdoor is het buitengewoon moeilijk om de frequentiekarakteristiek te verbeteren met behulp van een equalizer.

<Illustratie 2: aansturing van twee luidsprekersystemen die dezelfde fasekarakteristiek hebben>

**Amplitude**

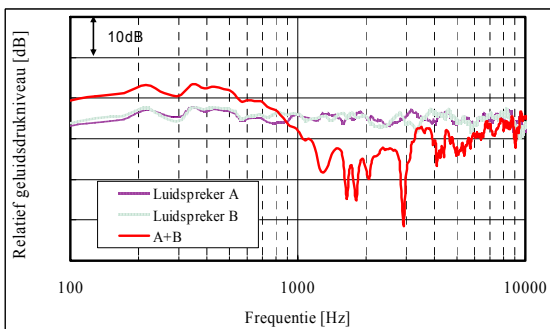


**Fase**

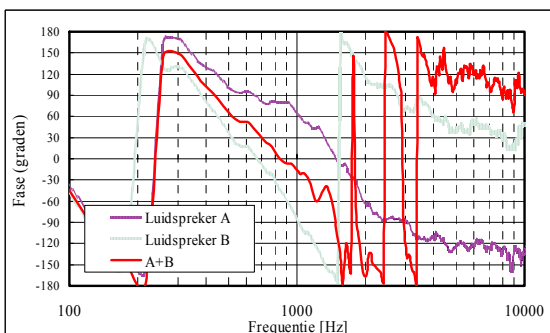


<Illustratie 3: aansturing van twee luidsprekersystemen die verschillende fasekarakteristieken hebben>

**Amplitude**



**Fase**



Dit probleem doet zich niet alleen voor bij gelijke luidsprekermodellen, maar ook bij afwijkende.

Bij live-concerten bijvoorbeeld worden doorgaans luidsprekerarrays met meerdere gelijksoortige luidsprekers samengesteld. Bij installaties in gebouwen daarentegen worden vaak verschillende luidsprekermodellen door elkaar gebruikt.

Yamaha is van mening dat er altijd een "wit canvas" moet worden geboden, zelfs bij toepassing van verschillende luidsprekermodellen binnen een systeem. Om deze reden heeft de onderneming er veel aan gedaan om de fasekarakteristieken binnen de gehele serie gelijk te maken.

Met betrekking tot de geluidskwaliteit streefden we niet alleen naar een goede verstaanbaarheid van de spraaksignalen (PA), maar tevens naar een hifi-versterking van de zangstemmen en muziekinstrumenten. Hierbij vormde de unificatie van de klankkleur (Family Sound Concept) van alle producten binnen de serie het uitgangspunt. Verder hebben we ons ervoor ingespannen om de dimensies van het geluidsbeeld zo natuurgetrouw mogelijk te reproduceren.

Het geluidsbeeld moet met andere woorden qua omvang een nauwkeurige weergave van de bron vormen, vooral met betrekking tot de spraak. Het ontwerpconcept van de "Installatieserie" bestaat kortom uit het realiseren van de concepten met betrekking tot de fasekarakteristiek en klankkleur.

In het navolgende zal nader worden ingegaan op ons concept en de manier waarop dit kan worden gerealiseerd.

## 2 Fasekarakteristieken van luidsprekers

Tijdens de totstandkoming van de "Installatieserie" hebben we eerst onderzoek gedaan naar de invloeden van de fasekarakteristiek van luidsprekers op de karakteristiek op het punt van ontvangst.

### 1) Verschillen in fasekarakteristiek tussen drivers in dezelfde luidspreker

Zelfs in één luidspreker kunnen faseverschillen optreden (bijvoorbeeld tussen de driver voor hoge frequenties en de driver voor lage frequenties van een 2-weg luidsprekersysteem). Illustratie 4 toont de fasekarakteristiek van een 2-weg luidsprekersysteem. De afsnijfrequentie bedraagt 1,5 kHz voor zowel het hoogdoorlaatfilter (18 dB/oct, BW) als het laagdoorlaatfilter (18 dB/oct, BW).

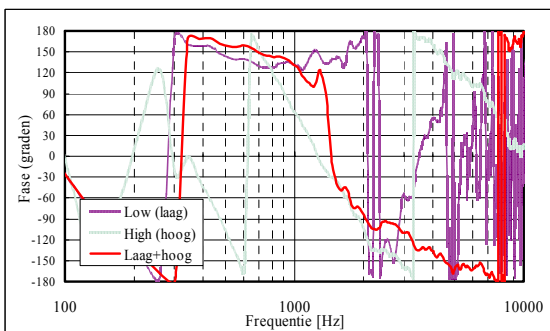
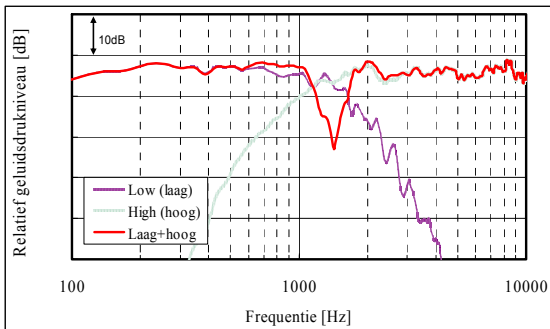
Laten we de frequentie van 1,5 kHz eens nader bekijken. In de grafiek van de amplitudekarakteristiek is te zien dat geluid met een frequentie van 1,5 kHz zowel door de driver voor hoge frequenties (HF) als door de driver voor lage frequenties (LF) wordt gereproduceerd. Uit de grafiek van de fasekarakteristiek blijkt dat het faseverschil tussen HF en LF 180 graden bedraagt. Beide signaalniveaus zijn gelijk, zodat deze elkaar opheffen en er een daling in de amplitudekarakteristiek optreedt.

In de overzichtsgrafiek van de fasekarakteristiek is te zien dat de fase tussen 1 kHz en 2 kHz plotseling verandert. Hierdoor heeft de luidspreker een slechte fasekarakteristiek rond het cross-overpunt. Illustratie 5

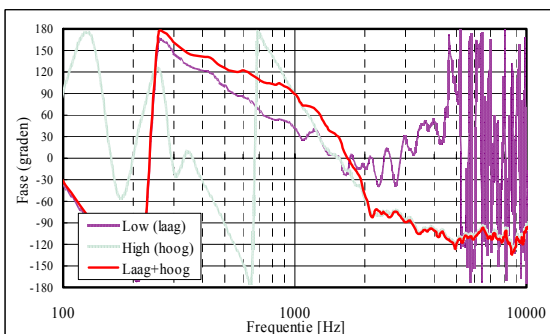
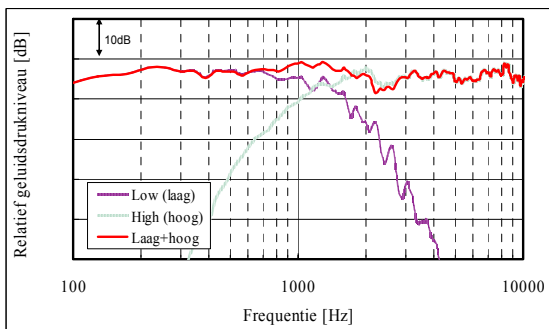
toont de fasekarakteristiek van dezelfde 2-weg luidspreker als uit Illustratie 4, maar nu is de luidspreker zo afgesteld dat het faseverschil in het bereik van 1 kHz tot 2 kHz is teruggebracht tot 90 graden. De fasekarakteristiek heeft nu over het gehele bereik een constant verloop, zodat de negatieve invloed van de amplitudekarakteristiek slechts minimaal is.

De "Installatieserie" heeft een gelijkmatige fasekarakteristiek met een constant verloop over het gehele bereik.

<Illustratie 4: invloed van het faseverschil op de amplitudekarakteristiek>



<Illustratie 5: karakteristiek van een luidsprekersysteem zonder interne faseverschillen>



## 2) Verschillen in fasekarakteristiek tussen meerdere luidsprekers

Bij installaties voor zalen, theaters, kerken, enz. worden doorgaans meerdere luidsprekers in arrays ondergebracht. Onder dergelijke omstandigheden kunnen zich problemen voordoen binnen gebieden die door meerdere luidsprekers worden overlapt. Zoals in paragraaf 2-1 is beschreven, houdt dat in dat er zich een daling in de amplitudekarakteristiek kan voordoen. Dit komt door het faseverschil als gevolg van het afstandsverschil tussen de luidsprekerpositie en de luisterpositie. Vanuit het perspectief van het systeemontwerp is het derhalve bijzonder belangrijk dat het overlappende gebied wordt gereduceerd. In de praktijk is het echter zeer moeilijk om dit volledig te elimineren.

Tabel 1 toont voor de situatie waarin gebruik is gemaakt van twee luidsprekers, zoals is weergegeven in Illustratie 6, de relatie tussen het afstandsverschil en de frequentie met het faseverschil. Het afstandsverschil toont het verschil tussen de afstanden vanaf deze luidsprekers tot aan het testpunt.

De frequentie toont het punt waarop het faseverschil als gevolg van het afstandsverschil 90 graden bedraagt. De parameter  $\theta$  vertegenwoordigt de hoek met de middenas.

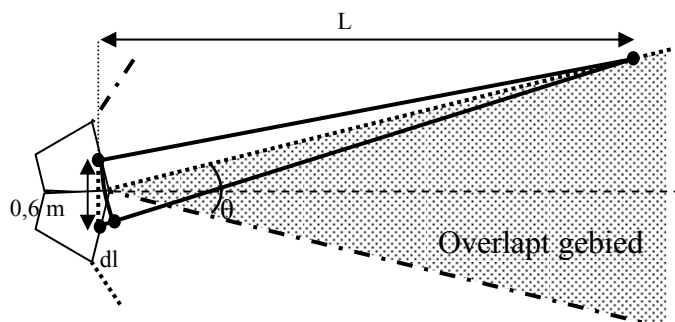
Tabel 1 geeft het volgende aan.

Als het overlapt gebied binnen 10 graden ligt, ligt het faseverschil als gevolg van het afstandsverschil in het overlapt gebied binnen 90 graden bij een frequentie van 1 kHz of minder, ongeacht de afstand vanaf de geluidsbron. Als het overlapt gebied binnen 20 graden ligt, ligt het faseverschil binnen 120 graden bij een frequentie van 1 kHz of minder.

Men is van mening dat bij een dergelijk faseverschil de interferentie verwaarloosbaar klein is. In een dergelijke situatie is het derhalve zeer belangrijk om de fasekarakteristieken van de beide luidsprekers op elkaar af te stemmen om een amplitudekarakteristiek zonder dalingen te verkrijgen (zoals we hiervoor reeds zagen bij de bespreking van de verschillen in fasekarakteristiek tussen drivers in dezelfde luidspreker).

(Hierbij moet overigens worden bedacht dat de richtingskarakteristiek van een luidspreker in de praktijk varieert al naar gelang de frequentie, zodat rekening moet worden gehouden met de frequentie, richtingskarakteristiek en afstand.)

<Illustratie 6: de karakteristiek in het overlapt gebied>



<Tabel 1: de relatie tussen het afstandsverschil en de frequentie met het faseverschil in het overlapte gebied>

$\theta$	L=6,10 m	L=12,19 m	L=24,38 m
5	0,174 / 3252 Hz	0,174 / 3249 Hz	0,174 / 3248 Hz
10	0,347 / 1627 Hz	0,347 / 1626 Hz	0,347 / 1626 Hz
15	0,517 / 1087 Hz	0,517 / 1086 Hz	0,518 / 1085 Hz
20	0,683 / 817 Hz	0,684 / 816 Hz	0,684 / 816 Hz

Faseverschil = 90 graden

$\theta$	L=6,10 m	L=12,19 m	L=24,38 m
5	0,087 / 4336 Hz	0,087 / 4332 Hz	0,087 / 4331 Hz
10	0,174 / 2170 Hz	0,174 / 2168 Hz	0,174 / 2167 Hz
15	0,261 / 1449 Hz	0,261 / 1448 Hz	0,261 / 1447 Hz
20	0,347 / 1089 Hz	0,347 / 1088 Hz	0,347 / 1088 Hz

Faseverschil = 120 graden

Ter verificatie van onze overwegingen hebben wij de volgende test ontworpen.

Met behulp van een Yamaha SREV1 creëerden wij faseverschillen van 90, 120 en 150 graden bij 2 kHz door simulatie van een impulsrespons met een verschillende fasekarakteristiekelling binnen het frequentiebereik. Vervolgens vergeleken we de frequentie karakteristiek op het testpunt.

Illustratie 7 toont de testconditie en Illustratie 8 het resultaat.

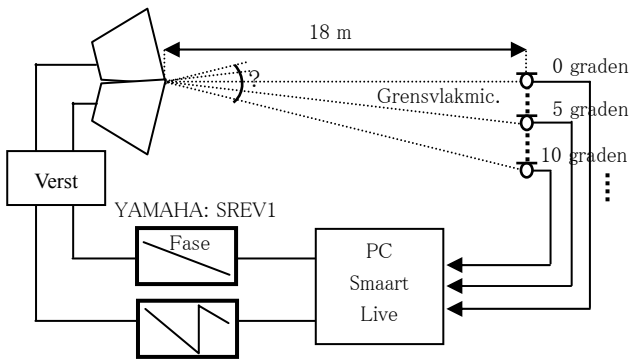
Het testpunt was ver van de wand verwijderd. Om de invloed van geluidsreflecties van de wanden en vloer te elimineren, maakten we gebruik van een grensvlakmicrofoon. Om de resultaten te standaardiseren, werd van de condities  $\theta = 0$  en geen faseverschil uitgegaan. Beide luidsprekers hadden een richtingskarakteristiek van 60 x 40 en een coniciteit van 15 graden in zijwaartse richting.

Bij afwezigheid van faseverschillen, dat wil zeggen wanneer  $\theta$  15 graden of minder bedroeg, lag het niveauverschil bij 2 kHz of minder binnen 3 dB. Wanneer  $\theta$  25 graden of minder bedroeg, lag het niveauverschil bij 1 kHz of lager binnen 3 dB.

Naarmate het faseverschil toenam, vergrootte het gebied dat door de daling als gevolg van de interferentie werd beïnvloed. Verder nam de frequentiedaling toe.

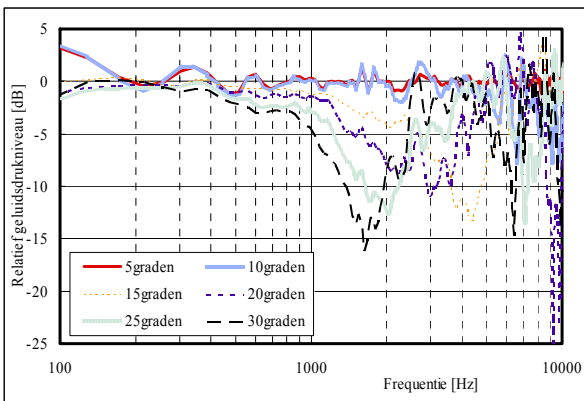
Bij een faseverschil van 90 graden, dat wil zeggen wanneer  $\theta$  15 graden of minder bedraagt, ligt het niveauverschil bij 1 kHz of minder binnen 3 dB. Wanneer het faseverschil 150 graden bedraagt, zelfs als  $\theta$  10 graden of minder bedraagt, is het niveauverschil bij 1 kHz of minder hoger dan 6 dB. Deze resultaten tonen aan dat het bij gebruik van meerdere luidsprekers heel belangrijk is om de fasekarakteristieken van de luidsprekers op elkaar af te stemmen en zo op elke willekeurige plaats in de ruimte dezelfde respons te verkrijgen.

<Illustratie 7: testconditie>

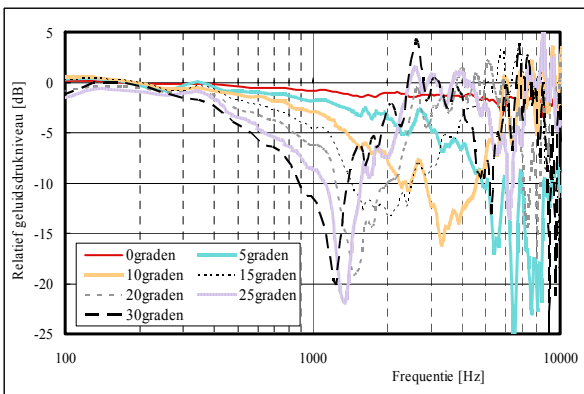


<Illustratie 8: karakteristieken in het overlapte gebied>

**Fase 0 graden**

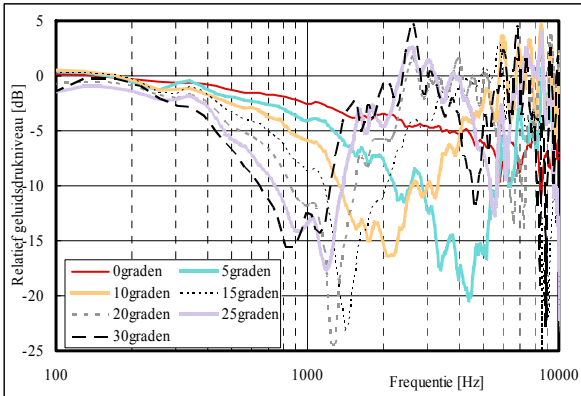


**Fase 90 graden**

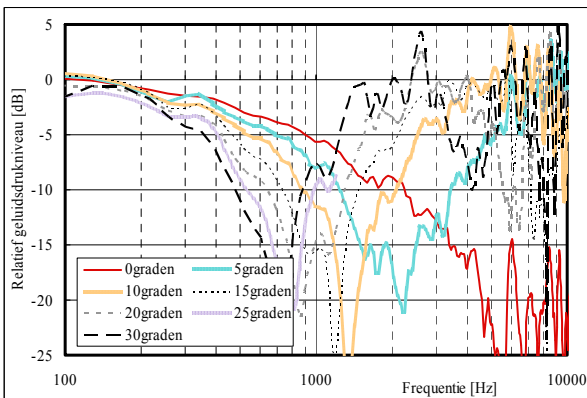




**Fase 120 graden**



**Fase 150 graden**



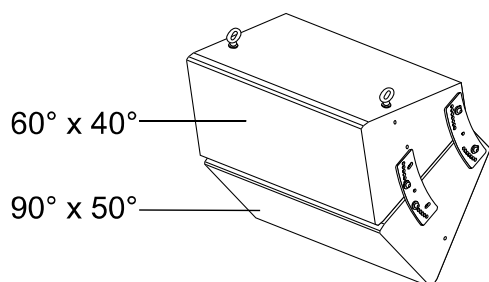
Bij luidsprekerinstallaties in theaters en dergelijke wordt op basis van de te overbruggen afstand vaak gebruikgemaakt van verschillende luidsprekermodellen met verschillende richtingskarakteristieken.

Verder worden vaak luidsprekers met verschillende vermogens ingezet (zie Illustratie 9).

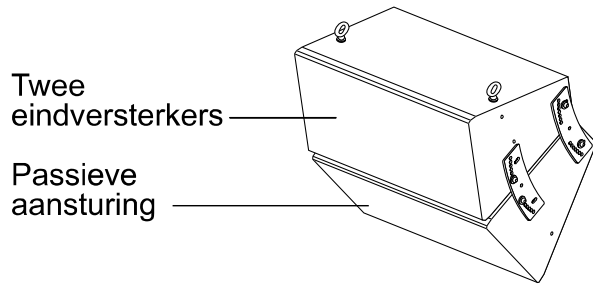
Bij het ontwerp van de luidsprekers van de "Installatieserie" heeft Yamaha veel aandacht aan dit punt besteed en het bijzonder belangrijk geacht om de fasekarakteristieken van de luidsprekers in overeenstemming te brengen met de luidsprekers van hetzelfde model, evenals van andere modellen.

<Illustratie 9: variaties van luidsprekercombinaties>

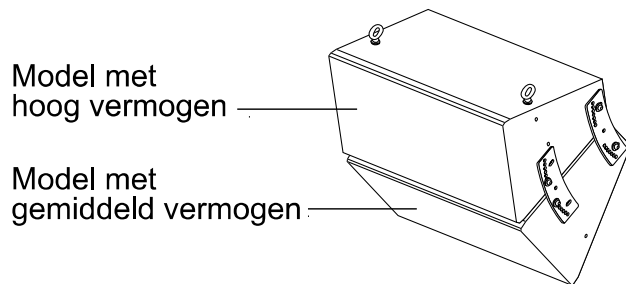
<Zelfde behuizingen, andere richtingskarakteristieken>



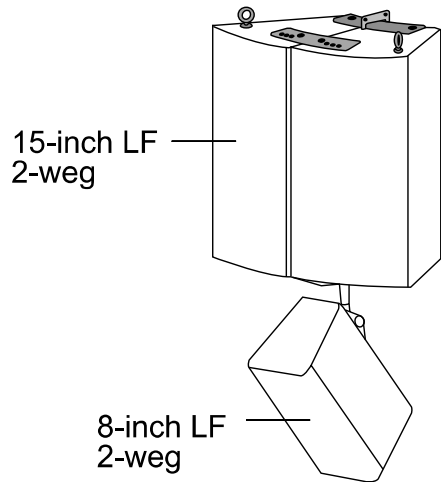
<Zelfde behuizingen, andere aansturing>



<Zelfde behuizingen, andere vermogensmodellen>



<Combinatie van modellen met ongelijke behuizingsformaten>



### 3. Ontwerpconcept

Op basis van het bovengenoemde experiment konden we de faseregeling als een van de belangrijkste factoren identificeren. Vervolgens concentreerden we ons vooral op het evenwicht tussen de faseregeling en klankregeling, met als doel zowel het "In Phase Concept" als het "Family Sound Concept" te realiseren. In het navolgende wordt nader ingegaan op deze beide concepten.

#### 1) Faseregeling

##### (1) In Phase Concept

Op basis van de hiervoor beschreven resultaten, moeten de fasekarakteristieken van alle luidsprekers binnen deze serie gelijk zijn.

- Gelijke fasekarakteristieken bij modellen met dezelfde behuizing, maar verschillende richtingskarakteristieken
- Gelijke fasekarakteristieken bij modellen met dezelfde behuizing, die zich in de passieve modus en in de modus met 2 eindversterkers bevinden.
- Gelijke fasekarakteristieken bij modellen met hoog en gemiddeld vermogen (leverbaar in het najaar van 2005) en dezelfde behuizing.
- Gelijke fasekarakteristieken bij modellen met verschillende behuizingen.
- Het faseverschil tussen luidsprekers moet bij 2 kHz minder dan 90 graden bedragen.

##### (2) Methode met minimale faseverandering

Er zijn twee methoden voor regeling van de fasekarakteristieken van meerweg luidsprekersystemen.

###### A. Methode met minimale faseverandering

Deze methode is gericht op minimalisering van de faseverandering tussen 20 Hz en 20 kHz. De methode zorgt voor een gelijkmatig veranderende fasekarakteristiek binnen één omloop (180 graden tot -180 graden).

Bij deze methode is doorgaans sprake van het niveaudalingsprobleem van de amplitudekarakteristiek in het frequentiebereik waarin sprake is van cross-over tussen de driver voor de lage frequenties en de driver voor de hoge frequenties.

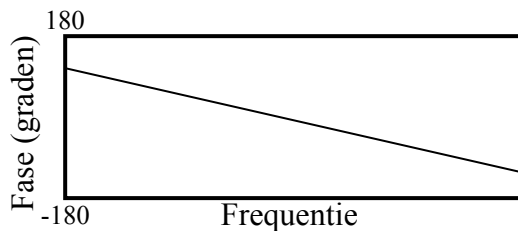
###### B. Methode met gelijk faseverloop

Deze methode is gericht op een gelijkmatige faseverandering over het gehele frequentiebereik. Het is niet

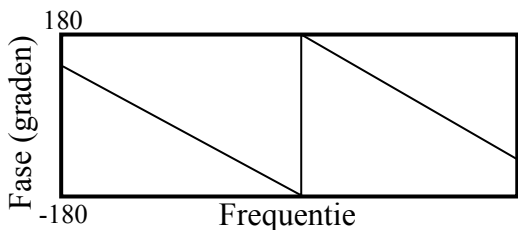
gericht op minimalisering van de faseverandering.

Aan de driver voor de lage frequenties wordt een vertraging toegevoegd om het faseverloop van de driver voor de lage frequenties in overeenstemming te brengen met het verloop van de driver voor de hoge frequenties en zo de fasekarakteristieken van de beide drivers op gelijkmatige wijze samen te voegen. Bij deze methode bedraagt het faseverschil op de grens van de fasekarakteristieken van beide drivers 360 graden. Vanuit het perspectief van de versterking/verzwakking van de amplitudekarakteristiek echter, kan dit worden beschouwd als eenzelfde fase waarmee het niveaudalingsprobleem in het cross-overgebied kan worden voorkomen. Deze methode is eenvoudiger dan het "methode met minimale faseverandering", hoewel hierbij de fase over het gehele bereik aanmerkelijk verandert.

<Illustratie 10: "methode met minimale faseverandering" en "methode met gelijk faseverloop"



Methode met minimale faseverandering



Methode met gelijk faseverloop

Voordat wij aan het ontwerp van "Installatieserie" begonnen, onderwierpen wij prototypen volgens de methoden van de "minimale faseverandering" en het "gelijke faseverloop" aan een luistertest en een vergelijkende test. Deze leverden het volgende resultaat op.

Bij tests met behulp van een DSP op een luidspreker in de modus met 2 eindversterkers was weliswaar sprake van een lichte nuance binnen het cross-overbereik, maar was het moeilijk om uit te maken welke methode beter was. Bij tests met een passieve luidspreker klonk de methode met minimale faseverandering in de vorm van een simpele netwerkschakeling beter. Verder bestond de angst dat elk model de verschillende vertragingstijd van de driver voor de lage frequenties zouden kunnen hebben als alle luidsprekers van de "Installatieserie" volgens de "methode met gelijk faseverloop" werden afgesteld. Dit zou problemen kunnen opleveren als er meerdere luidsprekers zouden worden gecombineerd.

Om bovengenoemde redenen hebben wij uiteindelijk gekozen voor de "methode met minimale faseverandering".

## 2) Klankregeling

### (1) Targetgeluid

De "Installatieserie" is voornamelijk bedoeld voor zalen, theaters en kerken.

In dergelijke ruimten kunnen evenementen als congressen, muziekconcerten, musicals en lezingen worden gehouden. Het SR-systeem diende derhalve minimaal een goed en duidelijk geluid te bieden en op elke plaats binnen de ruimte een toereikend geluidsniveau te leveren. Verder diende het hifi-geluid te bieden voor zangstemmen en muziekinstrumenten, evenals voor de weergave van muziek of omgevingsgeluid.

Voor de klankkwaliteit van de producten uit de "Installatieserie" hebben wij ons naast de vlakke amplitudekarakteristiek de volgende targets gesteld:

- Goede verstaanbaarheid van spraak
- Goed uitgebalanceerde en gescheiden klanksignalen voor muziek
- Geen klankkleurveranderingen ongeacht het totale niveau
- Zelfde klankkleur op elke positie binnen het bereik van de richtingskarakteristiek
- Correct audiobeeldformaat vanaf elke bron

### (2) Family Sound Concept

Voor de geluidsinstallatie in een zaal, theater of kerk kan ten behoeve van het publiek in aanvulling op de hoofd-luidsprekers gebruik worden gemaakt van hulpluidsprekers, zoals luidsprekers voor gebruik onder balkons en "front fill"-luidsprekers.

De geluiden die door deze luidsprekers worden gegenereerd, worden in de ruimte/zaal gemengd. Hierbij is het echter buitengewoon moeilijk om op elke plaats binnen de ruimte/zaal dezelfde klankkleur te verkrijgen, omdat de klankkleur van elke luidspreker anders is wanneer de grootte of het model verschilt (zelfs bij luidsprekers van hetzelfde merk).

Hiervoor introduceert Yamaha nu echter het "Family Sound Concept". Volgens dit concept hebben alle luidsprekermodellen binnen dezelfde serie ook dezelfde klankkleur.

- Gelijke klankkleur bij modellen met dezelfde behuizing, maar met verschillende richtingskarakteristieken
- Gelijke klankkleur bij de passieve modus en de modus met 2 eindversterkers van hetzelfde model
- Gelijke klankkleur bij modellen met hoog en gemiddeld vermogen en dezelfde behuizing
- Gelijke klankkleur bij modellen met verschillende behuizing

### **(3) Minimalisatie van de elektronische compensatie**

De nivellerende werking compenseert de amplitudekarakteristiek, maar leidt tevens tot een verslechtering van de fasekarakteristieken. Hoe meer de amplitudekarakteristiek wordt gecompenseerd, hoe groter de faseverandering.

Om deze reden streefden we ernaar om de elektronische compensatie met de equalizer tot een minimum te beperken.

Vooraf voor het cross-overbereik streefden we ernaar om de equalizer helemaal niet te gebruiken.

### **(4) Samenwerking met een externe luidsprekerontwerper**

Bij het ontwerp van de luidsprekers besloten we samen te werken met een externe luidsprekerontwerper.

De leider van het ontwikkelteam van Yamaha was Akira Nakamura. Hij was de ontwikkelaar van de succesvolle hifi-luidspreker NS1000M, van de luidspreker NS10M die in studio's de feitelijke standaard vormt en van de MSP-serie actieve monitorluidsprekers.

Als externe luidsprekerontwerper benoemden we Michael Adams. De heer Adams is niet alleen een veteraan op het vlak van luidsprekerontwerp, maar is tevens een zeer ervaren SR-technicus en momenteel hoofdontwerper bij Audio Composite Engineering, een Amerikaanse onderneming die zich met luidsprekerontwerp bezig houdt.

Hij begreep het concept van Yamaha, dat zeer moeilijk realiseerbaar leek. Verder was hij een van de weinige luidsprekerontwerpers met het waardevolle gehoor van een SR-technicus.

## 4. Ontwerp- en ontwikkelstijl

Het ontwerp en de ontwikkeling van een prototype vonden plaats in drie afzonderlijke fasen.

Tijdens de eerste fase werd voor de eerste geluidsevaluaties Proto 1 ontwikkeld. Tijdens de tweede fase werd Proto 2 ontwikkeld, waarin de resultaten van de evaluatie van Proto 1 waren verwerkt. Audio Composite Engineering verzorgde het basisontwerp van de behuizing en de hoorn, en selecteerde de driver.

Yamaha verrichtte de diepgaande datametingen en luistertests, niet alleen in de echovrije ruimte, maar tevens in een praktijkomgeving. Vervolgens werden de geanalyseerde resultaten en samenvattingen van de opgetreden problemen en gekozen oplossingen voor feedback naar Audio Composite Engineering gezonden.

Tijdens de derde fase werd op basis van Proto 2 een preproductie gemaakt in de fabriek waar de definitieve producten zouden worden geproduceerd. Dit gebeurde met behulp van onderdelen en materialen voor massaproductie. Dit was de proefproductiefase ter controle van de kwaliteit van het eindproduct.

Er werden diverse behuizingen met verschillende materialen en lakken vervaardigd. Hierin werden weer allerlei componenten gemonteerd en uitgetest.

Het navolgende doet verslag van de huidige situatie voor elke component.

### - Hoorn

Wij evalueerden de hoorns aan de hand van meetgegevens over de fase- en amplitudekarakteristiek, evenals door middel van luistertests waarmee onder meer de helderheid, de resolutie en het audiobeeldformaat werden gecontroleerd.

De hoorn met 1,4-inch hals die bij de 15- en 12-inch modellen wordt ingezet, verbeterde de geluidspenetratie en -resolutie. Dit is de grootste hoorn die in de behuizing kan worden aangebracht. De hoorns zijn vervaardigd van vezelversterkt kunststof en gedempt door toevoeging van trillingsdempend materiaal.

Alle hoorns zijn draaibaar over een bereik van 90 graden.

### - Compressedriver voor het hoogfrequente bereik

Na herhaalde luistertests ten behoeve van de 'family sound' selecteerden we de drivers. Hierbij kozen we ervoor om alle drivers van dezelfde fabrikant af te nemen.

De driver voor de modellen van 12- en 15-inch is uitgerust met een 3-inch spreekspoel en een titaniummembraan. Het membraan is met de rand geïntegreerd. Voor een hogere duurzaamheid en betere klankkwaliteit werd voor een rand van het tangentiële type gekozen.

### **- Woofer voor het laagfrequente bereik**

Ter voorkoming van een inzakkend geluidsbeeld bij hogere vermogens, zijn de 15- en 12-inch woofers uitgerust met 4-inch spreekspoelen.

Bij de zorgvuldige selectie van de woofer werd overwogen dat deze:

- zowel een hoge dempingsfactor als een gelijkmatige laagfrequente karakteristiek moest bieden,
- sonisch op de behuizing moest worden afgestemd en
- een soepele cross-over naar de hogere frequenties moest bieden.

In het magnetische circuit is gebruikgemaakt van een grote ferrietmagneet waarmee de magnetische dichtheid is verbeterd en een duidelijk en helder geluid wordt geboden.

### **- Behuizing**

Na de luistertests besloten we voor de behuizing gebruik te maken van 11-laags multiplex van Fins berkenhout. De afstemfrequentie werd ingesteld op het punt waarop de geluidsdruk vanaf de poort op de meest effectieve wijze de laagfrequente karakteristiek beïnvloedt.

Door middel van een computersimulatie op basis van een prototype werd het afstemfrequentiepunt berekend. Verder werd met luistertests herhaaldelijk de afstemming tussen de behuizing en woofer gecontroleerd en verbeterd.

Voor de helderheid van het geluid kozen we er bij de vormgeving van de behuizing voor om het zijpaneel en het klankbord op gelijke hoogte aan te brengen. Dit voorkomt geluidsreflecties vanaf het zijpaneel, waardoor het geluid in helderheid zou inboeten.

Wij versterkten de binnenzijde door aanbrenging van steunen. Hierbij werd rekening gehouden met de sterkte en resonantie. Het resultaat van dit alles is een heldere klankkwaliteit zonder luidsprekerboxruis.

Aan de binnenzijde van de behuizing is een geluidabsorberende, 25 mm dikke laag glaswol aangebracht, waardoor een evenwichtig laagfrequent geluid wordt geboden.

Voor een hogere geluidspenetratie is het metalen rooster voor 63 % open.

### **- Netwerk**

Ter voorkoming van geluidsverslechtingen door toevoeging van het netwerk, is dit netwerk zeer eenvoudig gehouden. Voor het laagfrequente netwerk van de 15- en 12-inch modellen is gebruikgemaakt van een spoel met grote siliciumstalen plaatkern, die via 1,4 mm dik koperdraad met een grote filmcondensator met kleine  $\tan \delta$  is verbonden. Hiermee wordt zelfs bij hoge ingangsvermogens een geluid met hoge resolutie gegarandeerd. Om dezelfde fase- en amplitudekarakteristiek te verkrijgen als bij de modus met 2



eindversterkers, werden aan de hand van een computersimulatie net zo vaak praktijkmetingen verricht totdat we het uiteindelijke netwerk ontwerp hadden. Zowel het "In Phase Concept" als het "Family Sound Concept" konden worden verwezenlijkt. Wij slaagden erin de faseverandering over het gehele bereik tot een minimum beperkt te houden en een licht dalende fasekarakteristiek zonder plotselinge faseveranderingen, evenals een gelijkmatige amplitudekarakteristiek te verkrijgen.

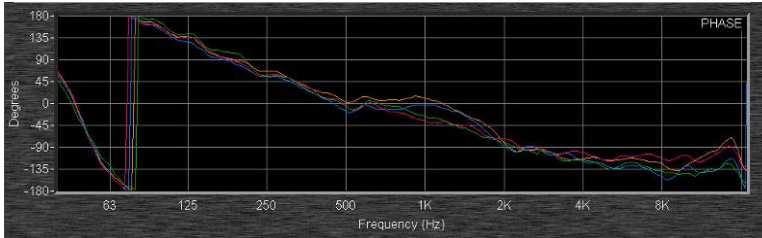
## 5. Fasekarakteristieken van de "Installatieserie"

De volgende grafieken tonen de fasekarakteristieken van de "Installatieserie" en het concurrerende model. Uit deze grafieken blijkt dat de fasekarakteristieken van de "Installatieserie" vrijwel gelijk zijn, ongeacht de richtingskarakteristiek, de aansturingmodus en het model.

<Illustratie 11: fasekarakteristiekvergelijking>

### YAMAHA INSTALLATIESERIE

#### Vergelijking tussen verschillende richtingskarakteristieken



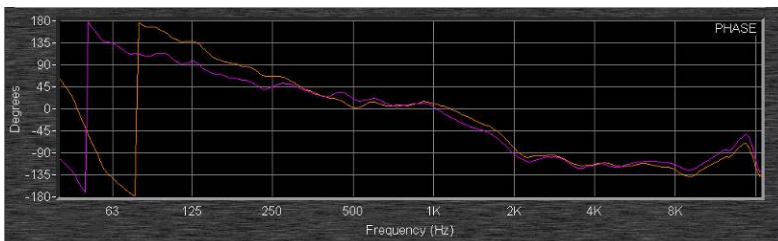
Oranje: IF2115/64/bi-amp

Blauw: IF2115/95/bi-amp

Rood: IF2115/99/bi-amp

Groen: IF2115/AS/bi-amp

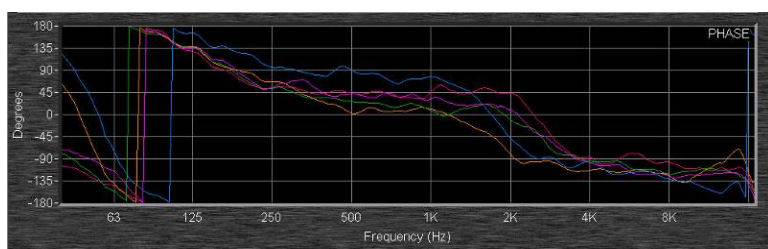
#### Vergelijking tussen verschillende aansturingsmodi



Oranje: IF2115/64/bi-amp

Paars: IF2115/64/passief

### Vergelijking tussen modellen



Oranje: IF2115/95 bi-amp

Blauw: IF2112/95 bi-amp

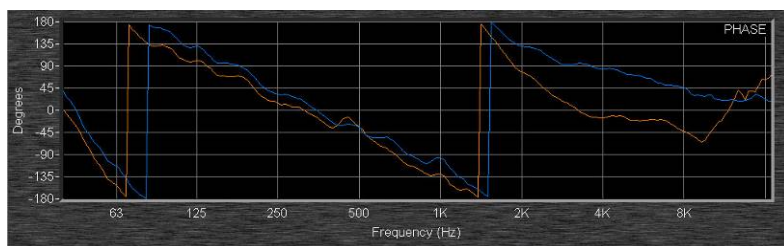
Groen: IF2208

Paars: IF2108

Rood: IF2205

### Concurrerend model

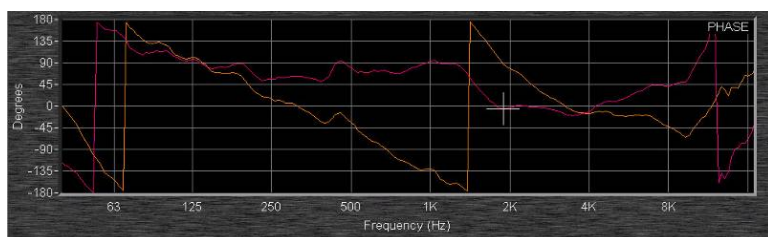
#### Vergelijking tussen verschillende richtingskarakteristieken



Oranje: concurrerende 15-inch LF 2-weg 60x40 bi-amp

Blauw: concurrerende 15-inch LF 2-weg 90x50 bi-amp

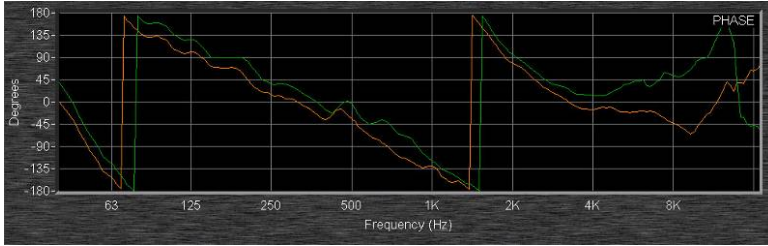
#### Vergelijking tussen verschillende aansturingsmodi



Oranje: concurrerende 15-inch LF 2-weg 60x40 bi-amp

Rood: concurrerende 15-inch LF 2-weg 60x40 passief

### Vergelijking tussen modellen



Oranje: concurrerende 15-inch LF 2-weg 60x40 bi-amp

Groen: concurrerende 12-inch LF 2-weg 60x40 bi-amp

## 6. Samenvatting

In het najaar van 2004 nodigden we een aantal geluidsexperts uit bij Audio Composite Engineering voor een evaluatie van de klankkwaliteit van het laatste prototype.

Met behulp van cd's en microfoons die de experts zelf hadden meegebracht, werd een zorgvuldige evaluatie gemaakt. De bijeenkomst eindigde met een staande ovatie.

In Japan organiseerden we een soortgelijke bijeenkomst voor evaluatie van de klankkwaliteit.

Beide bijeenkomsten verzekerden ons dat we er met de "Installatieserie" in zijn geslaagd om onze ontwerpconcepten te realiseren en geluid van topkwaliteit te bieden. Vooral de realisatie van het Family Sound Concept werd goed ontvangen. Via een spraaktest in het Engels en Japans met behulp van een microfoon werd aangetoond dat de serie spraaksignalen in beide talen zeer duidelijk kon versterken.

De luidsprekers uit de "Installatieserie" van Yamaha bieden een oplossing voor de problemen die optreden bij combinaties van meerdere luidsprekers. Wij hopen van harte dat u bij gebruik van meerdere luidsprekers de klankkwaliteit, de afstemming van de klankkleur, de lineaire reactie van de nivellering en dergelijke mede zult ervaren.

Yamaha is van plan om de serie in de nabije toekomst uit te breiden met een drieweg model en een tweeweg model met gemiddeld vermogen.

Verder is Yamaha van plan om in het najaar van 2005 een digitale luidsprekerprocessor uit te brengen.

Voor wat betreft de DSP-verwerking voor aansturing van de "Installatieserie" kunt u gewoon gebruikmaken van algemene luidsprekerprocessoren, aangezien er geen speciale cross-overfilters en nivellering worden

gebruikt. Voor een optimale klankkwaliteit kunt u echter beter gebruikmaken van de Yamaha DME24N/64N. Wij zijn van plan om in de nabije toekomst gegevens over de DSP-instellingen en EASE op de website van Yamaha ter beschikking te stellen. Bedenk overigens dat wij bij het uiteindelijke klankregelingsproces gebruik hebben gemaakt van een eindversterker uit de PC-01N-serie van Yamaha.

Parallel aan de ontwikkeling van de hardware voor deze serie wordt hard gewerkt aan gebruiksvriendelijke simulatiesoftware voor het ontwerpen van geluidsinstallaties. Hierin hoeft u uitsluitend informatie in te voeren over de vorm en afmetingen van de zaal, evenals het geluidsdrukkniveau op de luisterpositie. Op basis van deze gegevens geeft de toepassing vervolgens aanbevelingen met betrekking tot de optimale arrayconfiguratie. Verder kunt u hiermee nivellerings simulaties ter compensatie van de array-eigenschappen uitvoeren. Het resultaat van de nivellerings simulatie kan in de vorm van een bibliotheekbestand in de Yamaha DME24N/64N worden opgeslagen.

Door de "Installatieserie" van Yamaha met deze simulatiesoftware te combineren, kunt u enorm veel tijd besparen bij de afstelling van de installatie.

Ten slotte willen we graag onze dank uitspreken voor de medewerking die van Audio Composite Engineering en de heer Michael Adams mochten ontvangen.

Naslagmateriaal:

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

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