



# **LUIDSPREKERS en hun OMGEVING**

UITGEVERIJ VAN TECHN. BOEKEN EN TIJDSCHRIFTEN - DE MUIDERKRING - BUSSUM - NEDERLAND



*. . . en zie hier de toekomst!*

Het zijn de vele in opbouw zijnde toepassingen, het „entre nous” en achter de schermen kijken, wat aan de beoefening der radiotechniek zo'n sterke bekoring - **EN KANSEN!** - geeft. Arbeidsveld met plenty ruimte voor toekomstplannen en reeds daarom volle aandacht waard, is radio tevens een door miljoenen bejubelde en met gloed doorleefde hobby. Van deze feiten getuigt 'n bloeiende, de gehele wereld omspannende radiopers . . . daarvan spreken de 80 pagina's van het aantrekkelijk verzorgde altijd interessante, door alles-wat aan radio-doet gelezen maandblad **RADIO BULLETIN**.

Techniek en toepassing nieuwe methoden en laatste constructies wereldnieuws en eigen ideeën, de mogelijkheid **TOT DIRECTE BENUTTING THUIS OF IN HET BEDRIJF**, en niet te vergeten de daaraan onafscheidelijke romantiek, het wordt u gebracht in magnetische, vlotte schrijfrant door een even kundige als enthousiaste redactie.



IS EEN UITGAVE VAN

**U.M. DE MUIDERKRING — BUSSUM**

VOOR BELGIË: De Internationale Pers Berchem—Antwerpen

## ACOUSTIEK

# ACOUSTIEK

## LUIDSPREKERS EN HUN OMGEVING

DOOR

VICTOR J. SNEL

ONDER REDACTIE  
VAN



UITGEVERIJ VAN TECHNISCHE BOEKEN EN TIJDSCHRIFTEN

**DE MUIDERKRING - BUSSUM - NEDERLAND**

TELEFOON 5600 (K 2959) \* POSTGIRO 83214



## dr. Blan Radio-CURSUS

De Dr. Blan Radio-cursus is een concentrische leergang, die bovendien een sterk praktische inslag heeft. Reeds in de aanvang worden we met verschillende gereedschap- en constructiemethoden vertrouwd gemaakt, zodat we reeds na betrekkelijk korte tijd aan het bouwen kunnen gaan. Eenvoudige ontwerpjes natuurlijk. Maar dingen die niet wég zijn, waarop we later door kunnen bouwen. Veel, heel veel illustratiemateriaal, zowel foto's als tekeningen. En alles gaat stap-voor-stap. Als we het over het zelf wikkelen van een net-voedingstransformator

hebben dan wordt er nóch in de beschrijving, nóch in de illustratie één trap overgeslagen. En idem met het afregelen van de super. Tussen dit alles door, bijna onmerkbaar, doceren we de benodigde reken- en wiskundige afleidingen: op de plaats waar ze gebruikt worden en.... waar ze begrepen worden.

### WAARTOE LEIDT DEZE MK CURSUS OP?

Deze cursus leidt op voor het **Muiderkring-diploma** en pretendeert ieder met gezond verstand ongeacht zijn (of haar) leeftijd in één jaar tijds zoveel kennis bij te brengen, dat hij zonder meer het hoe en waarom van toestellen en versterkers weet, deze apparaten zelf kan bouwen, zich een bewust oordeel kan vormen over verschillende onderdelen en schakelingen en meer diepgaande literatuur op dit gebied kan volgen.

Bij verdere studie voor het diploma Radio Technicus N.R.G. of Middelbaar Radio-technicus heeft hij belangrijk méér dan een jaar voordeel van zijn MK cursus; in feite bereiken we nagenoeg het peil van Radio-monteur.

### CURSUSGELDEN

Abonné's op RB en HB ontvangen f 12.— reductie

Het cursusgeld bedraagt f 6.— per maand, voor abonne's f 5.—, te voldoen op de 1e van iedere maand. Cursusduur: 12 maanden. Totaal cursusgeld f 72.—. Wanneer u 't cursusgeld in één keer wenst te voldoen, dan bedragen de totale kosten f 65.—, voor abonne's f 60.—. Aan deze cursus zijn, met uitzondering van uw maandelijks portokosten (10 cent per maand) en aanschaffing van 50 antwoordformulieren en 15 enveloppen, waarvan de kosten f 2.— bedragen, geen verdere kosten verbonden.

Vraagt gratis prospectus

## U.M. DE MUIDERKRING - BUSSUM

CENTRUM VOOR POPULAIR-WETENSCHAPPELIJKE BEOEFENING DER RADIO-TECHNIEK EN GERICHTE VRIJETIJDBESTEDING

## INLEIDING

De electro-acoustische weergave apparatuur is wat de kwaliteit van het gereproduceerde geluid betreft misschien wel de bekende „zwakke-schakel” in de ketting van het geluidsreproductie systeem. Het is dan ook jammer dat zowel persoonlijke- als economische-vooroordelen en niet te vergeten, de onwil van het luisterende publiek om voor „Werkelijkheids Weergave” („high-fidelity”) iets meer te willen besteden, een algemene aanvaarding van de minimum eisen voor hoge weergave kwaliteit zeer bemoeilijken.

De band, draad of plaatopname kan van nog zulk een goede kwaliteit zijn en door een praktisch ideale versterker worden versterkt, het uiteindelijk resultaat, de kwaliteit van de omzetting van elektrische in acoustische trillingen hangt af van de luidspreker met zijn aanhang. Het verschil in weergave kwaliteit wanneer men in de plaats van de normaal in het radio-apparaat ingebouwde luidspreker een werkelijk goede combinatie luidspreker-kast aan dat zelfde radio-apparaat aansluit, geeft een verschil in weergave kwaliteit, dat groter is dan zelfs de meeste technici in de radio-industrie zich realiseren.

Ten onrechte wordt een slechte geluidsweergave kwaliteit meestal aan de luidspreker toegeschreven, terwijl de oorzaak bij de kast, „baffle” of de inbouw van de luidspreker hierop of hierin moet worden gezocht. Het staat echter vast, dat het ontwerpen van deze luidspreker-combinaties meer praktische ervaring en theoretische kennis van de geluidsweergave techniek vereist dan welk ander onderdeel van de acoustiek. De aandacht die hier in het algemeen aan wordt besteed, laat echter nog zeer veel te wensen over.

In dit boekje willen we ons dan ook direct met de verbetering van de omzetting van elektrische trillingen in geluid bezig houden, zonder echter in ingewikkelde theoretische beschouwingen te vervallen, welke meestal slechts tot een werkelijkheids weergave „op papier” leiden.

Aan de hand van vele schetsen en bouwtekeningen zullen we dan ook trachten de geluidskwaliteit in onze salon of huiskamer tot het maximum op te voeren, terwijl we hieraan voorafgaande eerst iets over de gedragingen en eigenaardigheden van het menselijk oor zullen behandelen, aangezien hiermede bij het ontwerpen van een installatie voor hoge weergave kwaliteit terdege rekening dient te worden gehouden, wil men tot een goed eindresultaat geraken.

VICTOR J. SNEL

## Wharfedale luidsprekers



Indien men slechts tevreden is met het beste wat op weergavegebied bereikt kan worden, kunnen wij deze unieke speakercombinatie warm aanbevelen.

In een speciaal, met zand gevuld hoekpaneel bevindt zich een W15/CS basspeaker

Vermogen 15 Watt

Totale flux 180.000 Gauss

Impedantie 6/8 of 12/15 Ohm

Freq. bereik 25 - 2000 Hz.

Het hoge-tonen gebied wordt verzorgd door de Super B/CS/AL, waarvan het frequentie-bereik tot 20.000 Hz gaat. Bij deze combinatie wordt een 1.000 Hz wisselfilter type A gebruikt.



Bij aankoop van deze luidsprekers zijn gratis gegevens voor het vervaardigen van het hoek-paneel verkrijgbaar.

Wharfedale

## Horen

Van het standpunt van de acousticus gezien is het menselijk-hoorapparaat en alles wat hiermede te-zamen hangt, een zeer onvolkomen acoustisch instrument waarmede men bij het ontwerpen van electro-acoustische weergave apparatuur terdege rekening dient te houden om een goed eindresultaat bij de reproductie van geluid, zoals bijv. muziek, te verkrijgen.

Zo juist hebben we over „reproductie van geluid” gesproken, doch wat verstaat men eigenlijk onder geluid? Hierop is niet zo eenvoudig een goed antwoord te geven aangezien de specialisten op dit gebied het zelf nog niet eens zijn. Zo schrijft *Pietro Blaserna* in zijn boek:

„Trillingen zijn objectief, trillingen komen in vaste stoffen, in vloeistoffen en gassen voor en zijn geheel onafhankelijk van een luisteraar, terwijl geluid daarentegen slechts subjectief gezien kan worden, aangezien geluid eerst in het oor ontstaat. Voor een dove persoon zijn trillingen een feit doch geluid neemt deze persoon niet waar”.

Daarentegen schrijft *prof. Roger Smith*:

„In werkelijkheid is horen een zeer fijn tast-gevoel en wordt veroorzaakt door bewegingen welke via een geleider op het menselijke waarnemingsorgaan worden overgebracht, iedere stof welke deze bewegingen op ons oor kan overbrengen, brengt ook de geluidsgewaardwording over, m.a.w. een trilling wordt steeds door geluid gevolgd of dit al dan niet door een luisteraar wordt waargenomen”.

Welke van deze twee specialisten nu gelijk heeft zullen we maar buiten beschouwing laten daar ons dit te ver zou voeren. We zullen ons maar aan de min of meer neutrale definitie van de *American Standards Ass. Inc.* houden, welke luidt:

- Geluid is een druk-verandering, spannings-verandering, een snelheids-verandering of een plaats-verandering van de kleine deeltjes welke voortplanting van trillingen mogelijk maken.
- Geluid is ook een gewaarwording, welke meestal door bovengenoemde verandering wordt veroorzaakt.

In het eerste geval zou men dus over een *geluidsgolf* en in het tweede geval beter over een *geluidsgewaardwording* kunnen spreken. Geluid is door

verschillende factoren van storingen te onderscheiden, geluid is nl. opgebouwd uit:

1. frequentie,
2. amplitude of intensiteit,
3. periodiciteit,
4. golfvorm.

De frequentie bepaalt de toonhoogte van het geluid, verdubbelen we de frequentie, dan wordt de toon een octaaf hoger. Omgekeerd wordt de toon een octaaf lager wanneer we de frequentie van het oorspronkelijke geluid halveren.

De amplitude of intensiteit van het geluid bepaalt de sterkte van het weergegeven signaal en wel zo dat wanneer we de amplitude verdubbelen, de geluidssterkte met 3 dB toeneemt.

De dB, ofwel de decibel, is een eenheid voor de aanduiding van *verandering*, doch geen *hoeveelheid*. De variaties in de intensiteit van het geluid zijn zo groot, dat men een eenheid heeft gezocht om de verhouding van de geluidsniveaus aan te geven. De decibel (= 1/10 bel) is een verhoudingsgetal en is gelijk aan de minimale nog door het menselijk oor waar te nemen verandering in de geluidssterkte, de energie-verhouding, uitgedrukt in dB is:

$$1 \text{ dB} = 10 \times \log. \frac{W_1}{W_2}$$

Onder periodiciteit verstaan we de mate van het ritme in het geluid. Muziek is dus een periodiek geluid terwijl straatlawaai en het rammelen van kopjes en schotels geen periodiek geluid genoemd kan worden en derhalve een storing is. Hier valt het echter weer moeilijk een scherpe grens te trekken, men spreekt immers over het geluid en zelfs de „muziek van de treinwielen die over de koppelingen...”, enz. en de „muziek” van Spyke Johnes.

De golfvorm van het geluid is het directe toonbeeld van de trilling. Op de fundamentele geluidsgolf zijn nog secundaire trillingen gesuperponeerd, de klank of het karakter (timbre) van het geluid wordt dan ook door deze golfvorm bepaald. Wanneer men bijv. op een vleugel een bepaalde toon aanslaat en dezelfde toon ook op een viool wordt aangestreeken, dan is het ons direct mogelijk te onderscheiden welke door de vleugel en welke door de viool wordt voortgebracht. Dat dit mogelijk is, hebben we aan de voor iedere soort van instrumenten en zelfs bij ieder instrument afzonderlijk behorende golfvorm te danken.

Het frequentie-spectrum dat de mens waar kan nemen, hangt van verschillende factoren af en wel

in de eerste plaats van de hoorcapaciteit van onze oren zelf, ten tweede van de samenstelling en de intensiteit van het geluid, en ten derde — een zeer belangrijke factor — van de intensiteit en het karakter van de storingen op de achtergrond.

Al deze factoren zijn sterk aan veranderingen onderhevig, de hoorcapaciteit is bij iedere persoon weer anders waarbij de leeftijd ook nog een woordje mee spreekt. Theoretisch reikt het maximale door de mens waarneembare frequentiespectrum van 16 Hz tot 22000 Hz, doch slechts dan, wanneer de geluidsintensiteit in de buurt van de pijngrens ligt, welke correspondeert met ongeveer 120 dB boven de gehoordrempel.

De mens hoort ongeveer logaritmisch, of in andere woorden: wanneer eerst één vleugel gespeeld wordt en daarna tien vleugels, dan zal men dat slechts als twee maal zo luid horen.

Slechts ongeveer 5 % van de mensheid is in staat het zeer brede frequentie-spectrum van 16 Hz tot 22000 Hz bij een geluidssterkte van 120 dB waar te nemen. Neemt de geluidssterkte af, dan neemt ook het waarneembare frequentie-spectrum zeer snel af en wel van beide zijden, dus in het hoge en lage frequentie-gebied.

Voor de gemiddelde mens is slechts een frequentie-spectrum van ongeveer 20 Hz tot 16000 Hz waarneembaar en ook hier geldt dat weer voor een geluidssterkte van ongeveer 120 dB. Voor ongeveer 5 % van de mensheid is het niet mogelijk om een breder frequentie-spectrum dan 25 Hz tot 7000 Hz waar te nemen bij een geluidssterkte van ongeveer 120 dB.

De afhankelijkheid van het waarneembare frequentie-spectrum is door Fletcher na een groot aantal metingen in een grafiek (fig. 1) vastgelegd en wel in een afzonderlijke kromme voor de kritische en normale luisteraar. De oorgevoeligheid van de mens is behalve van de geluidssterkte ook nog van de frequentie afhankelijk; dit is eveneens door Fletcher in een grafiek vastgelegd (fig. 2) nadat hij eerst een half miljoen metingen van verschillende proefpersonen, zowel mannen als vrouwen van verschillende leeftijd had verzameld. Het hoorvermogen, of anders gezegd: de oorgevoeligheid van de mens voor verschillende frequenties is ook nog afhankelijk van de leeftijd en van het geslacht van de persoon. Naarmate men ouder wordt, wordt de oorgevoeligheid voor de hoge frequenties slechter en wel in het bijzonder voor het mannelijk geslacht. Natuurlijk is dit sterk van de persoon en het gebruik dat deze van zijn oren heeft gemaakt, afhankelijk. Een boswachter of musicus zal op hogere leeftijd de hoge tonen nog

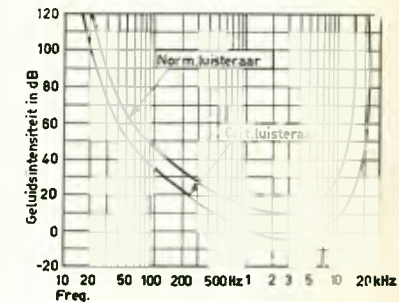


fig. 1

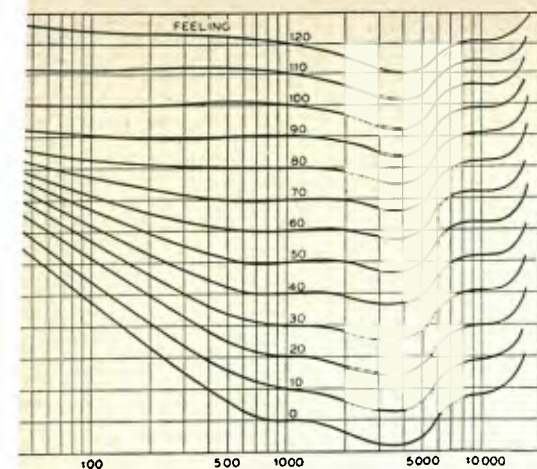


fig. 2

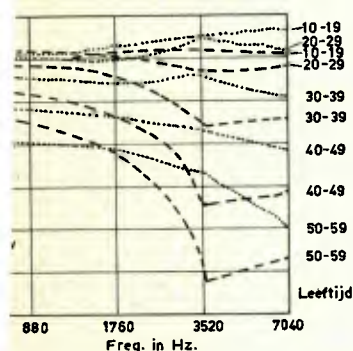


fig. 3



fig. 4

beter kunnen waarnemen dan bijv. een arbeider uit een plaatwerkerij. De grafiek van fig. 3 geeft dan ook slechts het gemiddelde aan.

Het stoorniveau speelt een zeer belangrijke rol bij de reproductie van geluid en oefent sterke invloed op de oorgevoeligheid van de mens uit, de achtergrond-storingen zijn sterk aan veranderingen onderhevig zowel in karakter als in intensiteit. In de winter zal het stoorniveau in de salon of huiskamer — door het gesloten zijn van de deuren en vensters en als extra geluids- resp. storings-isolatie de dikke overgordijnen voor de vensters — veel lager zijn dan in de zomer, wanneer de ramen en deuren open staan en het straatlawaaï dus ongehinderd kan binnendringen. Het stoorniveau in het stadscentrum zal natuurlijk ook veel hoger liggen dan het stoorniveau in een stille rustige straat aan de rand van de stad of in een voorstadje.

Het karakter van de achtergrondstoringen is ook belangrijk, zo zal het zacht ruisen van een ventilator of electrisch uurwerk lang niet zo hinderlijk zijn als het gerammel met kopjes en schotels uit de keukens, doch hier is het weer een kwestie van smaak, wat de ene persoon irriteert, zal de andere helemaal niet storen.

Een algemeen overzicht van de intensiteit van de achtergrondstoringen bij verschillende frequenties, gemeten in een stille en in een normale ruimte, is in de grafiek van fig. 4 weergegeven. Storingen hebben een eigenaardige invloed op de oorgevoeligheid: nl. alsof deze in ongunstige zin wordt verschoven. Bij veel achtergrondstoringen krijgt men dan ook de indruk dat men slechter hoort. Het stoorniveau in slechts 5 % van de salons of kamers was minder dan 33 dB, het normaal voorkomende

stoorniveau lag echter veel hoger, nl. 43 dB of nog meer.

Wanneer we nu de kromme van fig. 4 op de grafiek van fig. 1 overbrengen, dan krijgen we een duidelijk beeld van de ongunstige invloed welke door het achtergrond-stoorniveau op onze oorgevoeligheid wordt uitgeoefend, zie fig. 5 en 6. Ook hier is de grafiek weer onderverdeeld in een kromme voor de normale luisteraar bij een stoorniveau van 43 dB en een kromme voor de kritische luisteraar bij een stoorniveau van 33 dB.

Een andere, zeer belangrijke factor voor „goed horen” is een juiste toonbalans. Uit ondervinding heeft men nl. vastgesteld dat de onderste weergavegrens, dus de laagste frequentie die wordt weergegeven, direct in verband staat met de bovenste weergavegrens, dus de hoogste frequentie die wordt weergegeven en men heeft nu de verschillende combinaties welke een goede toonbalans geven in een zogenaamde balansdriehoek vastgelegd (fig. 7).

Band 1 is het voor de mens max. waarneembare frequentie-spectrum, het welk slechts door 5 % van de mensen bij een geluidssterkte van ongeveer 120 dB kan worden waargenomen.

Band 2 sluit het complete frequentie-spectrum bij muziekweergave in.

Band 3 vertegenwoordigt voor de kritische luisteraar het idee van het complete frequentie-spectrum voor muziek, mits in een zeer stille ruimte wordt geluisterd, dus met een stoorniveau van 33 dB of minder bij normale geluidssterkte.

Band 4 is als band 3 doch nu voor de normale luisteraar en bij een normaal stoorniveau van ongeveer 43 dB bij normale geluidssterkte.

De banden 2 en 3 vormen de gemiddelde weergave-kwaliteit voor W(erkelijkheids) W(eergave) („high fidelity”), de banden 4 en 5 de gemiddelde weergave-kwaliteit bij AM radio en zeer goede gramfoonweergave; de banden 6, 7 en 8 leveren een kwaliteit op, welke voor muziekweergave beneden het waardeerbare valt, zoals bij goedkope en draagbare ontvangers wel het geval is.

Dit alles natuurlijk met de opmerking dat men deze verschillende frequentie-banden ook werkelijk kan waarnemen, dit hangt — zoals reeds in het voorgaande behandeld is — af van de geluidssterkte, het stoorniveau en de hoorcapaciteit van onze oren.

De invloed van de combinatie stoorniveau en geluidssterkte op het door ons waar te nemen frequentie-spectrum — waarbij ook nog rekening is gehouden met de frequentie afhankelijke oorgevoeligheid — is in de grafiek van fig. 8 weerge-

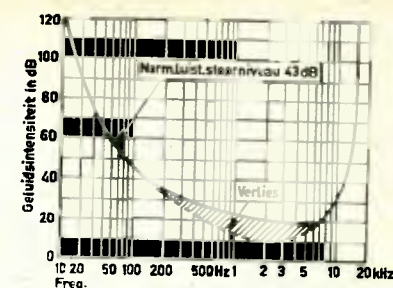


fig. 5

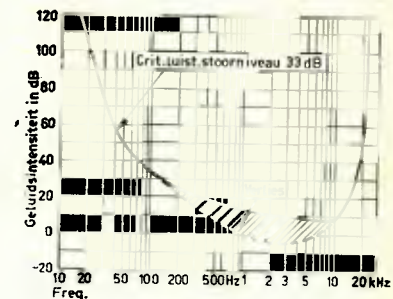


fig. 6

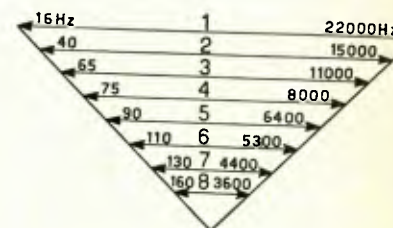


fig. 7

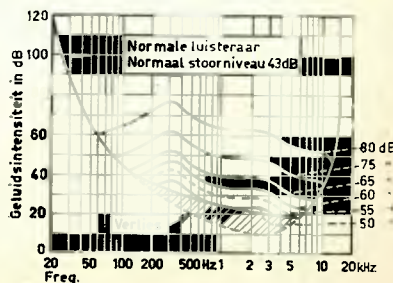


fig. 8

geven. Hieruit blijkt dus direct dat voor het geval men naar een ideale weergave luistert, dus een geluidswaergave van het gehele door de mens waar te nemen frequentie-spectrum met een ideale waergave kromme (dus een frequentie onafhankelijke output), het nog van het stoorniveau op de achtergrond, de geluidsterkte en de oorgevoelighed afhangt, of men een breed of smal deel van het totaal door de apparatuur weergegeven frequentie-spectrum kan waarnemen.



## De Luisterruimte

Uit het voorgaande hebben we reeds gezien hoe groot de invloed van de omgeving is voor het bereiken van een goede en waarneembare geluidskwaliteit. Immers de breedte van het waarneembare frequentie-gebied hangt voor een groot deel van de omgeving af. In dit hoofdstuk zullen we dan ook hierop iets dieper ingaan en zien welke mogelijkheden er zijn om tot verbetering te komen van de ruimte, waarin we naar muziek luisteren. Wanneer we een bepaald vertrek hebben uitgezocht om als luisterruimte te worden ingericht — zoals bijv. een salon — en deze voor ons doel zo goed mogelijk en gunstig mogelijk willen inrichten, dan moeten we er eerst voor zorgen dat de ruimte zoveel mogelijk aan de minimum eisen voor goede muziekoverdracht voldoet.

Deze eisen zijn:

a) Het binnendringen van geluiden, welke buiten de ruimte hun oorsprong vinden, moet tot een minimum beperkt worden. Hieraan is echter door ons zelf niet veel te veranderen of te verbeteren, aangezien men hiermede reeds bij de bouw van het gehele huis rekening dient te houden, bijv. door het aanbrengen van dubbele binnen- en buitenmuren, het toepassen van dubbele ramen en eventueel zelfs dubbele deuren, vloeren en plafonds, terwijl verder gezorgd moet worden dat via de fundamenteën, verwarmings- en elektrische leidingen, enz., geen storende en dus absoluut ongewenste trillingen in de ruimte kunnen binnendringen.

b) Een minimum aan ongewenste geluiden welke binnen de „luister” ruimte hun oorsprong vinden, zoals bijv. geruis van ventilatoren, voetengeschuifel, gerammel met theekopjes, enz., terwijl resonanties van welke aard dan ook natuurlijk absoluut ontoelaatbaar zijn.

Hier kunnen we echter wel degelijk ingrijpen, het ventilatorgeruis verdwijnt met het omdraaien van de netschakelaar, wat ook nog behalve het verdwijnen van het storende geruis het voordeel heeft dat ongewenste afbuiging van de geluidsgolven door te sterke luchtafzuiging niet voor kan komen. De hinderlijke invloed van voetengeschuifel verdwijnt, wanneer we voor een goede vloerbedekking zorgen, zoals bijv. een dik tapijt. Het gerammel met kopjes en schotels verdwijnt ook met wat goede wil van de ene zijde en wat takt van de andere zijde; resonanties kunnen ons echter wat meer moeilijkheden bezorgen en we moeten er dan

geven. Hieruit blijkt dus direct dat voor het geval men naar een ideale weergave luistert, dus een geluidswaergave van het gehele door de mens waar te nemen frequentie-spectrum met een ideale waergave kromme (dus een frequentie onafhankelijke output), het nog van het stoorniveau op de achtergrond, de geluidssterte en de oorgevoelighed afhangt, of men een breed of smal deel van het totaal door de apparatuur weergegeven frequentie-spectrum kan waarnemen.



## De Luisterruim

Uit het voorgaande hebben groot de invloed van de omreiken van een goede en wkwatiteit. Immers de breedtbare frequentie-gebied hangvan de omgeving af. In ditdan ook hierop iets diepermogelijkheden er zijn om totvan de ruimte, waarin we r. Wanneer we een bepaald vzoekt om als luisterruimte tzoals bijv. een salon — en ogoed mogelijk en gunstig rten, dan moeten we er eersruimte zoveel mogelijk aan dgoede muziekoverdracht vol. Deze eisen zijn:

a) Het binnendringen van gde ruimte hun oorsprong vimum beperkt worden. Hi ons zelf niet veel te verande aangezien men hiermede rehet gehele huis rekening d door het aanbrengen vanbuitenmuren, het toepassen v eventueel zelfs dubbele deu fonds, terwijl verder gezorgd de fundamenteen, verwarmleidingen, enz., geen storendgewenste trillingen in de ru dringen.

b) Een minimum aan ongewbinnen de „luister” ruimte bzoals bijv. geruis van ventilafel, gerammel met theekopjanties van welke aard danluut ontoelaatbaar zijn.

Hier kunnen we echter wel ventilatorgeruis verdwijnt mde netschakelaar, wat ook dwijnen van het storende gerdat ongewenste afbuiging v door te sterke luchtafzuiging. De hinderlijke invloed van dwijnt, wanneer we voor eking zorgen, zoals bijv. een dmel met kopjes en schotels v goede wil van de ene zijde andere zijde; resonanties ku meer moeilijkheden bezorgen

uit de ruimte wordt verwijderd.

c) De nagalmtijd van de ruimte moet voor ons doel juist gekozen zijn terwijl verder geen hinderlijke reflecties of staande golven mogen optreden. De nagalmtijd hebben we zelf in de hand en deze kunnen we dan ook zo instellen als we het voor ons doel wensen. Dit is de tijdsduur welke het oorspronkelijke signaal nodig heeft om tot een miljoenste te verzwakken. Wanneer deze niet juist is gekozen, kan het luisteren naar een overigens werkelijk goede muziekweergave tot een ergeris worden.

Voor het luisteren naar muziek of spraak en in ons geval overwegend gereproduceerde muziek en spraak, moeten we zorgen dat voldoende geluidsabsorberend materiaal aanwezig is in de ruimte om de gewenste nagalmtijd te verkrijgen. Het aantal absorbtie eenheden, nodig voor een nagalmtijd van bijv. 0,5 sec. (welke tijd ongeveer voor een normale middelgrote salon gewenst is), kunnen we met de formule van *Sabine* eenvoudig berekenen, deze formule luidt:

$$t = \frac{0,164 \times V}{a} \quad a = \frac{0,164 V}{t}$$

waarin:

$t$  = de nagalmtijd in sec.

$V$  = het volume in cub. meters

$a$  = het totaal absorbtie vermogen in de ruimte, of: het totaal oppervlak maal de absorbtie coëfficiënt

0,164 = een constante voor het metrisch stelsel. Laten we als voorbeeld het totaal benodigde absorberend vermogen voor een ruimte berekenen met de volgende afmetingen: lang 6 meter, breed 5 meter en 3 meter hoog, wanneer we een nagalmtijd van 0,5 sec. willen verkrijgen. Op welke manier we aan dit absorbtie vermogen komen wordt eveneens aangegeven.

*Voorbeeld.* De afmetingen van de ruimte zijn  $6 \times 5 \times 3 \text{ m}^3$  dus het totaal volume van de ruimte is 90 cub. meter, om een nagalmtijd van 0,5 sec. te verkrijgen hebben we dus nodig:

$$a = \frac{0,164 : 90}{0,5} = 29,52 \text{ absorbtie eenheden}$$

Laten we nu eerst de vloer met een goed tapijt bedekken, hiervan is de absorbtie-coëfficiënt 0,20; verder het plafond met dunne kurktégels bedekken waarvan de abs.-coëff. 0,16 is en de wanden met normaal behangspapier bedekken met een abs.-coëff. van 0,02 en tenslotte met 6 vierkante

meter bedraagt, dus hout met een abs.-coëff. van 0,03 dan hebben we al:

|            |                                                |                                 |                    |
|------------|------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| Karpet     | .....                                          | $6 \times 5 \times 0,2 = 6,00$  | absorbtie eenheden |
| Kurktégels | ....                                           | $6 \times 5 \times 0,16 = 4,80$ | " "                |
| Behang     | $(2 \times 6 \times 3 - 6) \times 0,02 = 0,60$ | "                               | "                  |
|            | $(2 \times 5 \times 3 - 4) \times 0,02 = 0,52$ | "                               | "                  |
| Hout       | .....                                          | $4 \times 0,03 = 0,12$          | " "                |
| Glas       | .....                                          | $6 \times 0,027 = 0,162$        | " "                |

Totaal 12,202 absorbtie eenheden

verkregen doch er ontbreken ons nog 17,318 absorbtie eenheden en deze moeten we dus nog op een of andere manier verkrijgen. Nu gaan we de ruimte meubileren,

|                                     |                              |                    |
|-------------------------------------|------------------------------|--------------------|
| een 3-zitsbank, abs. coëff. 0,84    | = 0,84                       | absorbtie eenheden |
| twee clubs                          | ..... $2 \times 0,30 = 0,60$ | " "                |
| vijf losse kussens                  | .. $5 \times 0,21 = 1,05$    | " "                |
| 6 m <sup>2</sup> zwaar gordijnstof  | $6 \times 0,5 = 3,00$        | " "                |
| 8 m <sup>2</sup> hout v. kast, enz. | $8 \times 0,03 = 0,24$       | " "                |

Totaal 5,73 absorbtie eenheden

we hebben nu dus al een totaal absorberend vermogen van 17,932 absorbtie eenheden in de ruimte en rekenen we dan nog met een gemiddelde bezetting van 2 personen welke ieder voor zich al een absorbtie vermogen van 0,97 absorbtie eenheden vertegenwoordigen, mits in zittende toestand, dan hebben we al een totaal abs. vermogen van 18,872. De nog ontbrekende eenheden kunnen we met een kleedje, een olieverf schilderijtje, extra gordijnen enz. verkrijgen.

Het verdient aanbeveling de nagalmtijd in de salon een beetje aan de lage kant te kiezen doch ook hier komt het weer op een kwestie van smaak aan. Variaties in de nagalmtijd kan men verkrijgen door een extra uitschuifbaar gordijn in de ruimte aan te brengen, dat in ingeschoven toestand in een omhulling verdwijnt zodat dit dan als absorberend oppervlak niet meer kan meewerken. Op deze manier kan men het absorberend vermogen — en dus ook de nagalmtijd — binnen beperkte grenzen variëren.

Een compleet overzicht van de bekendste en meest gebruikte materialen met hun absorbtie-coëfficiënt vindt men aan het einde van dit hoofdstuk. Het is nu dus bekend wat we aan absorberend materiaal mogen, respectievelijk moeten aanwenden om een juiste nagalmtijd in de luisterruimte te verkrijgen en we zullen nu overgaan tot het behandelen van de details, dus het aanbrengen van deze geluidsabsorberende en eventueel geluidsisolerende materialen.

Laten we, wat betreft de geluidsisolatie, maar als eerste het zwakste punt — de deur — eens nader

ook in de eerste plaats voor zorgen dat alles wat ook maar resoneren kan, goed wordt vast gezet of uit de ruimte wordt verwijderd.

c) De nagalmtijd van de ruimte moet voor ons doel juist gekozen zijn terwijl verder geen hinderlijke reflecties of staande golven mogen optreden. De nagalmtijd hebben we zelf in de hand en deze kunnen we dan ook zo instellen als we het voor ons doel wensen. Dit is de tijdsduur welke het oorspronkelijke signaal nodig heeft om tot een miljoenste te verzwakken. Wanneer deze niet juist is gekozen, kan het luisteren naar een overigens werkelijk goede muziekweergave tot een ergeris worden.

Voor het luisteren naar muziek of spraak en in ons geval overwegend gereproduceerde muziek en spraak, moeten we zorgen dat voldoende geluidsabsorberend materiaal aanwezig is in de ruimte om de gewenste nagalmtijd te verkrijgen. Het aantal absorbtie eenheden, nodig voor een nagalmtijd van bijv. 0,5 sec. (welke tijd ongeveer voor een normale middelgrote salon gewenst is), kunnen we met de formule van *Sabine* eenvoudig berekenen, deze formule luidt:

$$t = \frac{0,164 \times V}{a} \quad a = \frac{0,164 V}{t}$$

waarin:

$t$  = de nagalmtijd in sec.

$V$  = het volume in cub. meters

$a$  = het totaal absorbtie vermogen in de ruimte, of: het totaal oppervlak maal de absorbtie coëfficiënt

0,164 = een constante voor het metrisch stelsel. Laten we als voorbeeld het totaal benodigde absorberend vermogen voor een ruimte berekenen met de volgende afmetingen: lang 6 meter, breed 5 meter en 3 meter hoog, wanneer we een nagalmtijd van 0,5 sec. willen verkrijgen. Op welke manier we aan dit absorbtie vermogen komen wordt eveneens aangegeven.

**Voorbeeld.** De afmetingen van de ruimte zijn  $6 \times 5 \times 3 \text{ m}^3$  dus het totaal volume van de ruimte is 90 cub. meter, om een nagalmtijd van 0,5 sec. te verkrijgen hebben we dus nodig:

$$a = \frac{0,164 : 90}{0,5} = 29,52 \text{ absorbtie eenheden}$$

Laten we nu eerst de vloer met een goed tapijt bedekken, hiervan is de absorbtie-coëfficiënt 0,20; verder het plafond met dunne kurktégels bedekken waarvan de abs.-coëff. 0,16 is en de wanden met normaal behangspapier bedekken met een abs.-coëff. van 0,02 en tenslotte met 6 vierkante

terwijl het totale deur-oppervlak 4 vierkante meter bedraagt, dus hout met een abs.-coëff. van 0,03 dan hebben we al:

|            |                                                |                                 |                    |
|------------|------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| Karpet     | .....                                          | $6 \times 5 \times 0,2 = 6,00$  | absorbtie eenheden |
| Kurktégels | ....                                           | $6 \times 5 \times 0,16 = 4,80$ | " "                |
| Behang     | $(2 \times 6 \times 3 - 6) \times 0,02 = 0,60$ | " "                             | " "                |
|            | $(2 \times 5 \times 3 - 4) \times 0,02 = 0,52$ | " "                             | " "                |
| Hout       | .....                                          | $4 \times 0,03 = 0,12$          | " "                |
| Glas       | .....                                          | $6 \times 0,027 = 0,162$        | " "                |

Totaal 12,202 absorbtie eenheden

verkregen doch er ontbreken ons nog 17,318 absorbtie eenheden en deze moeten we dus nog op een of andere manier verkrijgen. Nu gaan we de ruimte meubileren,

|                                     |                              |                    |
|-------------------------------------|------------------------------|--------------------|
| een 3-zitsbank, abs. coëff. 0,84    | = 0,84                       | absorbtie eenheden |
| twee clubs                          | ..... $2 \times 0,30 = 0,60$ | " "                |
| vijf losse kussens                  | .. $5 \times 0,21 = 1,05$    | " "                |
| 6 m <sup>2</sup> zwaar gordijnstof  | $6 \times 0,5 = 3,00$        | " "                |
| 8 m <sup>2</sup> hout v. kast, enz. | $8 \times 0,03 = 0,24$       | " "                |

Totaal 5,73 absorbtie eenheden

we hebben nu dus al een totaal absorberend vermogen van 17,932 absorbtie eenheden in de ruimte en rekenen we dan nog met een gemiddelde bezetting van 2 personen welke ieder voor zich al een absorbtie vermogen van 0,97 absorbtie eenheden vertegenwoordigen, mits in zittende toestand, dan hebben we al een totaal abs. vermogen van 18,872. De nog ontbrekende eenheden kunnen we met een kleedje, een olieverf schilderijtje, extra gordijnen enz. verkrijgen.

Het verdient aanbeveling de nagalmtijd in de salon een beetje aan de lage kant te kiezen doch ook hier komt het weer op een kwestie van smaak aan. Variaties in de nagalmtijd kan men verkrijgen door een extra uitschuifbaar gordijn in de ruimte aan te brengen, dat in ingeschoven toestand in een omhulling verdwijnt zodat dit dan als absorberend oppervlak niet meer kan meewerken. Op deze manier kan men het absorberend vermogen — en dus ook de nagalmtijd — binnen beperkte grenzen variëren.

Een compleet overzicht van de bekendste en meest gebruikte materialen met hun absorbtie-coëfficiënt vindt men aan het einde van dit hoofdstuk. Het is nu dus bekend wat we aan absorberend materiaal mogen, respectievelijk moeten aanwenden om een juiste nagalmtijd in de luisterruimte te verkrijgen en we zullen nu overgaan tot het behandelen van de details, dus het aanbrengen van deze geluidabsorberende en eventueel geluid-isolerende materialen.

Laten we, wat betreft de geluidsisolatie, maar als eerste het zwakste punt — de deur — eens nader

ook in de eerste plaats voor zorgen dat alles wat ook maar resoneren kan, goed wordt vast gezet of uit de ruimte wordt verwijderd.

c) De nagalmtijd van de ruimte moet voor ons doel juist gekozen zijn terwijl verder geen hinderlijke reflecties of staande golven mogen optreden. De nagalmtijd hebben we zelf in de hand en deze kunnen we dan ook zo instellen als we het voor ons doel wensen. Dit is de tijdsduur welke het oorspronkelijke signaal nodig heeft om tot een miljoenste te verzwakken. Wanneer deze niet juist is gekozen, kan het luisteren naar een overigens werkelijk goede muziekweergave tot een ergeris worden.

Voor het luisteren naar muziek of spraak en in ons geval overwegend gereproduceerde muziek en spraak, moeten we zorgen dat voldoende geluidsabsorberend materiaal aanwezig is in de ruimte om de gewenste nagalmtijd te verkrijgen. Het aantal absorptie eenheden, nodig voor een nagalmtijd van bijv. 0,5 sec. (welke tijd ongeveer voor een normale middelgrote salon gewenst is), kunnen we met de formule van Sabine eenvoudig berekenen, deze formule luidt:

$$t = \frac{0,164 \times V}{a} \quad a = \frac{0,164 V}{t}$$

waarin:

$t$  = de nagalmtijd in sec.

$V$  = het volume in cub. meters

$a$  = het totaal absorptie vermogen in de ruimte, of: het totaal oppervlak maal de absorptie coëfficiënt

0,164 = een constante voor het metrisch stelsel.

Laten we als voorbeeld het totaal benodigde absorberend vermogen voor een ruimte berekenen met de volgende afmetingen: lang 6 meter, breed 5 meter en 3 meter hoog, wanneer we een nagalmtijd van 0,5 sec. willen verkrijgen. Op welke manier we aan dit absorptie vermogen komen wordt eveneens aangegeven.

**Voorbeeld.** De afmetingen van de ruimte zijn  $6 \times 5 \times 3 \text{ m}^3$  dus het totaal volume van de ruimte is 90 cub. meter, om een nagalmtijd van 0,5 sec. te verkrijgen hebben we dus nodig:

$$a = \frac{0,164 : 90}{0,5} = 29,52 \text{ absorptie eenheden}$$

Laten we nu eerst de vloer met een goed tapijt bedekken, hiervan is de absorptie-coëfficiënt 0,20; verder het plafond met dunne kurktegels bedekken waarvan de abs.-coëff. 0,16 is en de wanden met normaal behangspapier bedekken met een abs.-coëff. van 0,02 en tenslotte met 6 vierkante

meter ramen (dus glas), abs.-coëff. 0,027, rekenen terwijl het totale deur-oppervlak 4 vierkante meter bedraagt, dus hout met een abs.-coëff. van 0,03 dan hebben we al:

|            |                             |                          |         |                    |
|------------|-----------------------------|--------------------------|---------|--------------------|
| Karpet     | .....                       | $6 \times 5 \times 0,2$  | = 6,00  | absorptie eenheden |
| Kurktegels | ....                        | $6 \times 5 \times 0,16$ | = 4,80  | " "                |
| Behang     | $(2 \times 6 \times 3 - 6)$ | $\times 0,02$            | = 0,60  | " "                |
|            | $(2 \times 5 \times 3 - 4)$ | $\times 0,02$            | = 0,52  | " "                |
| Hout       | .....                       | $4 \times 0,03$          | = 0,12  | " "                |
| Glas       | .....                       | $6 \times 0,027$         | = 0,162 | " "                |

Totaal 12,202 absorptie eenheden

verkregen doch er ontbreken ons nog 17,318 absorptie eenheden en deze moeten we dus nog op een of andere manier verkrijgen. Nu gaan we de ruimte meubileren,

|                                     |                       |                    |
|-------------------------------------|-----------------------|--------------------|
| een 3-zitsbank, abs. coëff. 0,84    | = 0,84                | absorptie eenheden |
| twee clubs                          | ..... $2 \times 0,30$ | = 0,60 " "         |
| vijf losse kussens                  | .. $5 \times 0,21$    | = 1,05 " "         |
| 6 m <sup>2</sup> zwaar gordijnstof  | $6 \times 0,5$        | = 3,00 " "         |
| 8 m <sup>2</sup> hout v. kast, enz. | $8 \times 0,03$       | = 0,24 " "         |

Totaal 5,73 absorptie eenheden

we hebben nu dus al een totaal absorberend vermogen van 17,932 absorptie eenheden in de ruimte en rekenen we dan nog met een gemiddelde bezetting van 2 personen welke ieder voor zich al een absorptie vermogen van 0,97 absorptie eenheden vertegenwoordigen, mits in zittende toestand, dan hebben we al een totaal abs. vermogen van 18,872. De nog ontbrekende eenheden kunnen we met een kleedje, een olieverf schilderijtje, extra gordijnen enz. verkrijgen.

Het verdient aanbeveling de nagalmtijd in de salon een beetje aan de lage kant te kiezen doch ook hier komt het weer op een kwestie van smaak aan. Variaties in de nagalmtijd kan men verkrijgen door een extra uitschuifbaar gordijn in de ruimte aan te brengen, dat in ingeschoven toestand in een omhulling verdwijnt zodat dit dan als absorberend oppervlak niet meer kan meewerken. Op deze manier kan men het absorberend vermogen — en dus ook de nagalmtijd — binnen beperkte grenzen variëren.

Een compleet overzicht van de bekendste en meest gebruikte materialen met hun absorptie-coëfficiënt vindt men aan het einde van dit hoofdstuk. Het is nu dus bekend wat we aan absorberend materiaal mogen, respectievelijk moeten aanwenden om een juiste nagalmtijd in de luisterruimte te verkrijgen en we zullen nu overgaan tot het behandelen van de details, dus het aanbrengen van deze geluidsabsorberende en eventueel geluid-isolerende materialen.

Laten we, wat betreft de geluidsisolatie, maar als eerste het zwakste punt — de deur — eens nader

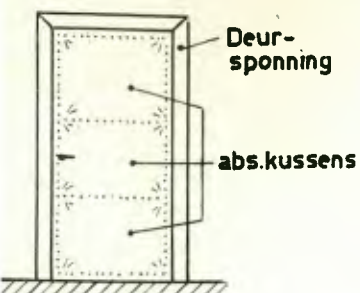


fig. 9

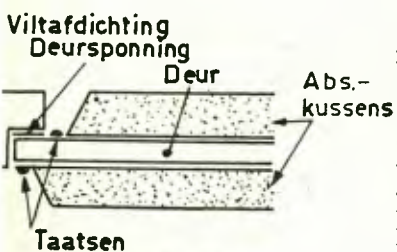


fig. 10

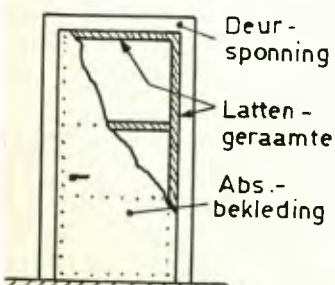


fig. 11

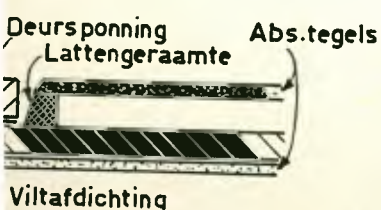


fig. 12

bekijken. Deze is gewoonlijk uit hout vervaardigd en laat door kieren en naden en ook doordat de deur zelf als een groot membraan gaat werken, veel en meestal nog ongewenst geluid door. Hier kunnen we om te beginnen op verschillende manieren ingrijpen om dit te verbeteren, dus door de geluidsisolatiweerstand te vergroten.

Ten eerste moet men er voor zorgen dat de naden en kieren tussen de deur en de sponning, door het aanbrengen van vilt of dunne sponsrubber-repen, geheel verdwijnen, wat ook nog kolen bespaart. Blijkt dit nog niet voldoende, dan helpt als eenvoudige oplossing om de geluidsisolatiweerstand van de deur te vergroten het aanbrengen van zg. acoustische kussens (zie fig. 9). Deze methode heeft, behalve dat ze betrekkelijk goedkoop is, nog het voordeel van een makkelijke montage. Hier wordt dus aan een of beide zijden van de deur een laag geluid isolerend en eventueel -absorberend materiaal aangebracht. Wil men de absorptie-coëfficiënt laag houden, dan kan men het beste de met kapok of glaswol gevulde kussens met een dun soort kunstleder of zg. wasdoek overtrekken. De randen en eventueel ook het midden worden dan met stoffeerdners-nagels (zg. „taatsjes”, nagels met grote kop) aan de deur vast gespijkerd, waarbij men er voor moet zorgen, dat de vulling niet naar onderen kan schuiven.

Wil men echter een grote geluidsabsorptie en een hoge geluidsisolatie verkrijgen, dan neemt men in plaats van kunstleder of wasdoek een fijn geweven jute. Men kan natuurlijk ook de ene kant van de deur met een glad materiaal overtrekken (reflecterend) en de binnenzijde van de deur met een soort fijngeweven jute overtrekken (absorberend), zie fig. 10.

Een methode welke wel iets duurder is, doch ook betere resultaten geeft, is de semi-dubbele deur (zie fig. 11), waarbij op enige afstand van de oorspronkelijke deur nog een extra geluid isolerende en -absorberende laag wordt aangebracht, welke door een geraamte van latten op afstand van de oorspronkelijke deur wordt gehouden (zie fig. 12). Aan de andere zijde van deze deur kan men dan eventueel nog een absorberende laag direct op het hout van de deur aanbrengen.

Als materiaal voor deze methode om de deuren geluidsdicht te maken komen alle soorten acoustische tegels in aanmerking. Welk systeem het beste zal voldoen, hangt af van de gewenste geluidsisolatie en geluidsabsorptie. Wanneer een zacht soort acoustische tegels wordt toegepast, dan verdient het aanbeveling in het midden nog een paar extra steunlatten aan te brengen om de mo-

gelijkheid van het breken van deze tegels te voorkomen, wanneer men per ongeluk de deur eens hard dicht zou werpen, terwijl ook de mogelijkheid, dat de ac. tegels gaan resoneren hierdoor nog extra wordt verkleind.

Ook reeds bestaande wanden kan men met het oog op de geluidsisolatie en geluidsabsorptie nog wel iets verbeteren door het aanbrengen van acoustische tegels of een andere geluid absorberende of -isolerende bekleding.

Het eenvoudigste en goedkoopste is natuurlijk de methode, waarbij de acoustische tegels direct op de wand worden aangebracht (fig. 13). Acoustische-tegels, kussens, enz. kan men natuurlijk bij verschillende zaken die geluid-isolerende en geluid-absorberende materialen leveren bestellen, doch men kan ze zelf ook vervaardigen uit platen kramfors, celotex, zacht-board, enz. Dit is echter zowel uit het oogpunt van geluidsisolatie als geluidsabsorptie minder gunstig dan de methode, waarbij de acoustische tegels op enige afstand van de muur worden aangebracht (fig. 14). In laatst genoemd geval is een veel betere geluidsisolatie mogelijk, terwijl het luchtkussen, dat tussen de wand en de ac. tegels ontstaat ook de geluidsabsorptie ten goede komt.

Monteert men de ac. tegels op enige afstand van de muur, dan moet eerst een geraamte van houten latten op de muur worden aangebracht, waarop men dan later de ac. tegels weer aanbrengt. Om resonanties van deze tegels te voorkomen, verdient het aanbeveling, ze niet te groot te maken. In beide gevallen is het uit een oogpunt van betere geluidsisolatie nog van belang de naar de wand toegekeerde zijde van de ac. tegels met een harde gladde lak te bespuiten of te bestrijken; de nog door de wand gedrongen geluidsgolven worden dan door reflectie op deze harde en gladde laklaag nogmaals op de wand terug geworpen.

Het op enige afstand van de wand aanbrengen van de ac. tegels heeft bovendien het voordeel, dat men de ruimte tussen de wand en de tegels kan benutten om verschillende kabels, enz. in te leggen, wat uit aesthetisch oogpunt en wegens de verminderde kans op storingen natuurlijk zeer gunstig is. Het verdient dan echter aanbeveling de ac. tegels niet met spijkers, doch met kleine houtschroefjes op het geraamte te bevestigen, zodat zij zonder kans op beschadiging snel en gemakkelijk kunnen worden weggenomen.

Nog een andere methode is het aanbrengen van strak gespannen jute op een latten geraamte (fig. 15). Deze methode heeft wel zin uit het oogpunt van grote geluidsabsorptie doch uit het oogpunt

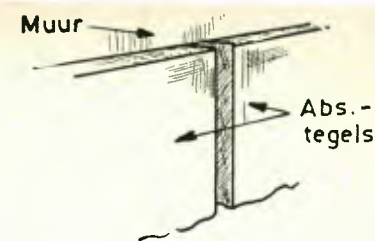


fig. 13

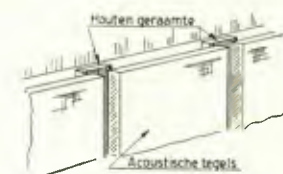


fig. 14

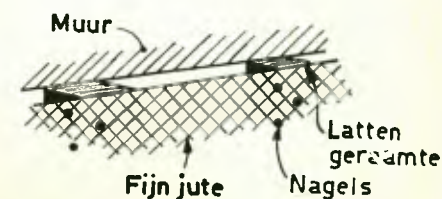


fig. 15

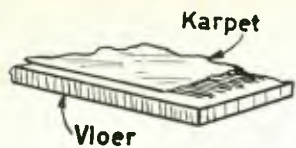


fig. 16a

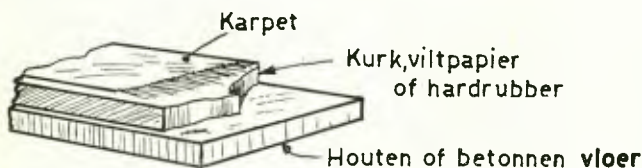


fig. 16b

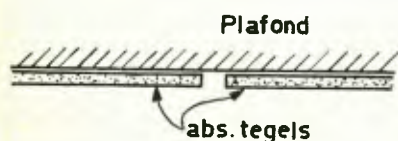


fig. 17

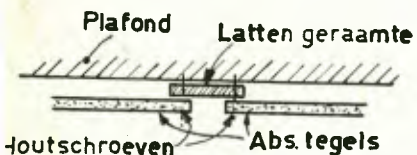


fig. 18

van geluidsisolatie zeer weinig. Past men deze methode toe, dan moet men er wel rekening mee houden dat de latten nu op een veel kleinere onderlinge afstand moeten worden aangebracht, anders gaat deze wand klapperen. Eventueel kan men deze wand van jute nog met behang bekleden, maar dan gaat weer een groot deel van het geluid-absorberend vermogen verloren.

We zijn nu bij de vloer aangeland en ook hier kunnen we doeltreffend ingrijpen. Wanneer we de vloer met een dik karpet bedekken zal dit niet alleen een goede absorbtie opleveren doch ook de

door lopen, enz., veroorzaakte hinderlijke achtergrondstoring geheel doen verdwijnen (fig. 16a). Nog beter resultaat wordt verkregen — zowel voor de levensduur van het karpet als met het oog op grotere absorbtie en geluidsisolatie — wanneer men eerst een laag kurk of hardrubber van ongeveer 2 à 2½ cm op de vloer aanbrengt. Hierin kan men dan weer uitsparingen voor kabels, enz., aanbrengen en daarna het karpet daar overheen leggen (fig. 16b). Ook is het mogelijk op de vloer een dikke laag viltpapier aan te brengen waarop dan weer het karpet wordt aangebracht.

Het plafond is uit het oogpunt van geluidsisolatie niet zo eenvoudig te verbeteren. Een grotere geluidsabsorbtie kan men gemakkelijk verkrijgen door ook hier weer acoustische tegels aan te brengen en wel op de twee bekende manieren, direct tegen het plafond of indirect met behulp van een latten geraamte (fig. 17 en 18). Is het plafond „slap” gebouwd, dan zal de kleinste aanstoting — bijv. via de vloer van de bovenverdieping — reeds voldoende zijn om het plafond als een groot membraan te doen werken. Dat is zeer onaangenaam voor de bewoner van de betrokken étage, want hier is namelijk praktisch niets aan te doen. De enige mogelijkheid om dit te veranderen, is het aanbrengen van een extra plafond, vrij van het eerste en op enige afstand daarvan, doch dit wordt een zeer kostbare geschiedenis.

Met deze gegevens gewapend kan men de luister-ruimte al zeer veel verbeteren en zodoende een steentje bijdragen tot een betere geluidsweergave en de mogelijkheid om van een goede audio-installatie meer te kunnen genieten.

## Materiaal

abs. coëfficiënt/m²

|                                                |                        |
|------------------------------------------------|------------------------|
| Absorbex                                       | 0,4 ... 0,63           |
| Absorbex-Heraklith                             | 0,48 ... 0,58          |
| Acoustisch-Celotex                             | 0,48 ... 0,98          |
| Acoustisch Vilt                                | 0,53 ... 0,75          |
| Acoustische Tegels                             | 0,382                  |
| Normale bouwstenen                             | 0,017 ... 0,032        |
| Calicel tegels                                 |                        |
| Karpet, 0,8 cm dik                             | 0,57 ... 0,83          |
| Celotex                                        | 0,20                   |
| Cocos matten                                   | 0,40 ... 0,80          |
| Beton                                          | 0,17                   |
| Kurk, los op de vloer                          | 0,015                  |
| Kurk tegels                                    | 0,16 en ong. 25 mm dik |
| Gordijnen                                      | 0,03                   |
| Haarvilt 25 mm dik                             | 0,23 ... 1,0           |
| Haarvilt doch op afstand van 10 cm van de muur | 0,52                   |
| Jute                                           | 0,68                   |
| Glas enkel                                     | 0,25 ... 0,77          |
| Treetex isolatie tegels                        | 0,027                  |
| Linoleum                                       | 0,30                   |
| Marmer                                         | 0,03                   |
| Olieverf schilderij met lijst                  | 0,01                   |
| Pleisterwerk op binnenmuur                     | 0,28                   |
| Pleisterwerk Sabine                            | 0,020                  |
| Geluidsisolatie dekens                         | 0,35                   |
| Hout, 20 mm dik                                | 0,85                   |
| Vernist hout                                   | 0,06 ... 0,1           |
| Persoon, (volwassen)                           | 0,03                   |
| Persoon, gezeten                               | 4,7                    |
| Houten stoel                                   | 0,97                   |
| Houten stoel m. haar en leder                  | 0,0082                 |
| Band van hout per zitting                      | 1,10                   |
| Bank met haar en leder per zitting             | 0,0077                 |
| Kussens                                        | 0,28                   |
|                                                | 0,20 ... 0,22          |

Zie verder: „Acoustics”, Percy Marks; The Technical Press Ltd. Londen.

## Juiste keuze van de luidspreker

Om voor een bepaald doel een juiste keuze te kunnen doen uit de verschillende ons ter beschikking staande middelen voor het omzetten van een elektrisch signaal in overeenkomstige acoustische trillingen, is een algemene kennis noodzakelijk van een dergelijke apparatuur, dus van de verschillende soorten luidsprekers en hun technische gegevens. Wij zullen hier dan ook verschillende bijzonderheden bespreken welke van belang zijn voor een juiste beoordeling van de thans in de handel verkrijgbare luidsprekertypen.

Men kan de luidsprekers allereerst in twee hoofdgroepen verdelen, nl. de directe-stralers of conusluidsprekers, welke constructief de eenvoudigste en goedkoopste uitvoering bezitten (fig. 19). De conus is hier direct met het medium — lucht — gekoppeld.

De tweede groep omvat de indirecte-stralers of hoornluidsprekers (fig. 20). Hierbij is de koppeling tussen conus (membraan) en het medium via een acoustische transformator tot stand gebracht. Als zodanig fungeert hier de hoorn, welke de lage impedantie van de vrije lucht met de relatief hoge impedantie van het membraan koppelt, waardoor men over een bepaald frequentiegebied een veel effectievere belasting van het membraan kan verkrijgen met als gevolg een grotere acoustische output over dat bepaalde frequentiegebied.

De hogere kostprijs van de hoornluidspreker en haar veel grotere afmetingen t.o.v. de normale conusluidspreker hebben tot gevolg, dat dit systeem slechts een zeer beperkt toepassingsveld heeft gevonden.

Verder kan men beide hoofdgroepen weer onderverdelen naar het systeem van conus resp. membraanaandrijving. Bijna alle principes volgens welke elektrische trillingen in mechanische- of direct in acoustische trillingen kunnen worden omgezet zijn toegepast, doch de vier onderstaande systemen zijn slechts door het experimenteel stadium heen gekomen, nl.:

- a) het electromagnetisch,
- b) het electrodynamisch
- c) het electrostatisch en
- d) het piëzo-electrisch aandrijvingssysteem.

Het eerste systeem vindt, ofschoon het tot voor kort zeer populair was, momenteel nog zeer weinig toepassing, er komen nog wel „Freischwingers” voor

(fig. 21), maar men kan rustig zeggen dat dit systeem verouderd is en nu geheel door het electrodynamische is verdrongen (fig. 22). Hierover later meer.

Het electrostatische aandrijfsysteem (fig. 23), waarbij van de electrostatische aantrekkingskracht wordt gebruik gemaakt om een conus of membraan aan te drijven, heeft slechts een beperkt toepassingsveld gevonden voor de omzetting van elektrische wisselspanningen met zeer hoge frequenties in acoustische trillingen, dus als hogetonen luidspreker. Door de kleine bewegingsvrijheid van het bewegende deel van dit electro-acoustisch systeem is het voor de weergave van lage tonen niet geschikt. Om een effectieve omzetting van elektrische in acoustische trillingen te verkrijgen bij lage frequenties, moet membraan of conus over een betrekkelijk grote afstand heen en weer kunnen bewegen.

Verder heeft dit systeem een betrekkelijk hoog vervormingspercentage omdat men hier, evenals bij de telefoonluidspreker, een eenzijdige beweging van het membraan krijgt. Dit heeft men echter weer opgelost door het membraan tussen twee geperforeerde platen aan te brengen.

Bij een aandrijfsysteem met piëzo-electrisch kristal wordt de torsie, welke optreedt onder invloed van de aangelegde wisselspanning, gebruikt om een membraan of conus aan te drijven (fig. 24). Ook het kristalelement leent zich niet voor de omzetting van grote amplituden daar het kristal dan zou breken, dus ook de toepassing van de kristalluidspreker blijft beperkt tot de weergave van hoge tonen.

Zoals reeds gezegd, het electrodynamische systeem leent zich het beste voor de omzetting van elektrische trillingen in acoustische, met redelijk goed rendement over het gehele audio-spectrum. Het wordt dan ook algemeen toegepast.

Bij het electrodynamische aandrijfsysteem is een spoeltje in een magnetisch veld beweegbaar opgehangen. Wordt nu door dit spoeltje een wisselstroom gestuurd, dan zal het in verticale zin in de zg. luchtspleet bewegen (zie fig. 22). Dit spoeltje is nu direct met de conus verbonden en brengt dus op deze manier de beweging op de conus over, welke op haar beurt deze mechanische trilling weer in een luchttrilling omzet. Hier heeft men dus de zg. *electrodynamische luidspreker* verkregen.

We hebben nu dus vastgesteld dat voor de omzetting van elektrische in acoustische trillingen voor ons doel, dus voor de weergave van muziek en spraak, de electrodynamische luidspreker de voorkeur verdient. Dit type is nog in te delen in

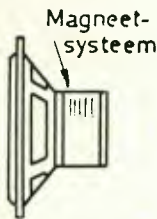


fig. 19

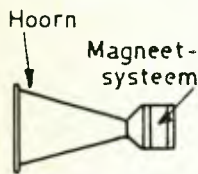


fig. 20

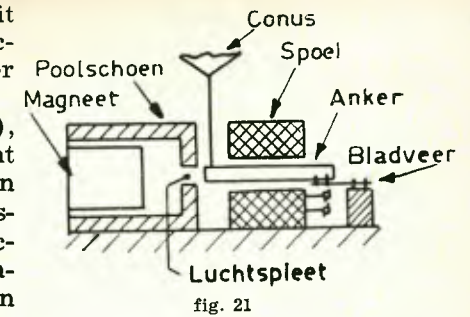


fig. 21

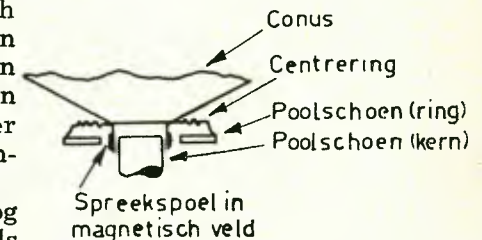


fig. 22



fig. 23

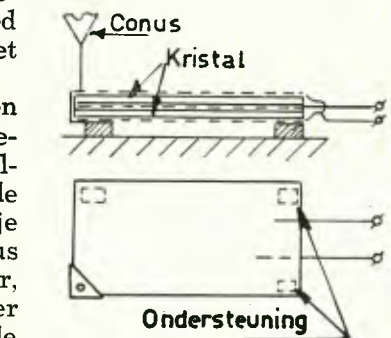


fig. 24

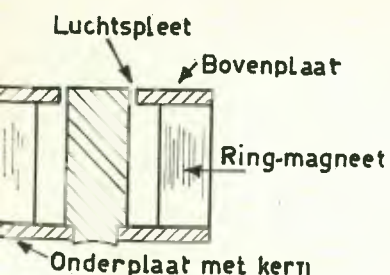


fig. 25

twee soorten, afhankelijk van de manier waarop het magnetisch veld rondom het spreekspoeltje wordt verkregen, nl.:

- a) door een electromagneet, of
- b) door een permanente magneet. Laatstgenoemde soort kan nog worden onderverdeeld in: 1e. perm. magneetsysteem met ring-magneet en 2e. perm. magneetsysteem met kern-magneet.

Het electromagnetisch systeem (fig. 25), is de oudste uitvoering voor het verkrijgen van een sterk magnetisch veld in de luchtspleet, maar wordt meer en meer door het systeem met permanente magneet verdrongen. Niet alleen is de omvang van de electromagneet veel groter — wat bij de huidige compacte ontvangerbouw een zeer belangrijke factor is — maar bovendien is er nog het bezwaar dat men steeds een gelijkstroombron ter beschikking moet hebben voor bekrachtiging van de veldspoel. Dit vervalt bij toepassing van een permanente magneet, hetgeen direct een niet onbelangrijke besparing betekent.

Slechts zeer grote luidsprekers, zoals bijv. in bioscopen worden toegepast, zijn nog wel met een electromagneet uitgerust, omdat de hiervoor vereiste zeer grote permanente magneten zeer duur zijn. Toch wordt ook dit toepassingsveld steeds kleiner, aangezien men geleidelijk afstapt van de toepassing van één zeer grote luidspreker en meer en meer overgaat tot het gebruik van een aantal kleinere luidsprekers welke dan weer met een permanente magneet zijn uitgerust.

Voor ons doel komt slechts een luidspreker systeem met permanente magneet in aanmerking, zowel de uitvoering met een ring-magneet als die met kern-magneet.

Het systeem met een ringmagneet (fig. 26), wordt meestal slechts daar toegepast wanneer de afmetingen van het magneetsysteem niet zeer belangrijk zijn, zoals bijv. bij de grotere luidsprekertypen het geval is. Omdat voor een bepaalde veldsterkte in de luchtspleet het totale volume van de ringmagneet groter kan zijn dan van de kernmagneet, mag de kwaliteit van het magneetstaal van een iets goedkopere soort zijn, terwijl bij de uitvoering met kernmagneet slechts magneetstaal van de hoogste kwaliteit in aanmerking komt om met dit kleine magneetvolume toch dezelfde veldsterkte in de luchtspleet te verkrijgen.

Het systeem met kern-magneet (fig. 27) is, zoals in het voorgaande reeds is toegelicht, kleiner van afmeting dan de uitvoering met ringmagneet. Dit is voor de kleinere luidsprekers welke toch meestal ook in kleine apparaten worden ingebouwd, een

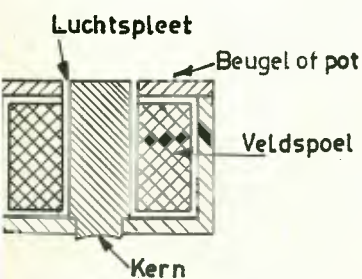


fig. 26

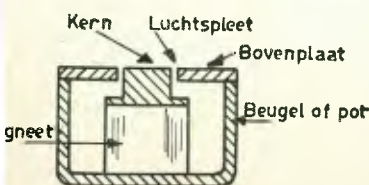


fig. 27

zeer belangrijke factor. Hier komt nog bij dat deze uitvoering met kernmagneet een veel geringer strooiveld heeft, wat bij zeer compact gebouwde ontvangers ook zeer belangrijk is. Speciaal hiervoor is de uitvoering met „pot” in plaats van beugelvormige poolschoenplaat ontworpen, waardoor echter de kostprijs iets hoger wordt.

Voor ons doel zijn de afmetingen van het magneet systeem van weinig of geen belang aangezien we de luidspreker toch niet in het ontvangapparaat inbouwen, om zodoende volkomen vrijheid te hebben wat betreft de opstellingsplaats van baffle of luidsprekerskast. Dat is al een grote stap in de goede richting, welke leidt tot verbetering van de omzetting van elektrische- in accoustische trillingen. Want aan de conservatieve methode van inbouw van de luidspreker in de toestelkast en de daaruit voortspruitende gebondenheid aan de plaats waar ook het ontvangapparaat is opgesteld kleven zeer vele fouten, waardoor de weergave kwaliteit, welke met de zelfde apparatuur mogelijk zou zijn, dikwijls tendele of geheel verloren gaat. Het belangrijkste onderdeel van de luidspreker, in verband met de kwaliteit van de geluidsproductie, is ongetwijfeld de combinatie spreekspoel-conuscentrering (fig. 28). Aangezien hiervan voor een groot deel het electro-acoustisch rendement afhangt als ook de mate waarin de acoustische output afhankelijk is van de frequentie. Ofschoon het in deze eeuw van formules en automatische rekenmachines zeer ongeloofwaardig klinkt, toch is het een feit dat de conus met zijn aanhang moeilijk en verre van nauwkeurig is te berekenen zodat het ontwikkelen van zulk een systeem dan ook in hoofdzaak op zeer vele experimenten en een zeer grote praktische ervaring neerkomt. Zo heeft men bijv. vastgesteld dat de conus met een diameter van 20 à 21 cm zich het beste leent voor een weergave met voldoende rendement over het gehele door de mens waar te nemen frequentiespectrum, bijv. van 60 Hz tot ongeveer 10 à 12000 Hz. Luidsprekers met een grotere conusdiameter zullen de lage frequenties weliswaar nog beter reproduceren, maar daarentegen worden dan de hogere frequenties sterk verwaarloosd. Omgekeerd is het met de luidsprekers waarin een kleinere conus is ingebouwd, hier zullen de hogere frequenties sterk bevoordeeld worden doch ten koste van de weergave der lage tonen.

In beide gevallen is het resultaat een slechte toonbalans dus een slechte geluidswaergave.

Wanneer we slechts van één luidspreker gebruik willen maken voor de weergave van het gehele frequentie gebied dat normaal door een goede ge-

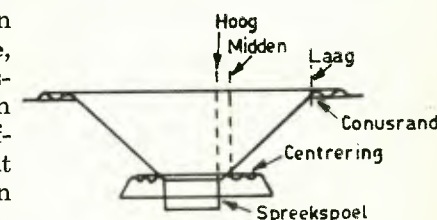


fig. 28

luidsinstallatie wordt weergegeven, zijn we dus aangewezen op een systeem met een conus diameter van ongeveer 20 à 21 cm. Een andere belangrijke factor voor het verkrijgen van een goede toonbalans en dus een goede kwaliteit van de geluidsweergave is de stijfheid van het conus ophangstelsel, dus de bewegingsvrijheid van de luidspreker conus in axiale zin. De conus is via een speciaal gevormde conusrand en een extra centrering in de buurt van het spreekspoeltje zo in de conus-drager (meestal de luidspreker „kap” genaamd) opgehangen dat hij vrij kan bewegen in de richting van zijn as, terwijl de bewegingsvrijheid loodrecht op de asrichting nihil is, zodat de spreekspoel steeds vrij van de twee poolschoenen in de luchtspleet kan bewegen. Deze bewegingsvrijheid of de stijfheid van het conus ophangstelsel, spreekt een belangrijk woordje mee, wanneer we lage frequenties willen weergeven. De toch betrekkelijk grote bewegingen van de luidsprekerconus bij de weergave van zeer lage frequenties kunnen hierdoor aanzienlijk worden geremd, wat natuurlijk het rendement in het lage frequentie gebied niet ten goede komt. Op de weergave van hoge frequenties heeft het ophangstelsel veel minder invloed, doch hier speelt het totale gewicht van de conus met spreekspoel en centrering weer een zeer belangrijke rol.

Zoals we reeds eerder hebben behandeld, beweegt de spreekspoel zich in een magnetisch veld, de luchtspleet genoemd.

Tussen de poolschoenen, dus in de eigenlijke luchtspleet, is het magnetisch veld constant doch komt men buiten de luchtspleet dan neemt de veldsterkte af, zie fig. 28a.

Het gaat er nu om dat de spreekspoel door een constant aantal krachtlijnen wordt omvat, in welke stand deze zich ook bevindt.

Bij de grote amplitude in het lage freq. gebied zal een spreekspoel welke gelijk of iets kleiner is als de lengte van de luchtspleet, in een zwakker veld komen met als nadeel vervorming en energie verlies.

Wil men dus een spreekspoel korter dan de luchtspleet toepassen dan zal de luchtspleet zeer lang moeten zijn waaraan weer hoge kosten kleven.

Maken we echter de spreekspoel langer dan de luchtspleet dan zal deze ook bij grote amplituden steeds door een constant aantal krachtlijnen omvat worden, immers beweegt zich een deel van de spoel in een zwakker veld dan zal het andere deel zich in een sterker veld bewegen zodat de som van het aantal door de spoel omvatte krachtlijnen gelijk blijft.



fig. 28a

Een lange luchtspleet met kortere spreekspoel is duurder doch het rendement en de hoge tonen weergave is iets beter, dit systeem wordt echter slechts voor grotere en kwaliteits luidsprekers toegepast.

Hoe groter het gewicht des te slechter wordt de hoge tonen weergave; ideaal zou dan ook een conus zijn, welke een ophangstelsel zonder axiale doch met grote zijdelingse stijfheid bezit en die zelf geen gewicht heeft en toch voldoende stijf is, zodat de „kegel” niet golft, wat weer vervorming met zich mede zou brengen.

Zo'n ideale conus is natuurlijk niet te maken, men kan betrekkelijk dicht bij het ideaal komen doch slechts voor het hoge of voor het lage frequentie gebied.

Voor de weergave van een bepaalde frequentie of een smal frequentiegebied is niet de gehele conus ingeschakeld doch meestal slechts een deel hiervan; iedere frequentie heeft haar bepaalde plaats van oorsprong (zie fig. 28). Een ongelijkmatige bewegingsvrijheid van de conus kan aanleiding geven tot een zeer onaangename vervorming. In het bovenstaande is opgemerkt, dat de lage tonen weergave wordt bepaald door de stijfheid van het conus ophangstelsel (fig. 29). Is deze echter onsymmetrisch, m.a.w. is de bewegingsvrijheid van de conus naar voren niet gelijk aan de bewegingsvrijheid in de andere richting, dan zal de conus door deze „voorspanning” naar één richting worden gedrukt en dus geen sinusvormige beweging meer kunnen uitvoeren, met als gevolg: acoustische vervorming van het onvervormd electrisch ingangs signaal.

Bij de moderne luidsprekers zijn zowel het stofkapje — dit is de bedekking van de spreekspoel opening in de conus — als de centrering uit stofdicht materiaal vervaardigd (fig. 30), zodat de luchtspleet beschermd is tegen het binnendringen van stof en andere onreinigheden, doch ook dit vormt een demping op, d.w.z. een belemmering van, de bewegingsvrijheid van de conus. Door een juiste keuze van de luchtdichtheid van het toegepaste materiaal voor de centrering en het stofkapje kan men een bepaalde, gewenste demping van de grote amplituden in de buurt van de resonantiefrequentie verkrijgen. Dit is gunstig met het oog op de weergavekwaliteit en de maximale belastbaarheid van de luidspreker, welke immers voor een groot deel wordt begrensd door de maximale uitslagen van de conus bij de resonantie frequentie (fig. 31). Ook de vorm van de luidsprekerconus kan ons nog iets vertellen over haar gedragingen onder verschillende omstandigheden. De ideale vorm voor

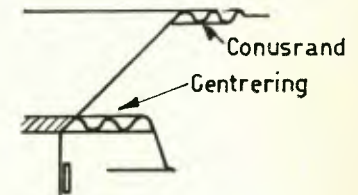


fig. 29

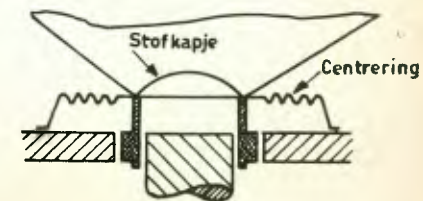


fig. 30



fig. 31

een luidsprekermembraan zou natuurlijk de geheel vlakke uitvoering zijn. Deze kan men echter niet toepassen aangezien zulk een vorm voor de als een soort zuiger werkende conus nooit gelijktijdig voldoende stijfheid bij een zeer laag gewicht zou kunnen bezitten, en dus zou fladderen. Een andere gedaante zoals bijv. de conische of exponentiële vorm bezit een grote stijfheid voor deze zuigerachtige bewegingen doch heeft weer het nadeel van een zeker richteffect voor de geluidstraling.

De exponentiële-conus heeft een iets betere spreiding en een iets betere aanpassing tussen de conus en de vrije lucht, doch daarentegen heeft de conische uitvoering bij het zelfde gewicht en de zelfde afmetingen, een veel grotere stijfheid.

Hieruit volgt dus dat de exponentiële-conus t.o.v. de conische een klein voordeel heeft in het lage-freq. gebied doch een nadeel bij de hoge-tonen weergave. Het halve bolvormige stralingsdiagram van het vlakke membraan gaat verloren en in plaats hiervan krijgt men een kromme welke scherper vorm heeft, al naar gelang, de conus een kleinere hoek heeft. De hoek van de conus varieert in de praktijk van  $90^\circ$  tot  $140^\circ$ , doch de meest voorkomende „tophoek” ligt tussen  $100^\circ$  en  $120^\circ$ , waarmee de beste resultaten werden verkregen ten aanzien van de stijfheid en het stralingsdiagram. Men heeft verder conussen in alle vormen toegepast, van ronde tot zeer smalle ovaalvormige doch de ronde vorm is en blijft de gunstigste. Aan de ovale luidsprekers worden verschillende voordelen toegeschreven, echter uit het oogpunt van vervorming en rendement is de ronde conus toch in het voordeel. Een ovale luidsprekerconus vertoont bij grote amplituden veel sneller het nadeel van „opbreken” dan de ronde conus.

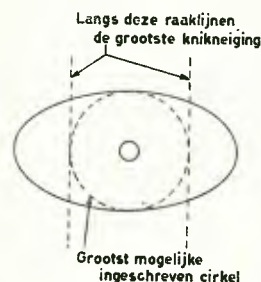


fig. 32

De ongelijke tophoek is natuurlijk niet te vermijden bij een ovale luidsprekerconus met als gevolg een ongelijke stijfheid in verticale zin.

Het „zwakste” deel van de ovale conus zal op de rand van de grootste mogelijke ingeschreven cirkel liggen. Fig. 32.

De ovale conus zal dan ook proberen als een ronde conus te bewegen met als gevolg dat de ovale conus zal knikken op het zwakste punt, nml. op de raaklijnen van de grootste ingeschreven cirkel.

Dit verschijnsel dat met grote acoustische vervorming gepaard gaat noemt men „opbreken”.

Ook ronde en zeer vlakke conussen hebben wel deze neiging doch niet zo erg als ovale conussen, die men met de beste reclame niet kan goed praten. Voor kleine luidsprekerconussen wordt de top-

hoek meestal groter gekozen dan voor de grotere, wat hier ook mogelijk is door de veel kleinere belasting en de kleinere amplituden in het lage frequentie gebied. Voor zeer grote luidsprekers neemt men echter de tophoek van de conus in de buurt van de  $90^\circ$  om de kans op „opbreken” zo klein mogelijk te houden.

Een extra waarschuwing is nodig tegen het teveel vertrouwen stellen in de mooi verloopende frequentie-karakteristieken welke men in prijslijsten en ander reclame materiaal voor luidsprekers kan vinden, aangezien het „lezen” van dergelijke krommen niet zo eenvoudig is als het lijkt. De leek krijgt meestal een misleidende indruk van de werkelijke karakteristiek van de betrokken luidspreker.

Ook al gaan we van de veronderstelling uit, dat de kromme niet uit reclame oogpunt „gemodelleerd” is, dan kan toch niet zonder degelijke bestudering van deze grafiek worden bepaald, of de luidspreker een gunstig of ongunstig verloopende frequentie karakteristiek heeft. Wanneer men nl. dezelfde luidspreker onder dezelfde meetcondities, echter met verschillende soorten van registrerings-apparaten heeft gemeten, dan zullen de krommen er toch geheel anders uitzien. Uit de ene zou men concluderen dat het een „slechte” luidspreker is, terwijl de andere kromme de indruk van een goede luidspreker geeft en toch zijn het de frequentie karakteristieken van één en dezelfde luidspreker! Wanneer we even punt voor punt de verschillende variatie mogelijkheden gaan bekijken, dan is er om te beginnen het papier van de niveau-schrijver met de horizontale verdeling (de frequentie-schaal) en de verticale verdeling hiervan (de acoustische output-schaal, meestal in dB aangegeven). Dit papier is natuurlijk aangepast aan de niveau-schrijver zelf en behoort hier dus bij. De verschillen, welke hierdoor in het ogenschijnlijke verloop van de frequentie karakteristiek kunnen ontstaan, ziet men in het uit de praktijk genomen voorbeeld van fig. 33.

Verder zegt ons de schaal voor de acoustische output niet veel, want deze geeft alleen de freq. afhankelijkheid van de output aan t.o.v. een bepaalde andere frequentie, bijv. 400 Hz of 1000 Hz. Immers er is niet aangegeven, wat men als 0 dB heeft aangenomen; meestal neemt men de minimale voor de mens waarneembare geluidsdruk als 0 dB aan, maar men heeft hieromtrent geen zekerheid, wanneer het niet is opgegeven.

Ook is meestal niet aangegeven, onder welke omstandigheden de luidspreker is gemeten, m.a.w. in een normale salon of andere woonruimte, in het

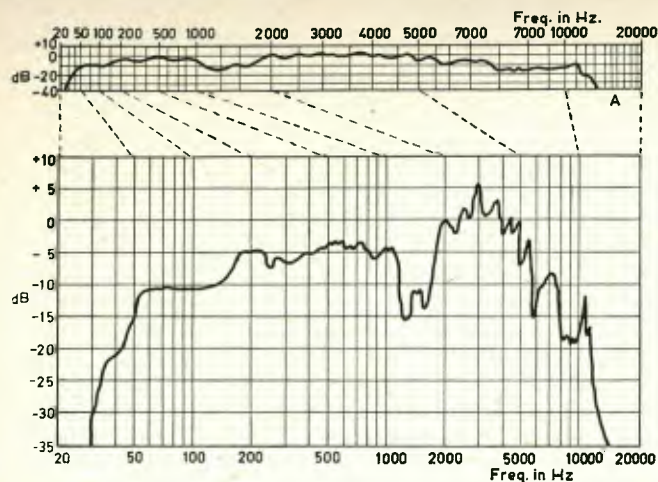


fig. 33

vrije veld, of in een acoustisch „dode” meetruimte. Ook dit is een zeer belangrijke factor, welke men kennen moet om de frequentie karakteristiek naar waarde te kunnen beoordelen. Verder is er nog de vraag open of deze luidspreker op een baffle of in een kast of soms in een basreflexkast of acoustisch labyrint is gemeten en hoe groot de afmetingen resp. het volume hiervan waren.

Dan is er nog het feit, dat verschillende hoorbare soorten luidsprekerdistorsie niet blijken uit de frequentie karakteristiek, zoals intermodulatie, enz. Nu hebben we nog niet gesproken over de input, dus het elektrische signaal. Was deze groot of klein, frequentie-onafhankelijk of niet en zo zijn er nog verschillende andere factoren op te noemen welke men alle moet kennen om de werkelijke frequentie karakteristiek van de luidspreker te kunnen bepalen.

Het is dan ook aan te raden een luidspreker van een goed fabrikaat te kopen, dus van een fabriek welke haar sporen op dit gebied heeft verdient. Ter completering zijn aan het slot van dit hoofdstuk de gegevens van een aantal goede luidsprekers opgenomen. Natuurlijk zijn er nog meer zeer goede fabrikaten op de markt, doch deze zijn echter in Nederland minder bekend. Bij het kopen van een luidspreker is het verder van belang om deze te laten demonstreren op een baffle van voldoende afmetingen en achter een goede versterker of radio ontvanger. Hiermee kan de radio-handelaar nog een goede service geven waarvoor de klant hem zeer dankbaar zal zijn.

Voor men tot de koop van een luidspreker over-

gaat, moet men eerst terdege overleggen, waarvoor de luidspreker eigenlijk moet dienen en welke eisen men stelt, bijvoorbeeld:

- Welk frequentiespectrum zal de luidspreker-combinatie moeten weergeven?
- Waarop of waarin zal de luidspreker worden gemonteerd?
- Voor welk vermogen dient de luidspreker geschikt te zijn en voor welke aanpassings impedantie?

Twee antwoorden als voorbeeld op de bovenstaande vragen:

- Een weer te geven frequentie gebied van 60 Hz tot 12000 Hz.
- een baffle met  $d = 300$  cm.
- 5 watt elektrische input, wat bij een luidspreker met een rendement van 5 % overeen komt met 0,25 W acoustisch (voor kamersterkte is ongeveer 50 à 60 mW nodig), bij een impedantie van 7 ohm.

Of in een ander geval:

- Een frequentie band van 40 Hz tot 400 Hz.
- Ingebouwd in een basreflectie kast.
- 15 W elektrisch, impedantie 7 ohm.

In het eerste geval kiest men dus een luidspreker met een goede toonbalans, dus met een conusdiameter van ongeveer 200 mm; in het tweede geval, waar alleen lage frequenties moeten worden weergegeven, kiest men natuurlijk een veel grotere conusdiameter, bijv. 260 mm tot 300 mm of nog groter.

Bij de aankoop van een luidspreker moet men goed opletten:

- 1) Dat men bij een vakman, dus een vertrouwde handelaar koopt.
- 2) Het een bekend fabrikaat is.
- 3) De luidspreker laten demonstreren.
- 4) Slechts moderne typen kopen.
- 5) Dat de luidspreker geen beschadigingen bezit, van welke aard dan ook.
- 6) Dat de luidspreker roest-, stof- en vochtvrij is.
- 7) Of de luidspreker voldoende is beveiligd tegen het binnendringen van stof door de aanwezigheid van een stofkapje, stofcentrering en eventueel nog een stofhoes.
- 8) Op de montage mogelijkheden van de luidspreker op een baffle of in de kast.

| Type                 | Vermogen<br>W | Klankb.-<br>opening<br>mm | Inbouw-<br>diepte<br>mm | Magn.<br>krachtstr.<br>Maxwell<br>M | Spreeksp.<br>imp. 1000 Hz<br>Ω | Res. freq.<br>Hz |
|----------------------|---------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|------------------|
| <b>WHARFEDALE</b>    |               |                           |                         |                                     |                                |                  |
| 8" Bronze .....      | 5             | 178                       | 92                      | 39.500                              | 2—3                            | 75               |
| Super 8/CS .....     | 4             | 178                       | 100                     | 54.000                              | 2—3                            | 60               |
| 10" Bronze .....     | 6             | 205                       | 108                     | 39.500                              | 2—3                            | 70               |
| Golden .....         | 8             | 205                       | 120                     | 54.000                              | 2—3                            | 65               |
| Golden/CSB .....     | 5             | 205                       | 120                     | 54.000                              | 2—3                            | 55               |
| W10/CS .....         | 6             | 205                       | 145                     | 74.000                              | 2—3                            | 50               |
| W12/CS .....         | 10            | 276                       | 160                     | 145.000                             | 15                             | 40               |
| Su12/CS/AL .....     | 12            | 276                       | 172                     | 190.000                             | 8—10                           | 35               |
| W15/CS .....         | 15            | 306                       | 182                     | 180.000                             | 6—8                            | 30               |
| <b>PHILIPS</b>       |               |                           |                         |                                     |                                |                  |
| 9742 .....           | 3             | 113                       | 58                      | 16.000                              | 5                              | 130              |
| 9744 .....           | 3             | 150                       | 68                      | 16.000                              | 5                              | 85               |
| 9746 .....           | 6             | 182                       | 78                      | 16.000                              | 5                              | 85               |
| 9748/05 .....        | 6             | 195                       | 105                     | 45.000                              | 5                              | 60               |
| 9750/05 .....        | 6             | 195                       | 121                     | 60.600                              | 5                              | 60               |
| 9752/05 .....        | 10            | 195                       | 105                     | 63.000                              | 7                              | 60               |
| 9758/05 .....        | 10            | 238                       | 125                     | 103.800                             | 7                              | 50               |
| 9710 .....           | 10            | 189                       | 114                     | 97.000                              | 7                              | 45               |
| <b>PEERLESS</b>      |               |                           |                         |                                     |                                |                  |
| Micro .....          | 3             | 76                        | 50                      | 13.600                              | 3.2                            | 250              |
| Gnomette .....       | 3             | 106                       | 54                      | 13.600                              | 3.2                            | 125              |
| Bantamette .....     | 3             | 142                       | 55                      | 13.600                              | 3.2                            | 110              |
| Gnome .....          | 5             | 106                       | 65                      | 19.600                              | 3.2                            | 120              |
| Bantam .....         | 5             | 142                       | 75                      | 19.600                              | 3.2                            | 90               |
| Scout .....          | 5             | 165                       | 78                      | 19.600                              | 3.2                            | 90               |
| Rover .....          | 5             | 182                       | 78                      | 19.600                              | 3.2                            | 80               |
| Orchestra .....      | 8             | 182                       | 90                      | 34.000                              | 3.2                            | 65               |
| Concert .....        | 10            | 220                       | 110                     | 34.000                              | 3.2                            | 60               |
| Bantam HF .....      | 5             | 142                       | 85                      | 31.000                              | 5                              | 70               |
| Orchestra FM .....   | 8             | 182                       | 110                     | 53.900                              | 5                              | 60               |
| Concert FM .....     | 10            | 220                       | 135                     | 53.900                              | 5                              | 65               |
| Concert Master ..... | 12            | 274                       | 120                     | 53.900                              | 3.2                            | 60               |
| Auditorium .....     | 15            | 274                       | 150                     | 146.000                             | 8                              | 45               |
| Cinema .....         | 25            | 330                       | 190                     | 239.400                             | 12                             | 90               |

## De vlakke-baffle

De acoustische-output in het lage frequentie-gebied hangt behalve van de luidspreker zelf, ook voor een groot deel af van de afmetingen van het klankscherm, dat meestal naar het Engels de baffle wordt genoemd, waarop of waarin de luidspreker is aangebracht, namelijk de luidspreker werkt over een bepaald frequentie-gebied als een dubbele acoustische straler waarvan één straler door de voorzijde en één straler door de achterzijde van de luidsprekerconus wordt gevormd. Deze beide acoustische-stralers zijn natuurlijk in tegenfase. Immers wanneer de luidsprekerconus een voorwaartse beweging maakt, krijgt men direct aangrenzend aan de voorzijde van de luidsprekerconus een luchtverdikking, terwijl dan aan de achterzijde een luchtverdunning ontstaat, fig. 34.

Deze werking van de luidspreker als dubbele straler, of *acoustische doublet*, blijft slechts over een bepaald frequentie gebied bestaan, namelijk tot de overgangs-frequentie, daarboven werkt de luidspreker als een enkelvoudige straler, of *acoustisch singlet*. Ook deze werking van de luidspreker is niet eeuwig-durend en blijft slechts bestaan zolang alle delen van de luidsprekerconus in fase trillen, wat tot ongeveer 800—900 Hz opgaat.

De acoustische-output van het ac. singlet is onafhankelijk van de frequentie in tegenstelling tot de acoustische-output van het ac. doublet, welke omgekeerd evenredig is met het kwadraat van de frequentie, m.a.w. de acoustische output (Wac) valt met 6 dB per octaaf af, zolang de luidspreker zich als een ac. doublet gedraagt. Beneden de eigenresonantie van de luidspreker valt de acoustische output zonder meer al met 12 dB per octaaf af en hierbij gevoegd de 6 dB afval, veroorzaakt door de doublet-werking van de luidspreker, geeft als eindresultaat, dat beneden de eigenresonantie van de luidspreker de acoustische-output met 18 dB per octaaf afvalt.

Physisch gezien is het essentiële verschil tussen de werking als ac. singlet en die als ac. doublet, dat de acoustische stralings-weerstand van het ac. singlet evenredig is met het kwadraat en de stralings-weerstand van het ac. doublet met de vierde macht van de frequentie.

De acoustische-output van de luidspreker is afhankelijk van de volume-stroom van de luidspreker (U) en de acoustische stralings-weerstand (Rac), namelijk gelijk aan het product van de volume-stroom in het kwadraat en de acoustische stralings-weerstand, dus:

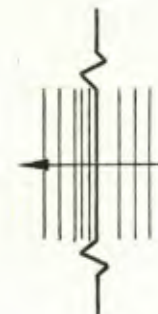


fig. 34

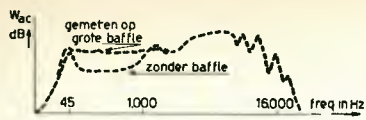


fig. 35

Nu is  $U^2$  voor frequenties hoger dan de eigenresonantie van de luidspreker omgekeerd evenredig, voor het gebied beneden de eigenresonantie recht evenredig met de frequentie in het kwadraat, de ac. output schematisch gezien geeft ons de kromme van fig. 35.

Dit alles gaat slechts op zolang de resonantiefrequentie van de luidspreker beneden de overgangsfrequentie van de combinatie luidspreker-baffle valt, de maximale acoustische-output wordt eerst dan verkregen, wanneer de resonantie-frequentie van de luidspreker zeer laag ligt en de overgangsfrequentie van de baffle-luidspreker combinatie hieraan gelijk is of een paar Hz daarboven is gelegd. De luidspreker blijft dan praktisch tot aan zijn eigenresonantie (welke door haar montage op de baffle iets hoger is komen te liggen) als een acoustisch-singlet werken met het voordeel dat de acoustische-output onafhankelijk van de frequentie blijft tot aan eigenresonantie en daaronder snel — met 18 dB per octaaf — afvalt, hetgeen zeer gunstig is daar de kwaliteit van het weergegeven geluid beneden de eigenresonantie van de luidspreker verre van ideaal is en dus beter kan vervallen (zie fig. 36).

We hebben in het voorgaande gezegd, de overgangsfrequentie iets boven de eigenresonantie van de luidspreker te leggen. Men zal nu vragen, hoe we dit nu kunnen bereiken. Dit is betrekkelijk gemakkelijk, daar de overgangsfrequentie afhankelijk is van de afmetingen van de baffle, nml. van de kortste weg van de voorkant naar de achterzijde van de luidsprekerconus en de overgangsfrequentie van een baffle-luidspreker combinatie laat zich dan ook eenvoudig m.b.v. onderstaande vergelijking berekenen:

$$f_o = \frac{34400}{2d}$$

waarin:

$d$  = de kortste weg van de voorzijde van de luidsprekerconus naar de achterzijde of, in andere woorden,  $2d$  = de golflengte van de overgangsfrequentie, in cm's.

$f_o$  = de overgangsfrequentie in Hz.

34400 = de geluidssnelheid in lucht in cm/sec.

**Voorbeeld:** We beschikken over een luidspreker met een eigenresonantie van bijvoorbeeld 60 Hz en we willen hiervoor een baffle berekenen, zodat we het maximale rendement in het lage frequentie gebied verkrijgen. Uit het voorgaande weten we, dat om dit te bereiken de overgangsfrequentie ook

ongeveer bij 60 Hz gekozen moet worden, we krijgen dus:

$$f_o = \frac{34400}{2d} = 60$$

$$2d = \frac{34400}{60} = 574 \quad d = \frac{574}{2} = 287 \text{ cm.}$$

De kortste weg van de voorzijde van de luidsprekerconus naar de achterzijde moet dan minstens 287 cm bedragen, d.w.z. de kleinste afstand van de conus tot de rand van de baffle moet minstens  $\frac{1}{2} d$  bedragen, dus in dit geval 143 cm (fig. 37).

Monteert men nu de luidspreker in het midden van de niet oneindig grote baffle, dan zullen alle wegen van voor- naar de achterzijde van de luidsprekerconus gelijk zijn, wat een onaangenaam gevolg heeft, nl. dat voor een bepaalde frequentie of een smal freq. gebied een sterke verzwakking zal optreden. Neemt men nu frequentie karakteristieken op van een luidspreker gemonteerd in het hart en onsymmetrisch (dus uit het midden) van twee baffles met dezelfde afmetingen (zie fig. 38 resp. 1 en 2), dan zal in kromme 1, dus die waarbij de luidspreker in het hart van de baffle is geplaatst, een scherpe „dip” zijn waar te nemen, terwijl in de kromme 2, de luidspreker uit het hart gemonteerd) deze dip uitgesmeerd is over het frequentie gebied in de buurt van de plaats waar in kromme 1 de dip optreedt. Dit golvend karakter is echter niet hinderlijk in tegenstelling tot de scherpe dip van de eerste kromme (fig. 38). Natuurlijk wordt de kortste weg van voor- naar achterzijde van de luidsprekerconus kleiner, wanneer men de luidspreker in een baffle van dezelfde afmetingen als in geval 1 uit het hart plaatst, doch door de baffle afmetingen nu iets groter te kiezen kan men dit weer eenvoudig verhelpen.

De beste vlakke en niet oneindig grote baffle zonder al deze nadelen moet natuurlijk een volkomen onregelmatige vorm hebben. De „ideale” vorm in deze klasse is afgebeeld in fig. 39. Het berekenen van deze hartvormige baffle gaat weer precies zoals voor de reeds hierboven besproken baffles, de overgangsfrequentie is dan ook hier weer bepaald door de kortste weg van voorzijde naar achterzijde van de luidsprekerconus, in dit geval wordt  $d$  dan gelijk aan 2 maal  $7a$  in fig. 39. De baffle wordt dan echter zeer groot en men kan dan ook rustig  $d$  gelijk aan  $10a$  nemen waarbij dan ook nog een goede weergave wordt verkregen, welke altijd nog aanmerkelijk beter is dan de geluidswaergave met de vierkante baffle.

Door middel van de grafiek van fig. 40 is het mogelijk om snel de vereiste minimum afstand van



fig. 37

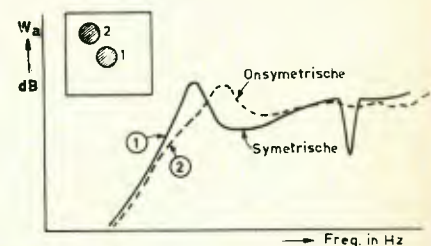


fig. 38

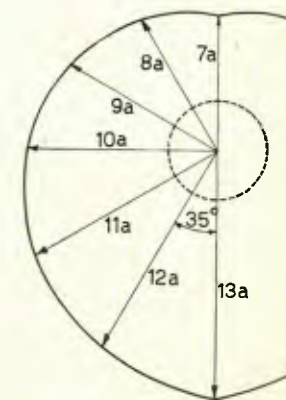


fig. 39

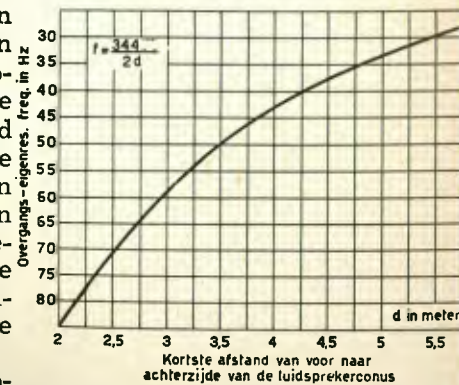


fig. 40

voor- naar achterzijde van de luidsprekerconus voor een gewenste overgangsfrequentie te bepalen zonder te rekenen. Verticaal is de frequentie uitgezet en horizontaal d in cm.

Aan welke constructieve eisen moet een goede vlakke baffle nu voldoen en waarop moet men bij de montage van de luidspreker in het bijzonder goed letten? De vlakke baffle moet natuurlijk ook werkelijk „vlak” zijn, aangezien men anders moeilijkheden bij het aanbrengen van de luidspreker kan verwachten. Bij een vlak klankscherm zijn de mogelijkheden van de baffle resonanties groot, aangezien het nu eenmaal weinig stijfheid bezit en het vlak veel groter is als bij een gevouwen baffle van de zelfde afmetingen. Men dient hiermede bij de keuze van het materiaal dan ook rekening te houden. In hoofdzaak komt voor de vlakke baffle hout in aanmerking.

Hout heeft nml. het voordeel dat het betrekkelijk resonantie vrij is en zich gemakkelijk laat verwerken, terwijl ook de kosten niet zo hoog zijn. Hout heeft echter een groot nadeel: het trekt gauw krom en dat willen we niet hebben, dus hiertegen moet iets worden ondernomen. Wanneer we er rekening mee houden, dat we voor een baffle met maximale afmetingen van 100 x 100 cm minstens een houtdikte van 16 à 20 mm nodig hebben en voor maximale afmetingen van 200 x 200 cm minstens een houtdikte van 20 à 30 mm, dan behoeven we voor baffle-resonanties niet meer te vrezen. Het verdient aanbeveling Multiplex te gebruiken overal waar dit maar mogelijk is, aangezien dit materiaal voor ons doel de beste resultaten oplevert. Toepassing van het zg. meubelplaat (twee dunne lagen hout met daartussen houtlatten) is niet aan te raden wegens de geringere stijfheid van dit materiaal en omdat het dikwijls voorkomt, dat het geheel niet goed is gelijmd, met alle soorten resonanties als gevolg. Verder laten de zijkanten van dit materiaal zich zeer slecht bewerken, zij geven dan een onverzorgd uiterlijk.

Om de baffle te beschermen tegen kromtrekken, veroorzaakt door het binnendringen van vocht, verdient het aanbeveling klankscherm of kast na het zagen in de gewenste vorm, goed glad te schuren, eerst met grof en daarna met fijn schuurpapier en vervolgens het geheel met een vochtwerende vernis of lak te bestrijken. Wordt dit zorgvuldig gedaan, dan behoeft men voor het kromtrekken van de baffle geen angst meer te hebben. Desnoods kan men door het aanbrengen van verstijvingslatten het geheel nog extra verstevigen; in het algemeen is dit niet nodig. Het hangt van verschillende factoren af op welke

manier de luidspreker het beste op de baffle kan worden gemonteerd en wel in hoofdzaak van de constructie van de conusdrager, meestal kortweg luidspreker-kap genaamd. Hiervan komen drie verschillende soorten voor, nl. bij vele luidsprekers is de conus in de kap gelijmd, bij andere door middel van een zg. fels-rand aan de kap bevestigd en bij enkele typen heeft men zelfs de kap zelf omgekraald. Voor al deze verschillende uitvoeringen van de conusdrager zijn speciale bevestigingsmethoden bedacht, welke de beste resultaten geven.

Voor de luidspreker met aan de kap gelijmde conus is de montage al heel eenvoudig, zie fig. 41. De luidsprekeropening wordt hier even groot gemaakt als de binnen diameter van de vilt-, sponsrubber- of kartonnen rand, waarna de luidspreker precies voor deze opening wordt aangebracht en vervolgens stevig tegen de baffle geschroefd, zodat klappen niet mogelijk is en een luchtdichte verbinding tussen baffle en luidspreker ontstaat.

Heeft men echter een luidspreker met felsrand, dus een type waarbij de conus door middel van een gefelsde ring in de luidsprekerkap is bevestigd, dan moet men de baffle-opening iets groter nemen dan bij de uitvoering met viltrand en wel gelijk aan de buiten-diameter van de in de felsrand aangebrachte ril (fig. 42). Ook hiermee wordt de luidspreker weer stevig aan de baffle geschroefd om een luchtdichte en rammelvrije verbinding tussen baffle en luidspreker te verkrijgen.

De meeste moeilijkheden bezorgt ons de luidspreker met de zg. omgekraalde rand, zie fig. 43. Hier wordt de baffle opening gelijk aan de binnen diameter van de kraal-rand gemaakt en later wordt dan nog een hoek met een diameter gelijk aan de buitendiameter van de kraalrand en met een diepte gelijk aan de hoogte van de kraalrand weggenomen. Wordt deze opening in de luidsprekerbaffle met een behoorlijke nauwkeurigheid gemaakt, dan verkrijgt men ook hier een goede rammelvrije en luchtdichte verbinding tussen de luidspreker en de baffle.

Bij de eerste twee soorten kan men de luidspreker met houtschroeven op de baffle vastzetten. De boutjes of houtschroeven, welke door de hiervoor in de kap aangebrachte gaten worden gestoken, komen dan betrekkelijk dicht aan de rand van de luidsprekeropening en een veel mooiere bevestigingsmethode is het toepassen van de zg. luidsprekerbevestigings „kikkers” (fig. 44). Op deze manier komen de gaten verder van de rand van de luidsprekeropening wat dus gunstig is en men kan dikkere bouten of schroeven toepassen wat

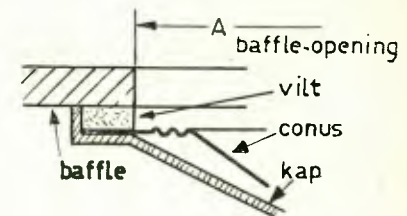


fig. 41

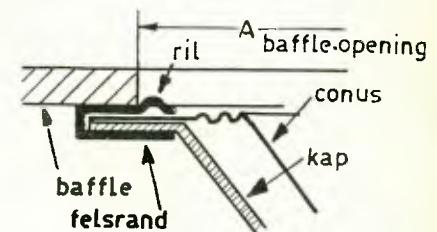


fig. 42

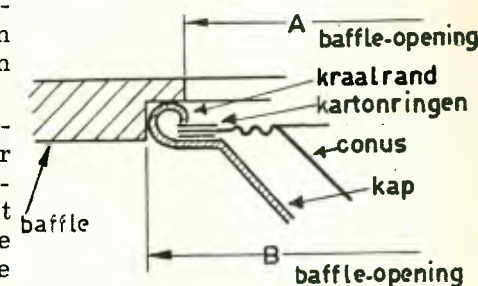


fig. 43

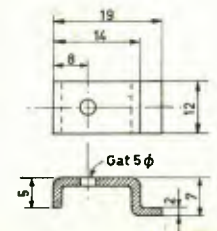


fig. 44

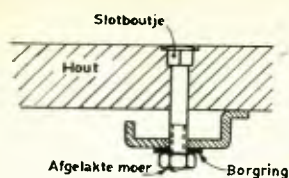


fig. 45

weer een betere bevestiging van de luidspreker mogelijk maakt. Verder heeft deze bevestiging met luidspreker-kikkers nog het voordeel dat het uitwisselen van een luidspreker zonder beschadigingen van baffle of luidspreker snel en eenvoudig kan geschieden.

Bij de toepassing van zg. slotbouten is het mogelijk een geheel gladde voorzijde te houden en toch een zeer stabiele bevestiging te verkrijgen. Het dol-draaien is hier onmogelijk daar de bout, welke vlak bij de kop vierkant is, zich in het hout vast trekt en dus niet meer kan meedraaien (fig. 45). Het verdient echter aanbeveling om na goed vast draaien de moer af te lakken om lostrillen te voorkomen. Voor het geval dat de montage van de luidspreker op de baffle slechts tijdelijk is, wordt een klemring tussen luidspreker-kikker en moer gelegd, zodat ook dan de moer niet meer kan lostrillen, echter met een sleutel toch weer makkelijk is los te draaien.

Ofschoon de luidsprekers tegenwoordig door het toepassen van een stofbeveiliging in de conus en een stofdichte centrering buiten de conus tegen het binnendringen van metaaldeeltjes zijn beveiligd, verdient het toch aanbeveling ter bescherming van de zeer gemakkelijk te beschadigen conus een zg. stofhoes om de gehele luidspreker aan te brengen. Deze conus beschermingshoes moet natuurlijk van een niet te dicht weefsel zijn vervaardigd en strak om de luidspreker worden aangebracht zodat hij niet met de conus in aanraking kan komen, wat weer gerammel tot gevolg heeft.

Met het sierdoekje wordt het ter verfraaiing aangebrachte stukje stof voor de luidspreker-opening bedoeld.

Dit sierdoekje is alleen een verfraaiing en geen bescherming van de conus of verbetering van het geluid, de stofhoes mag bij toepassing van een sierdoekje dan ook niet vervallen.

Voordelen geeft het sierdoekje dus niet, daarentegen kan het wel nadelen hebben, nml. bij lage-frequenties gaan klapperen als het niet zeer strak is gespannen, verder veroorzaakt het hogetonen-verlies en bij zeer vast geweven stoffen treedt zelfs verlies aan output op over het gehele freq. bereik. Inplaats van een sierdoekje kan ook geperforeerd metaalplaat worden genomen of eventueel metaalgaas, doch deze materialen resoneren zeer snel.

Zowel voor een weefsel als voor geperforeerd plaat moet men minstens één-derde open (twee-derde vaste stof) materiaal nemen om te grote verliezen te voorkomen.

Ook is het mogelijk door een juiste materiaal keuze voor de hoes een bepaalde demping op de

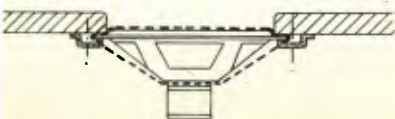


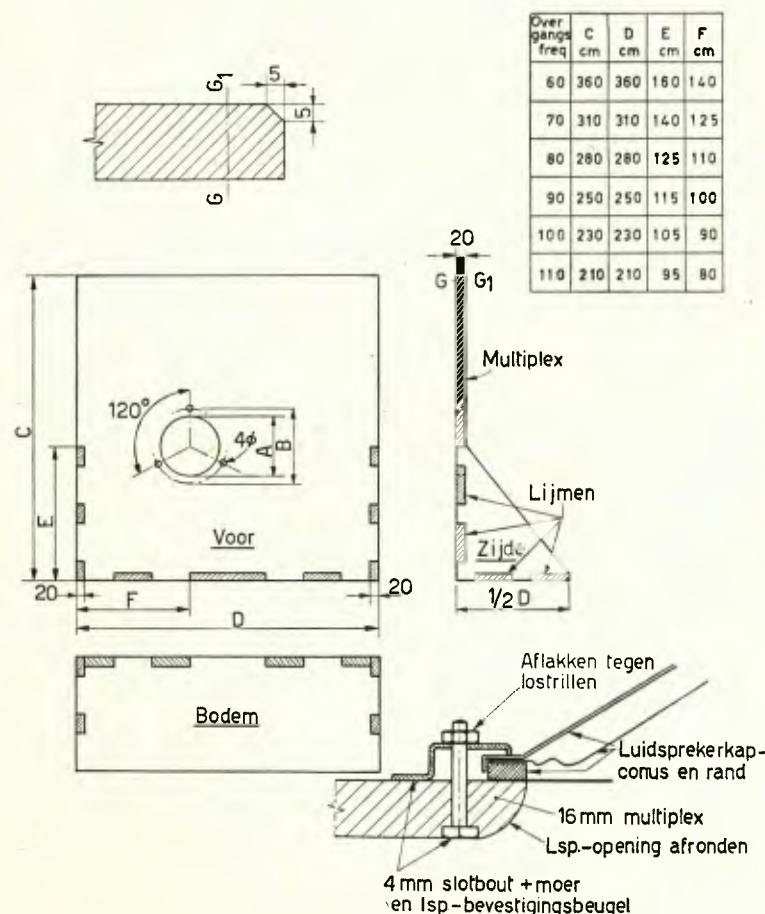
fig. 46

grote amplituden te verkrijgen bij de eigenresonantie van de luidspreker wat natuurlijk zeer gunstig is met het oog op weergavekwaliteit en maximale belastbaarheid van de luidspreker.

De zo ingepakte luidspreker wordt dan in haar geheel op de baffle aangebracht, zoals in het voorgaande reeds uitvoerig besproken is, fig. 46.

## BOUWTEKENING 1:

### STAANDE Baffle

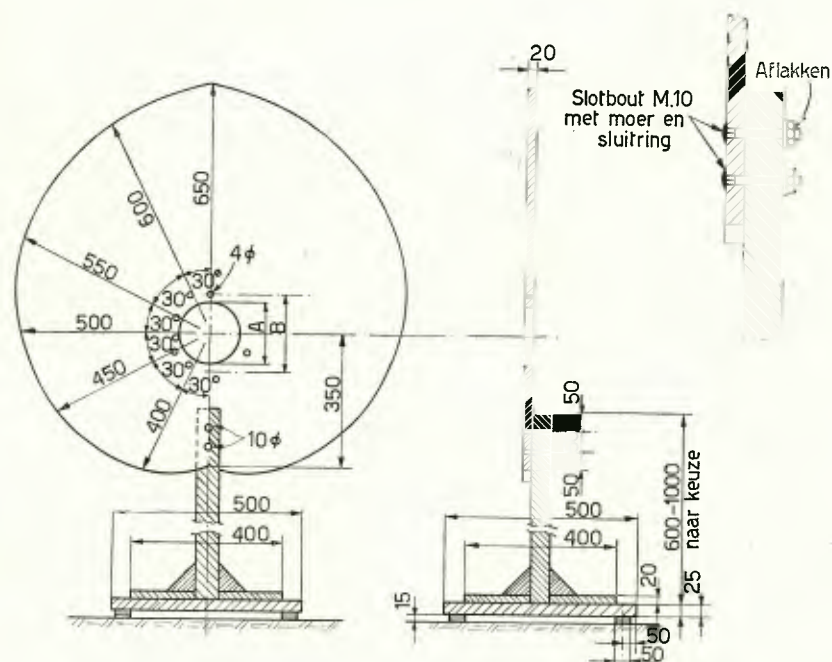


Materiaal: Multiplex 20 mm.

A en B wordt bepaald door toegepaste luidspreker.

## BOUWTEKENING 2:

### HARTVORMIGE BAFFLE

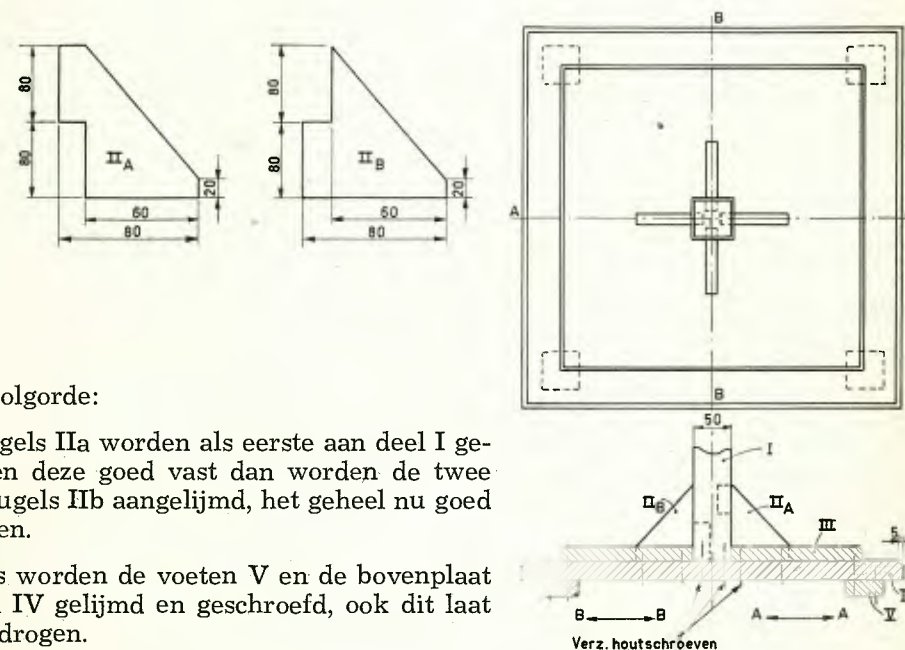


Materiaal: Multiplex 20 mm.

A en B wordt bepaald door toegepaste luidspreker.

## BOUWTEKENING 3:

### STATIEF



Montage volgorde:

Beide vleugels IIa worden als eerste aan deel I gelijmd, zitten deze goed vast dan worden de twee andere vleugels IIB aangelijmd, het geheel nu goed laten drogen.

Vervolgens worden de voeten V en de bovenplaat III op deel IV gelijmd en geschroefd, ook dit laat men goed drogen.

Deze twee delen worden nu in elkaar gezet met lijm en houtschroeven en moeten voor de baffle worden aangebracht, minstens 48 uur drogen.

Het geheel kan nu worden gebeitst of gelakt.

# Vlakke oneindig grote Baffle.

De oneindig grote baffle is eigenlijk een klankscherm waarbij het de voorzijde van de luidspreker absoluut onmogelijk is de achterzijde van deze luidspreker te „zien”, zodat de overgangsfrequentie dus gelijk aan nul wordt. Zulk een baffle heeft natuurlijk grote invloed op de frequentie karakteristiek van de er op gemonteerde luidspreker. Immers, de daling van de acoustische-output met 6 dB per octaaf beneden de overgangsfrequentie treedt nu niet meer op en ook valt de acoustische-output beneden de eigenresonantie van de luidspreker nu niet meer met 18 dB per octaaf af, maar slechts met 12 dB per octaaf.

Practisch is zulk een baffle uit ruimte- en kostprijs overwegingen echter niet te vervaardigen. Men kan echter een oneindig grote baffle verkrijgen door de luidspreker in een van de kamerwanden te monteren (fig. 47), waarbij men dan nog een zeer grote stijfheid op de koop toe krijgt, wat uit het oogpunt van baffle resonanties natuurlijk zeer gunstig is. De montage van de luidspreker in de bovenhoek, dus in de buurt van het plafond, is wel de gunstigste plaats, aangezien hier van drie zijden het geluid in de kamer wordt terug gestraald.

Ook is het mogelijk de luidspreker in een tussenmuur aan te brengen zodat de voorzijde in één kamer straalt en de achterzijde van de luidspreker in een andere kamer kan stralen. Op deze manier verkrijgt men dus in twee ruimten een goede weergavekwaliteit en men heeft slechts één luidspreker nodig (fig. 48). Beide methoden hebben echter het nadeel, dat men gaten in de wand moet hakken, maar dit is nu ook weer niet zulk een groot probleem, daar men deze gaten later weer eenvoudig dicht kan metselen.

Toch kan men zonder gaten in de muur te hakken ook wel een praktisch oneindig grote baffle verkrijgen, welke — al heeft deze methode dan ook het nadeel van een veel kleinere stijfheid voor baffle-resonanties — eveneens zeer goede resultaten kan geven. Ook hier worden de wanden bij de klankscherm-werking ingeschakeld, deze wanden vormen namelijk de verlengstukken van een houten baffle, waarop de luidspreker is aangebracht (fig. 49). Men moet er natuurlijk voor zorgen, dat de verbinding tussen de houten baffle en de als verlengstukken hiervan werkende wanden, één geheel vormen, m.a.w. er moet een volkomen luchtdichte aansluiting bestaan. Is dit niet het ge-

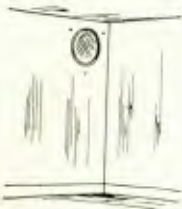


fig. 47

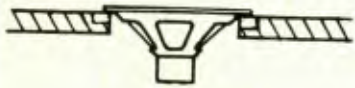


fig. 48

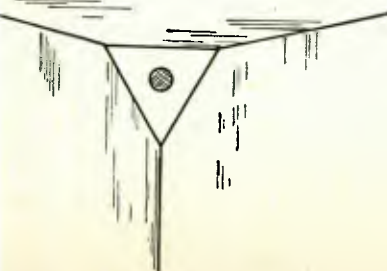


fig. 49

val, dan heeft men geen oneindig grote baffle, de methode heeft dan geen zin en de constructie is dus volkomen waardeloos.

Aan dit soort oneindig grote baffle, dat slechts in een hoek van de kamer kan worden gemonteerd, is echter een „maar” verbonden, n.l. de ingesloten ruimte tussen de baffle en de drie muren mag niet te klein worden, aangezien anders op de bewegingen van de luidsprekerconus te grote damping wordt uitgeoefend. Monteert men de luidspreker in een tussenmuur, dan is de ruimte achter de luidspreker groot genoeg, immers dient dan als zodanig de gehele kamer aan de andere kant van de tussenmuur en voor een grote damping van de conus bewegingen behoeft men dan ook geen angst te hebben. Bij de montage van een luidspreker op de kleine driehoek-baffle is deze damping niet te verwaarlozen en deze baffle is dan ook slechts geschikt voor luidsprekers met kleine diameter zoals de 100 mm; 130 mm en de 150 mm typen.

Een andere oneindig grote baffle, welke op hetzelfde principe berust, echter met een veel groter ingesloten volume, geeft ons de uitvoering volgens fig. 50. Hier wordt de gehele lengte van plafond tot de vloer benut en een veel groter lucht-volume wordt nu door de baffle ingesloten. Deze is dan ook voor grotere luidsprekers te gebruiken, zoals de typen met een diameter van ongeveer 210 mm. Zoals reeds eerder opgemerkt, moet men voor het verkrijgen van een oneindig klankscherm er voor zorgen, dat de afsluiting tussen de muur en de baffle volkomen luchtdicht wordt gemaakt. Dit kan men bereiken door de rand van de baffle af te schuiven en de verbinding met de muur met vilt, rubber of zelfs vloeibaar hout of gips goed af te dichten. Deze verbinding mag echter niet te elastisch worden en de vilt- of rubberrand moet dan ook door het vastschroeven van de baffle stevig tegen de muur worden samengeperst, zodat een luchtdichte, niet-elastische verbinding ontstaat (fig. 51).

Om baffle resonanties te voorkomen is het gewenst het materiaal voor de baffle niet te dun te nemen. Het beste is ook hier weer multiplex van ongeveer 20 à 25 mm dik. Past men de normale voorzorgen tegen kromtrekken toe, dan kan deze methode tot uitstekende resultaten leiden.

De luidspreker wordt in beide gevallen weer met luidspreker-kijkers op de baffle bevestigd en de toevoerdraden worden onzichtbaar in een der hoeken uitgevoerd. Ook deze opening moet weer goed afgedicht worden om een lek tussen voor- en achterzijde van de baffle te voorkomen (fig. 52).

Heeft men toevallig een hoekkast ter beschikking

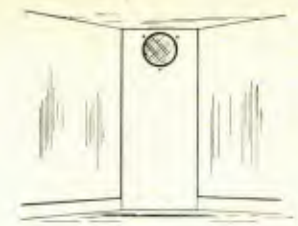


fig. 50

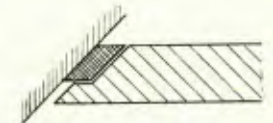


fig. 51

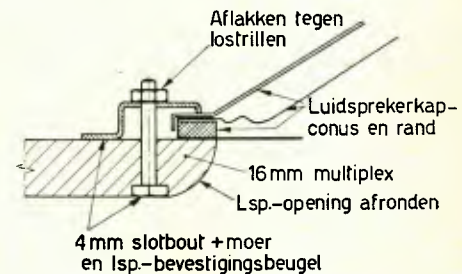


fig. 52

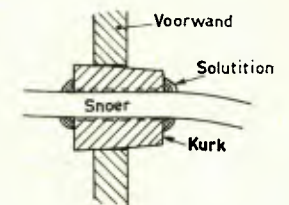


fig. 52a

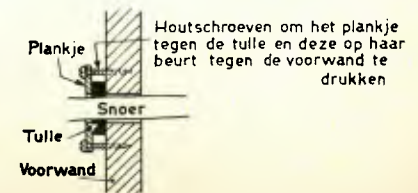


fig. 52b

welke niet in gebruik is, dan is die eenvoudig voor ons doel in te richten. Men kan een gat ter grote van de luidsprekeropening in de kastdeur maken, of in het geval, dat men deze deur niet wil beschadigen deze geheel verwijderen en hiervoor in de plaats een precies passende baffle aanbrengen waarop de luidspreker nu wordt gemonteerd. De kieren moeten ook hier weer met vilt, rubber of vloeibaar hout worden afgedicht. Zonodig kan men nog een extra demping in de vorm van glaswol vilt of watten tegen de wanden aan de binnenzijde van de kast aanbrengen (fig. 53 en 54).



fig. 53

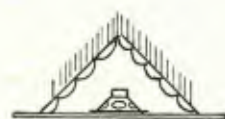


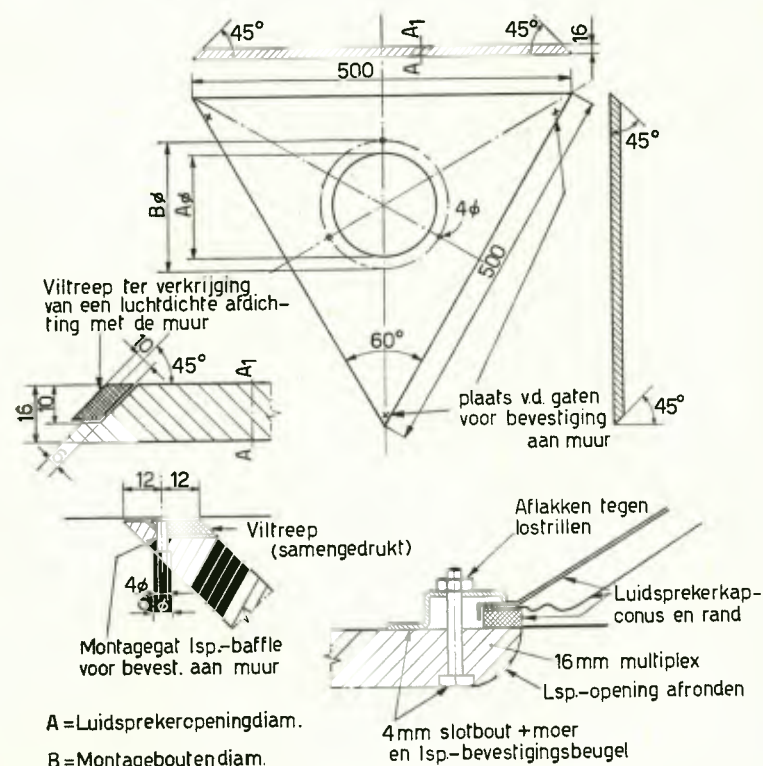
fig. 54

## BOUWTEKENING 4:

### KLEINE DRIEHOEK Baffle VOOR HOEKBEVESTIGING

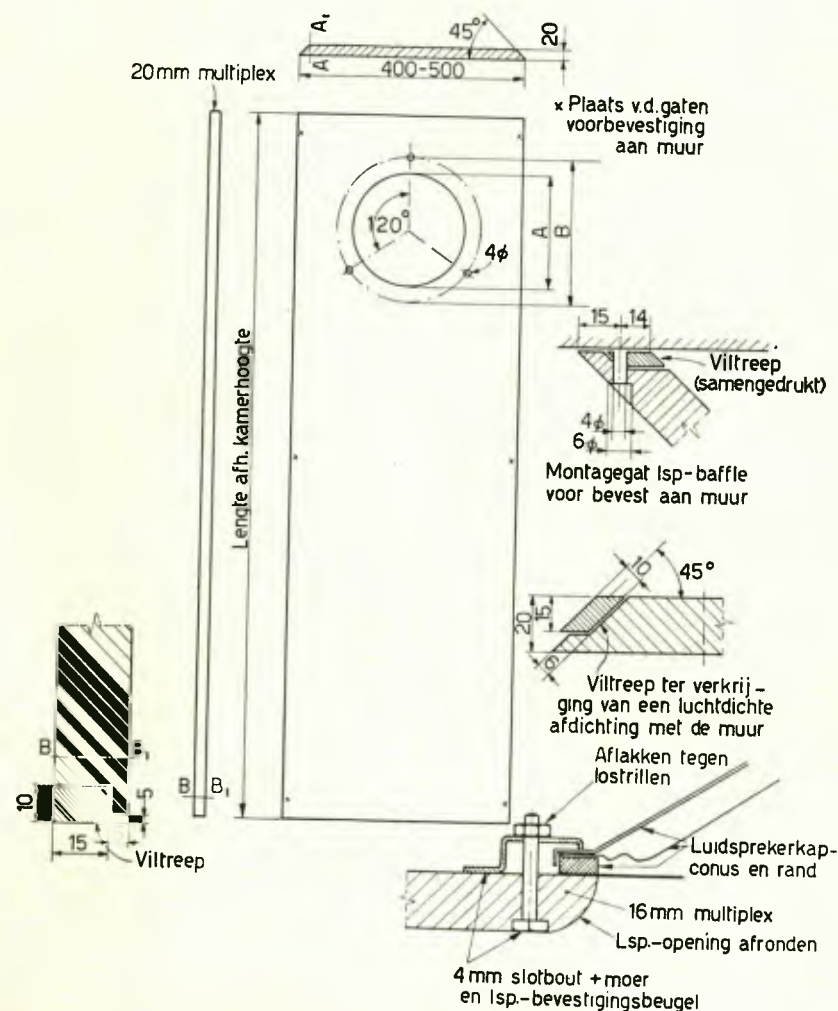
Bestemd voor kleine extra luidsprekers in de slaapkamer, keuken, enz.

Maximale inbouwdiepte van de luidspreker 110 mm.



## VLAKKE ONEINDIGE GROTE BAFFLE VOOR HOEKOPSTELLING

Maximale diameter van de luidspreker 210 mm,  
max. inbouwdiepte 150 mm.



A en B worden bepaald door de toegepaste luid-  
spreker.

## Oneindig grote-Baffle in kast vorm

De werking van de oneindig grote baffle geldt ook voor de uitvoering in geheel gesloten luidspreker kast (fig. 55) met het verschil, dat men hier met resonanties van het ingesloten luchtvolume rekening moet houden. Verder kunnen ook hier baffle-resonanties optreden maar door de veel kleinere afmetingen van de diverse kastwanden en dus de veel grotere stijfheid hiervan, is het gevaar hiervoor veel kleiner. Voor beide soorten resonanties kan men tegen-maatregelen nemen, nl. door het bekleden van de kastwanden aan de binnenkant met geluidsabsorberend materiaal en door het aanbrengen van versterkingslatten (fig. 56).

Om de demping van de conus-bewegingen door het ingesloten luchtvolume niet te groot te maken, zal men de kastafmetingen niet te klein moeten nemen. Het staatje van fig. 57 geeft de kastvolumes t.o.v. de conusdiameter aan, en voor de uitvoering als rechthoekige kast nog de lengte, breedte en hoogte. Nauwkeurige afregeling van een geheel gesloten luidsprekerskast kan slechts experimenteel geschieden door het aanbrengen van geluidsabsorberend materiaal op de wanden.

Ook hier weer verdient het aanbeveling de kastwanden van multiplex te maken; men verkrijgt dan een grotere stijfheid en dit materiaal leent zich niet zo gemakkelijk tot trekken, zodat de kans op baffle resonanties en kastlekken klein is. Om de optredende luchtresonanties voldoende te kunnen dempen, wordt het geluidabsorberend materiaal niet direct tegen de wanden bevestigd, maar op enige afstand hiervan op speciaal aangebrachte houten latten, welke dan tevens nog voor versterking dienst kunnen doen. Als geluiddempend materiaal kan men b.v. *Kramfors*\*) (zacht) of haarvilt (zacht) toepassen, zelfs met industrie watten is al veel te bereiken. Het aanbrengen van de *Kramfors* of vilt platen op de latten gaat heel eenvoudig met kleine spijkertjes, met als kopvergroting een klein kartonnen plaatje om het doortrekken te voorkomen. Bij industrie watten moet men een andere methode toepassen, hier is het dan ook nodig deze watten eerst met zeer grove jute te overtrekken, dus zg. kussen te maken, die dan op het latten geraamte worden aangebracht. Voor *Kramfors* en haarvilt is een materiaaldikte van ongeveer 20 à

\*) *Kramfors* is een papier/hout pulp materiaal van Zweedse oorsprong.

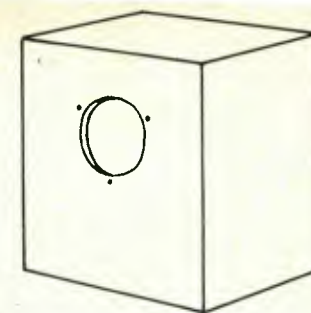


fig. 55

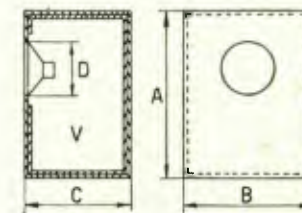


fig. 56

| LSP-DIAM.<br>IN mm. | KASTMATEN<br>IN mm. |     |     | KAST-INH.<br>IN m <sup>3</sup> |
|---------------------|---------------------|-----|-----|--------------------------------|
| D                   | A                   | B   | C   | V                              |
| 180                 | 750                 | 550 | 300 | 0.12                           |
| 230                 | 850                 | 650 | 350 | 0.19                           |
| 300                 | 950                 | 700 | 400 | 0.27                           |
| 380                 | 1100                | 800 | 450 | 0.40                           |

fig. 57

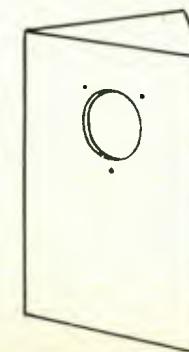


fig. 58

30 mm voldoende; voor grove jute kussens, welke met industrie watten of eventueel glaswol zijn gevuld, is het gewenst deze dikte iets groter te nemen, ongeveer 30 à 40 mm.

Het is natuurlijk niet nodig om aan de conservatieve rechthoekige kastvorm vast te houden, ook een driehoekige uitvoering voor opstelling in een kamerhoek levert dezelfde resultaten, fig. 58. Het ingesloten volume moet echter in overeenstemming zijn met de conus diameter, fig. 57. Verder kan men zo'n luidsprekerkast op alle mogelijke manieren verfraaien en aanpassen aan de overige zich in de ruimte bevindende meubels. Dit wordt echter aan de smaak en vindingrijkheid van de bouwer zelf overgelaten, een paar ideeën zijn in fig. 59 a, b, c, d, e, gegeven.



fig. 59a

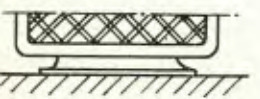


fig. 59b

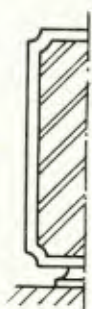


fig. 59c



fig. 59d

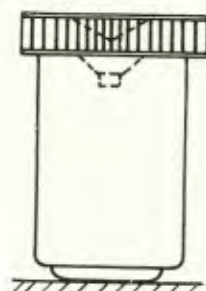
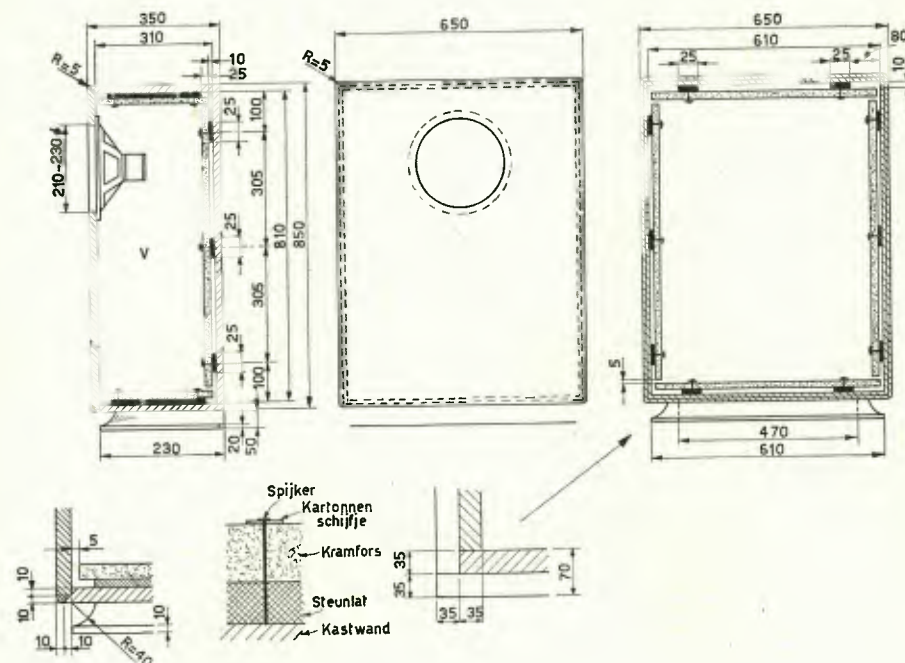


fig. 59e

## BOUWTEKENING 6:

### GEHEEL GESLOTEN LUIDSPREKERKAST (1)

voor luidsprekers 210—230 mm diameter.

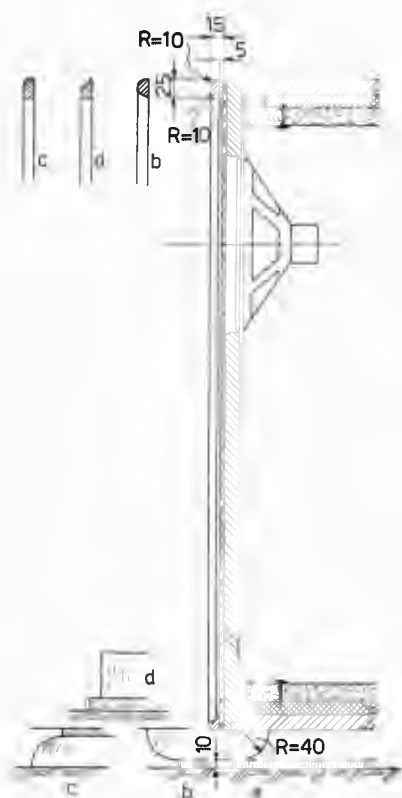


Materiaal: Multiplex 20 mm dik; Kramfors 20 à 25 mm dik; houten lat 20 x 10 mm; houten (voet) 120 x 50 mm. Alle houtverbindingen lijmen behalve de achterwand welke afneembaar moet zijn. Deze dus met houtschroeven bevestigen.

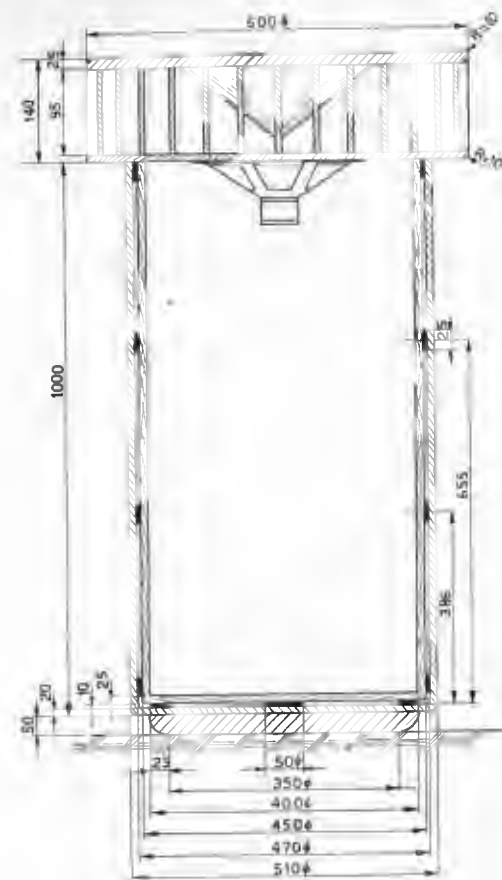
BOUWTEKENING 7:

GEHEEL GESLOTEN  
LUIDSPREKERKAST (2)

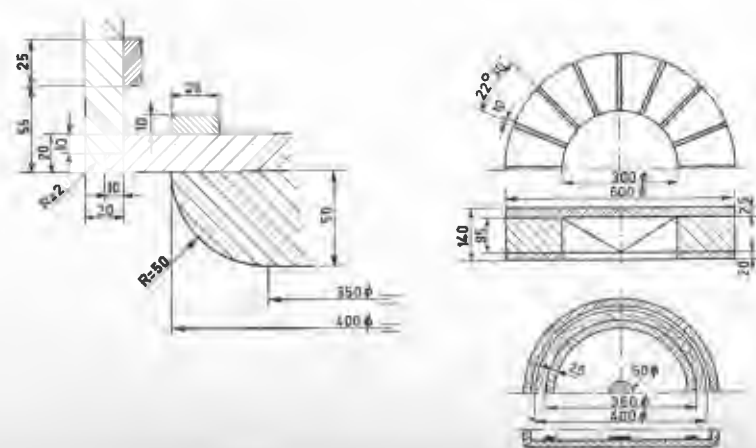
voor luidsprekers 210—230 mm diameter.



BOUWTEKENING 8:



BOUWTEKENING 9:



# Acoustische resonantie-kast

Een iets op de geheel gesloten luidsprekerkast gelijkend acoustisch systeem is de acoustische resonantie-kast waarmee, mits goed ingesteld, zeer goede resultaten zijn te verkrijgen. Bij de juiste keuze van afmetingen, geluiddempend materiaal en de luidspreker resp. luidsprekers, kan men met dit systeem het normale frequentie gebied met opvallend goede weergave kwaliteit weergeven. Hier van geeft fig. 60 een voorbeeld. Deze frequentie getrouwheids-karakteristiek geldt voor twee Philips 9754 luidsprekers, echter kan men hiervoor eveneens tweemaal de 9752 of de 9748 van het zelfde fabrikaat toepassen. Ook luidsprekers van andere fabrikaten zijn voor zulk een systeem te gebruiken, bijv. Peerless, Wharfedale, enz.

Men heeft eigenlijk al sinds lange tijd naar een acoustisch systeem gezocht, dat niet slechts een deel doch het gehele gewenste frequentie-gebied met betrekkelijk goede kwaliteit kon weergeven en daar is men met dit systeem dan ook wel in geslaagd. Wel vereist het de nodige moeite en geduld voor het nauwkeurig afregelen en natuurlijk speelt ook de kwaliteit van de gebruikte luidsprekers een belangrijke rol, vooral in het frequentiegebied boven de 1000 Hz, waar de invloed van de acoustische resonantie-kast betrekkelijk gering is geworden. Deze kast heeft dus in hoofdzaak een gunstige invloed voor het frequentiegebied beneden 1000 Hz. De demping van de grote conus bewegingen van de luidspreker beneden 1000 Hz wordt ook hier verkregen door een acoustische capaciteit, in samenwerking met een hiermede parallel geschakeld acoustisch filter in de vorm van een zg resonantiepaneel, dat in de kast is aangebracht (fig. 61). Dit resonantie-paneel bestaat uit verschillende lagen geluidabsorberend materiaal welke bewegend (resonerend) zijn opgehangen, zodat het bij de luidsprekerresonantie eveneens kan mee resoneren. Op deze manier wordt dan de eigenlijke luidsprekerresonantie gedempt en daar is het ons juist om te doen. Op deze manier is het dus mogelijk een zeer gelijkmatig verloopende frequentie karakteristiek te verkrijgen, wat de weergave-kwaliteit natuurlijk zeer ten goede komt. Maar zoals reeds gezegd, vereist het afregelen van zulk een systeem geduld en vele experimenten.

De eigenlijke kast wordt uit Multiplex van ongeveer 16 à 20 mm dikte gemaakt en wel zo dat deze kast ook volkomen luchtdicht is. In het afneem-

bare deksel wordt het resonantiepaneel op een paar lijsten aangebracht, welke tegen de binnenkant van de kastwanden worden bevestigd.

Om resoneren van de zijwanden te voorkomen is het nog gewenst, deze met een geluidabsorberend materiaal te bekleden en door eerst beide zijden (a) aan te brengen en daarna de zijden (b) behoeft men slechts deze laatst genoemden vast te zetten, om zowel de beide zijkanten (a) als het resonantie paneel vast te houden.

Als geluidabsorberend materiaal komt als eerste en gunstigste *Kramfors* in aanmerking, dat behalve uitstekende acoustische kwaliteiten ook zeer eenvoudig is te verwerken; het laat zich nl. met een scherp (brood)mes snijden, er bestaan verschillende hardheden, doch „zacht” en „zeerzacht” zijn de soorten, welke voor dit doel in aanmerking komen. Voor 't afregelen gaat men als volgt te werk. Eerst wordt het geheel in elkaar gezet zoals in fig. B is aangegeven. Is nu bij de resonantie frequentie de demping van de grote bewegingen van de luidspreker niet voldoende, dan moet men of zachter *Kramfors* gebruiken voor het resonantie-paneel, of een plaat verwijderen. Blijkt de demping echter te groot te zijn, dan kan men een hardere soort *Kramfors* toepassen, eventueel kan men eveneens de afstand van het acoustisch resonantie-paneel tot de achterwand vergroten of verkleinen. Dit is echter bewerkelijker en men zal hiertoe slechts overgaan wanneer met het uitwisselen van de *Kramfors* platen niets meer is te bereiken. De zijwanden worden met een middel- of zachte soort *Kramfors* bekleed en aangezien deze niets of zeer weinig met de eigenlijke geluidsdemping hebben te maken, is uitwisseling hiervan niet nodig.

Om een betere spreiding van de hoge frequenties te verkrijgen, is het gewenst de luidsprekers onder een kleine hoek t.o.v. de voorzijde van de kast aan te brengen. Het eenvoudigste is dit met een „houtklos” te bewerkstelligen, zie fig. 62. Deze klos kan dan tegelijkertijd nog als arretering voor de *Kramfors* lagen aan de zijwanden functioneren.

Het geheel kan nu in een radiogram-kast worden geschoven. In geval men zich op stereofonische weergave wil voorbereiden, dan kunnen twee afzonderlijke eenheden, welke ongeveer 3,5 meter van elkaar zijn opgesteld volgens fig. 63, zeer goede resultaten opleveren. Hiervan is dus veel genoeg te beleven en de kosten zijn betrekkelijk laag te houden door de eenvoudige montage en lage kostprijs van het materiaal.

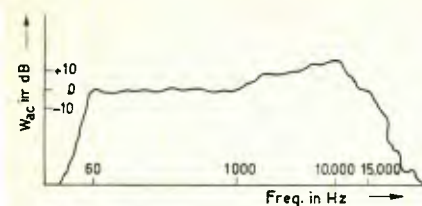


fig. 60

Voorwand met houtklossen voor luidspreker montage

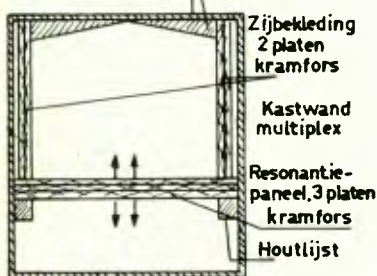


fig. 61a

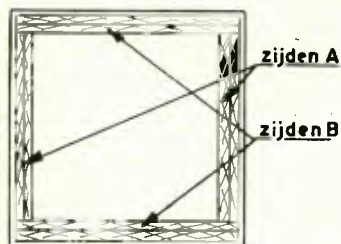


fig. 61b



fig. 62

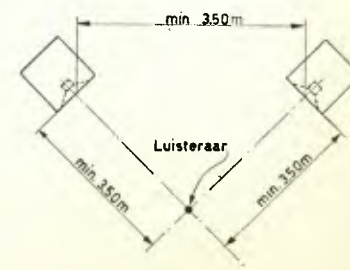
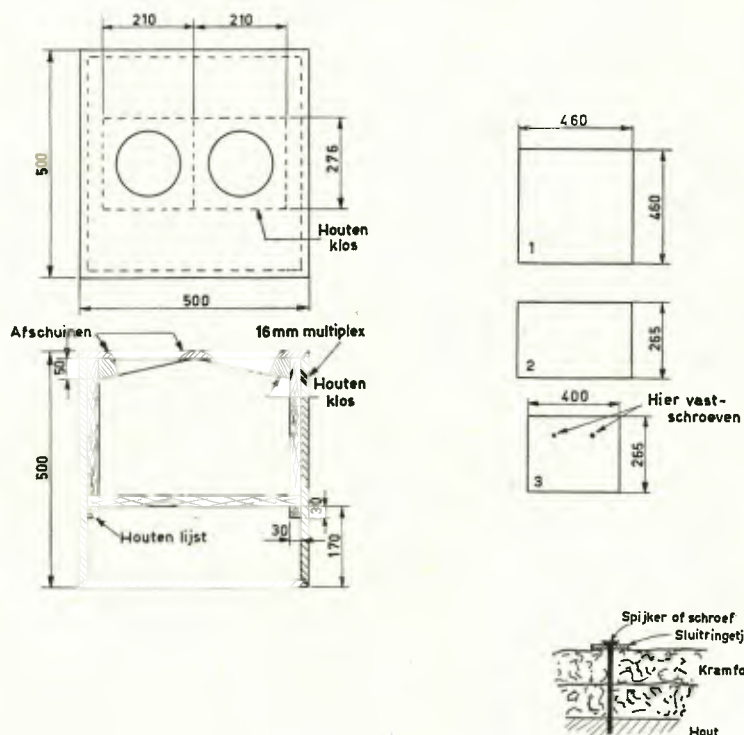


fig. 63

# BOUWTEKENING 10:

## ACOUSTISCHE RESONANTIEKAST VOOR TWEE LUIDSPREKERS



2 x 9710, 9754, 9752 of 9748

## Het geheel gesloten acoustisch-labyrint

Ongeveer een zelfde resultaat als bij de geheel gesloten luidsprekerkast kan men met het geheel gesloten acoustisch labyrint verkrijgen, waarbij men echter kan volstaan met een veel kleiner kast-volume (fig. 64a).

Bij dit systeem wordt het door de achterzijde van de luidsprekersconus uitgestraalde geluid, door inschakeling van een lange en zeer sterk geluid-absorberende omweg, welke aan het einde dood loopt, zo sterk verzwakt dat resonanties van het ingesloten luchtvolume niet kunnen optreden en baffle-resonanties worden vermeden. Door de zeer grote hoeveelheid geluidabsorberend materiaal dat aan de binnenzijde van de wanden van de kast wordt aangebracht, is het mogelijk het totale kast-volume kleiner te houden als bij de geheel gesloten luidsprekerkast. De invloed van de demping op de bewegingen van de luidsprekerconus zijn hier natuurlijk veel groter met als nadeel, dat de resonantie van het systeem iets boven de resonantie frequentie van de luidspreker komt te liggen. Bij een dergelijk systeem moet men er dan ook rekening mee houden, dat de eigenresonantie zich ongeveer 10 à 15 Hz in ongunstige zin wordt verschoven. Om de dempende invloed op de bewegingen van de luidsprekerconus zo klein mogelijk te houden, moet men er voor zorgen dat de door de achterkant van de luidsprekerconus uitgestraalde geluidsgolven een buis-diameter „zien” welke minstens gelijk is aan de diameter van de luidspreker zelf.

Het geluid dempend materiaal kan hier rechtstreeks losjes op de wanden worden aangebracht en hiervoor komt weer Kramfors van ongeveer 25 mm, of haarvilt van gelijke dikte in aanmerking. Dit kan dan weer dunne, lange spijkers op de wanden worden bevestigd. Om het uitscheuren van het Kramfors of vilt te voorkomen, kan men ook hier weer kartonnen plaatjes onder de spijkers aanbrengen, zodat het oppervlak hiervan wordt vergroot.

Zoals reeds is opgemerkt, kan men met bovenbeschreven systeem ongeveer dezelfde resultaten bereiken als met de geheel gesloten luidsprekerkast en wel met een kleiner ingesloten volume; het staatje van fig. 64b geeft diverse kastafmetingen voor verschillende luidspreker-diameters.

Het is ook mogelijk een kleerkast als geheel gesloten acoustisch labyrint te gebruiken. Immers,

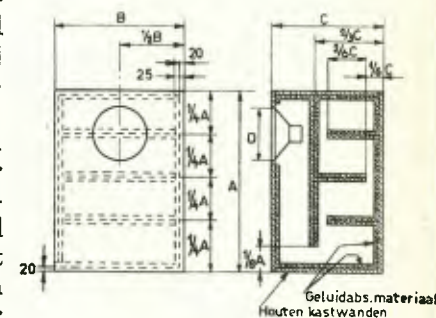


fig. 64a

| Lsp. diam.<br>mm | Kastmaten in<br>mm |     |     | Tot. volume<br>in m <sup>3</sup> |
|------------------|--------------------|-----|-----|----------------------------------|
|                  | A                  | B   | C   |                                  |
| 180              | 600                | 450 | 300 | 0,081                            |
| 230              | 700                | 550 | 360 | 0,139                            |
| 300              | 850                | 660 | 390 | 0,227                            |
| 380              | 1000               | 780 | 480 | 0,374                            |

fig. 64b

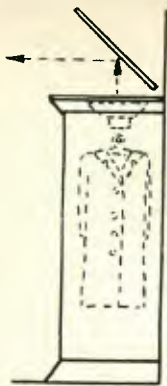


fig. 65

hier is voldoende geluidabsorberend materiaal in de vorm van kleren, enz. aanwezig. Om de luidspreker onzichtbaar te maken kan men hem in de bovenste plank aanbrengen en het geluid via een acoustische spiegel (reflector) weer naar de gewenste plaats dirigeren (fig. 65). Dit systeem, alhoewel niet ideaal, heeft op plaatsen waar ruimte besparing een eerste vereiste was, toch betrekkelijk goede resultaten opgeleverd.

Het is natuurlijk niet nodig de conservatieve rechthoekige kast te bouwen. Diverse andere vormen zijn mogelijk, zoals bijv. de driehoekige kast voor opstelling in een kamerhoek. Verder kan men ook de kastvorm van fig. 59 e toepassen; natuurlijk moet men dan ook hier een omweg voor de geluidsgolven aanbrengen.

## Acoustisch-labyrint

De tot nu besproken acoustische weergave systemen hebben alle het nadeel dat slechts het door de voorkant van de luidsprekerconus afgestraalde geluid productief te maken was. Dit geldt voor alle acoustische systemen, welke op het principe van de oneindig grote baffle berusten. Het acoustisch-labyrint berust echter op een ander principe en hierbij is het mogelijk, al is het dan ook slechts over een beperkt frequentie gebied, het door de achterzijde van de luidsprekerconus uitgestraalde geluid productief te maken.

Het acoustisch-labyrint kan men zich het beste voorstellen als een buis, welke luchtdicht met de achterkant van de luidspreker is verbonden, terwijl het andere einde van deze buis open is (fig. 66a).

Men kan deze buis nu zo buigen dat het open einde in hetzelfde vlak uitmondt als de voorzijde van de luidsprekerconus (fig. 66b). Men zou nu dus aan de voorzijde van zo'n systeem eigenlijk de dubbele acoustische output moeten krijgen, immers, men heeft nu door de voor-, en achterzijde van de luidsprekerconus uitgestraalde geluid in dezelfde richting verkregen. Dit zou ook inderdaad zo zijn, wanneer de door de voorzijde van de luidsprekerconus afgestraalde geluidsgolven in fase waren met de geluidsgolven welke door de achterzijde worden afgestraald. Jammer genoeg is dit niet het geval; de twee acoustische stralers, gevormd door de voorzijde en de achterzijde van de luidsprekerconus zijn in tegenfase.

Om resonanties van de wanden van de buis en de zich er in bevindende luchtkolom te vermijden, moet hij worden bekleed met een geluidabsorberend materiaal zoals bijv. vilt of Kramfors, glaswol of industrie-watten.

Is de buislengte gelijk aan de golflengte of de halve golflengte van 'n bepaalde freq., dan zal zijn acous. output (aan 't eind van de buis) in fase zijn met de output van de voorzijde der luidsprekerconus. Is dit 't geval, dan heeft men ook 't voordeel dat de totale acoustische-output aan de voorzijde van het ac. weergave systeem ongeveer gelijk wordt aan tweemaal de acoustische-output van een zijde van de luidsprekerconus. Deze output verdubbeling treedt echter slechts op over een smal frequentie gebied, nl. ongeveer een octaaf met de bepaalde frequentie in het midden daarvan. Wil men dus een bepaalde frequentie of smal frequentie gebied versterken, dan moet men de lengte van de omweg voor de geluidsgolven van de achterzijde van de



fig. 66a

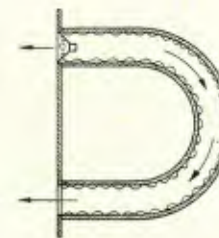


fig. 66b

luidsprekerconus naar de voorzijde, gelijk maken aan de halve of gehele golflengte van de te versterken frequentie. Men neemt dan de golflengte van de frequentie, welke ongeveer in het midden van het te versterken frequentie gebied ligt.

De resonanties, welke bij de hogere frequenties optreden, worden door de absorberende wandbekleding zo sterk gedempt, dat we hiervan geen hinder meer ondervinden. Boven ca. 150 Hz is de door de buis uitgestraalde acoustische output zo klein geworden, dat men deze kan verwaarlozen, zodat alleen nog de voorzijde van de luidsprekerconus als acoustische straler overblijft voor de hogere frequenties.

In tegenstelling tot het voorgaande treedt bij een buislengte gelijk aan  $\frac{1}{4}$  of  $\frac{3}{4}$  van de golflengte van een bepaalde frequentie een sterke verzwakking op. Immers voor deze frequentie is de acoustische output van de voorzijde van de luidsprekerconus in tegenfase met de acoustische output in de opening van de buis, zodat dan beide signalen elkaar tegenwerken met als gevolg een verzwakking van de totale acoustische output van het systeem voor deze bepaalde frequentie of smal frequentie gebied.

Van het verschijnsel, dat de versterking, resp. verzwakking voor een bepaalde frequentie afhankelijk is van de omweglengte, kunnen wij een nuttig gebruik maken. Aangezien immers de maximale belastbaarheid van een luidspreker wordt begrensd door de grootte van de bij zijn resonantiefrequentie optredende amplitude, zal men door damping van de resonantie de totale belastbaarheid kunnen vergroten en tevens de resonantiepiek, dus ook de vervorming, welke bij de eigenresonantie van de luidspreker optreedt verzwakken.

Kiezen we nu de buislengte zo, dat voor de resonantiefrequentie van de luidspreker een verzwakking optreedt, dan hebben we dus al een vermindering van de vervorming en een vermeerdering van de totale belastbaarheid verkregen. Dit is dus bij een buislengte van  $\frac{1}{4}$  of  $\frac{3}{4}$  van de golflengte voor de eigenresonantie van de luidspreker. Tegelijkertijd zal dan voor frequenties beneden de eigenresonantie een versterking van de totale acoustische output optreden, nml. wanneer hiervoor de buislengte gelijk is geworden aan 1 maal of  $\frac{1}{2}$  de golflengte. Men verkrijgt dan een frequentie karakteristiek als in fig. 67a is weergegeven.

In fig. 67b zijn de verschillende golflengten en de gedeelten daarvan voor de meest voorkomende resonantiefrequenties in een staatje samengevat.

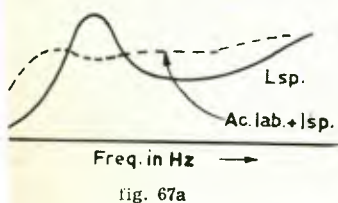


fig. 67a

| Fq. z. | weg v/h ac. lab. in m. |                      |                      |                      |
|--------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|        | A-B in fase            | A-B in tegenf.       | A-B in fase          | A-B in tegenf.       |
|        | $1\lambda$             | $\frac{1}{2}\lambda$ | $\frac{1}{4}\lambda$ | $\frac{3}{4}\lambda$ |
| 11,33  | 5,66                   | 2,83                 | 8,49                 |                      |
| 9,71   | 4,85                   | 2,42                 | 7,28                 |                      |
| 8,50   | 4,25                   | 2,12                 | 6,37                 |                      |
| 7,53   | 3,76                   | 1,88                 | 5,64                 |                      |
| 6,80   | 3,40                   | 1,70                 | 5,10                 |                      |
| 6,18   | 3,13                   | 1,56                 | 4,69                 |                      |
| 5,66   | 2,83                   | 1,41                 | 4,24                 |                      |
| 5,23   | 2,61                   | 1,30                 | 3,92                 |                      |
| 4,85   | 2,43                   | 1,21                 | 3,63                 |                      |
| 4,53   | 2,28                   | 1,14                 | 3,42                 |                      |

fig. 67b

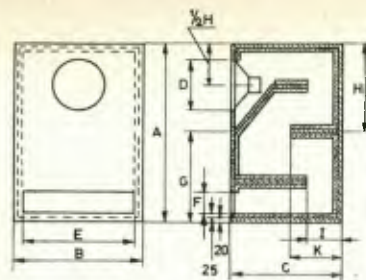


fig. 68

| Lsp. diam.<br>in mm | Kastmaten<br>in mm |     |     | Volume<br>in m <sup>3</sup> | Detailmaten<br>in mm<br>E = B - 90mm |     |     |     |     |   |
|---------------------|--------------------|-----|-----|-----------------------------|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|---|
|                     | D                  | A   | B   |                             | C                                    | V   | G   | F   | H   | I |
| 180                 | 430                | 350 | 300 | 0,045                       | 95                                   | 75  | 215 | 63  | 130 |   |
| 230                 | 550                | 430 | 350 | 0,083                       | 75                                   | 115 | 275 | 100 | 130 |   |
| 300                 | 700                | 530 | 430 | 0,16                        | 130                                  | 150 | 350 | 145 | 160 |   |
| 380                 | 900                | 630 | 530 | 0,30                        | 100                                  | 180 | 450 | 165 | 190 |   |

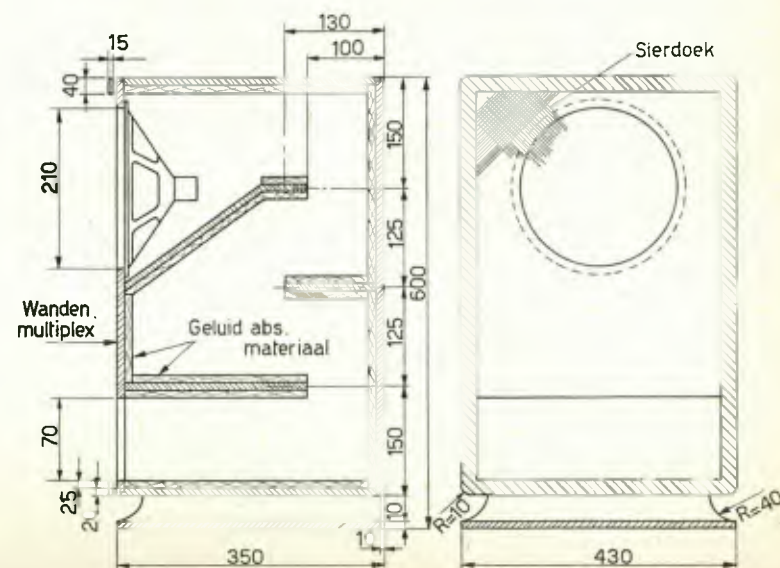
fig. 68b

Het verdient aanbeveling de oppervlakte van de doorsnede van de buis niet kleiner te nemen dan de oppervlakte van de luidspreker ter voorkoming van een al te grote damping op de beweging van de conus. Fig. 68 geeft de verschillende maten van een acous. labyrinth voor diverse conusdiameters aan. Kleine correcties kunnen hierbij nodig zijn, aangezien de resonantiefrequenties van de luidspreker nog niet is gestandariseerd t.o.v. de conusdiameter zodat kleine verschillen kunnen optreden.

## BOUWTEKENING 11:

### ACOUSTISCH LABYRINT

voor luidsprekers met 210 mm conusdiameter



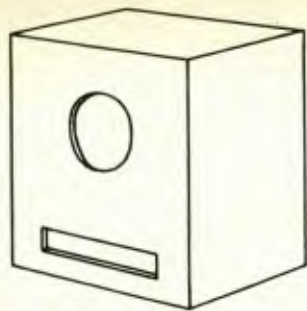


fig. 69a

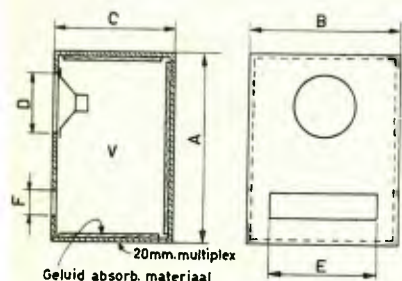


fig. 69b

| Sp-diam<br>mm | Kastmaten<br>in mm |     |     | Vol.<br>m <sup>3</sup> | Sleuf. mat.<br>in mm |     |
|---------------|--------------------|-----|-----|------------------------|----------------------|-----|
| D             | A                  | B   | C   | V                      | *E                   | F   |
| 80            | 600                | 450 | 250 | 0,07                   | 240                  | 75  |
| 130           | 700                | 550 | 320 | 0,12                   | 320                  | 100 |
| 200           | 850                | 650 | 370 | 0,20                   | 420                  | 130 |
| 300           | 1000               | 770 | 440 | 0,31                   | 530                  | 180 |

E wordt experimenteel vastgesteld

fig. 70

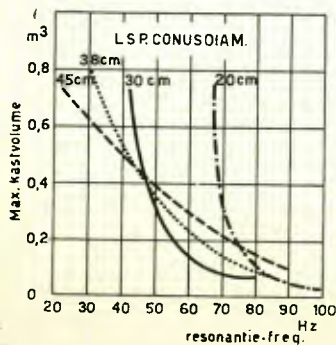


fig. 71

## De bas-reflex kast

Een ander acoustisch systeem om de lage tonen met wat beter rendement weer te geven is de zg. basreflex kast, welke in Amerika zeer populair is, en berust op het principe van het acoustisch-bandfilter. De door de ingesloten lucht gevormde acoustische „capaciteit” in de kast wordt namelijk over een bepaald frequentie gebied gecompenseerd door een acoustische „zelfinductie”, veroorzaakt door een in de reflectie opening ontstaande luchtzuil. Deze luchtzuil kan nu worden benut als acoustische straler, waardoor dus een grotere acoustische output kan worden verkregen, mits deze straler, dus ook de luchtzuil, in fase beweegt met de lucht aan de voorzijde van de luidspreker (fig. 69a).

Deze fazegelijkheid tussen de bewegingen van de lucht aan de voorzijde van de luidsprekerconus en in de reflectie-opening, welke meestal niet te ver van de luidspreker-opening is verwijderd, wordt door een juiste keuze van acoustische „capaciteit” en „-zelfinductie” verkregen. De acoustische capaciteit  $C_{ac}$  en de acoustische zelfinductie  $L_{ac}$ , welke resp. afhankelijk zijn van de inhoud van de bas-reflex kast en de afmetingen van de reflectie-opening, staan weer direct in verband met de diameter van de conus en de eigenresonantie van de luidspreker, eventueel met de gewenste eigenresonantie van het gehele acoustische systeem (fig. 69b).

Enige afmetingen van basreflex kasten voor diverse conus diameters vindt men in het staatje van fig. 70. Voor een eigen ontwerp, waarbij van een luidspreker met een bepaalde eigenresonantie wordt uitgegaan is voor het gemak in fig. 71 nog een grafiek gegeven om snel het gewenste max. kastvolume te bepalen. Om resonanties te dempen, welke bij hogere frequentie kunnen voorkomen is het wenselijk dat men de kast aan de binnenzijde met geluidabsorberend materiaal bekleedt. Hier-voor komt weer Kramfors, vilt of tot acoustische kussens verwerkte glaswol of industriewatten in aanmerking. Een en ander wordt weer op de reeds besproken manier aangebracht.

Zeër nauwkeurig afregelen van de basreflex kast is slechts mogelijk, wanneer men  $C_{ac}$  of  $L_{ac}$  instelbaar maakt. Voor  $C_{ac}$  is dat niet zo gemakkelijk uitvoerbaar en we moeten dan ook  $L_{ac}$  zo uitvoeren, dat hier een instelmogelijkheid overblijft. Hiertoe kan men de reflectie-opening variabel maken, (fig 72). Het wordt dan mogelijk een zeer nauwkeurige afstemming van de in het acoustisch bandfilter verwerkte  $C_{ac}$  en  $L_{ac}$  te ver-

krijgen. Om de sleuf-opening globaal te kunnen berekenen is het staatje van fig. 73 opgenomen, waarbij dan van een gekozen kastvolume en bekende eigenresonantie wordt uitgegaan. De grafiek geldt uitsluitend voor kasten met een reflectie-opening zonder tunnel, welke ook wel pijp genoemd wordt.

Wanneer men dus een instelbare reflectie-opening wil aanbrengen, dan moet men de gevonden uitkomst voor het oppervlak hiervan als het midden van het variatie gebied nemen zodat zowel verkleining als vergroting van de reflectie-opening mogelijk blijft. Het is echter niet nodig de reflectie-opening conservatief aan de voorzijde van de kast aan te brengen of steeds de bekende langwerpige sleuf te maken. Ook de ronde en vierkante reflectie-openingen hebben goede resultaten gegeven, (fig. 74).

Voor basreflex kasten met een volgens fig. 75 aan de reflectie-opening gebouwde tunnel, geeft de grafiek van fig. 76 hulp bij het berekenen. Deze grafiek geeft het netto kastvolume in dm<sup>3</sup> waarbij dan het volume van de luidspreker, de inwendige bekleding met geluidabsorberend materiaal, eventuele verstijvingslatten, enz., en het volume van de reflectie-opening met aangebouwde tunnel moet worden opgeteld om het brutovolume te verkrijgen. Voor het volume van de pijp moet de totale lengte hiervan in rekening worden gebracht, dus gemeten vanaf de buitenkant van de kast.

Voorbeeld:

De luidsprekerconusdiameter is 200 mm; de oppervlakte van deze conus is dus  $3,14 \times 10^2 = 314 \text{ cm}^2$ . Gekozen oppervlak van de pijpopening  $400 \text{ cm}^2$ . Voor een resonantie-frequentie van 60 Hz vinden we als netto volume  $90 \text{ dm}^3$ . Voor een pijpopening van  $400 \text{ cm}^2$  zal men de pijplengte 20 cm moeten nemen, dit wordt bepaald door van het pijp-oppervlak, aangegeven op de onderste horizontale lijn, loodrecht naar boven te gaan totdat men de 40 Hz lijn bereikt en van hier uit naar rechts, waar op de zijlijn van de grafiek de pijplengte t.o.v. het pijp-oppervlak is aangegeven.

We hebben nu dus het

netto-volume .....  $90 \text{ dm}^3$ .  
luidspreker-volume ..... ca. 2 „  
pijp-volume ..... ca. 7 „  
bekleding enz. .... ca. 10 „

bruto-volume .....  $109 \text{ dm}^3$ .

De kastdiepte moet men minstens twee maal de pijplengte nemen maar verder is men in de indeling van de kastmaten vrij. Ook hier is het niet

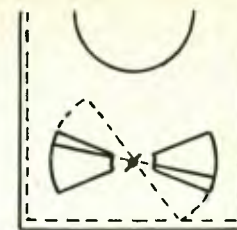


fig. 72

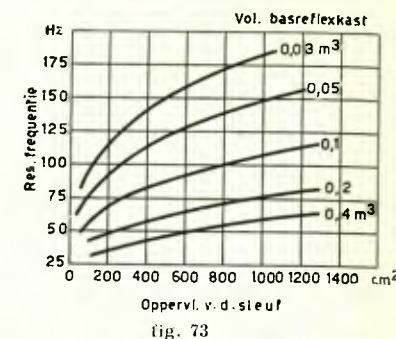


fig. 73



fig. 74

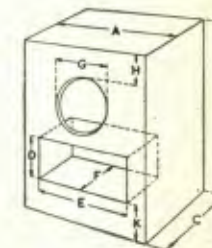


fig. 75

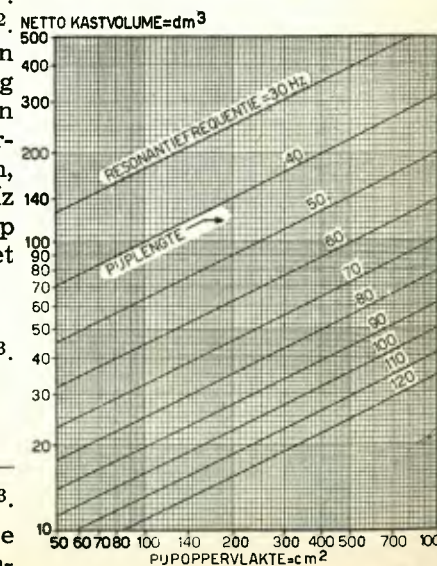
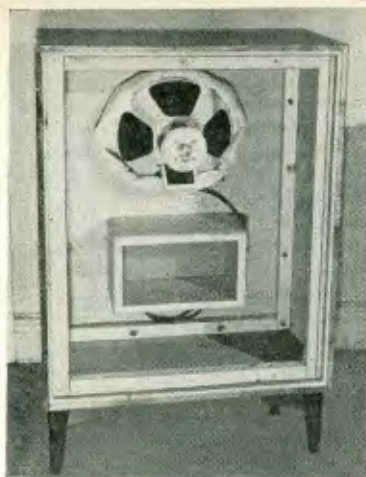


fig. 76



INTERIEUR VAN DE  
BASREFLEXKAST

Het aanbrengen van verstevigingen  
voor het opheffen van kastresonanties  
is noodzakelijk.

nodig aan de stereotype rechthoekige kast te blijven hangen, dit systeem leent zich eveneens goed voor een driehoekkast voor opstelling in een kamerhoek. Belangrijk is echter, dat de wanden van de kast voldoende stijfheid bezitten om het optreden van baffleresonanties te voorkomen. Omdat het verplaatsen van de basreflex kast — of andere zware luidsprekerkasten zoals in de voorgaande hoofdstukken reeds zijn behandeld — moeilijkheden oplevert, kan men dit vergemakkelijken door deze zware kasten op kleine wielen te zetten (fig. 77). Die moeten natuurlijk rammelvrij zijn en een met rubber overtrokken wiel bezitten. Ter voorkoming dat de kast tijdens muziekweergave wegloopt, is het nog gewenst een arreteer-inrichting aan te brengen.

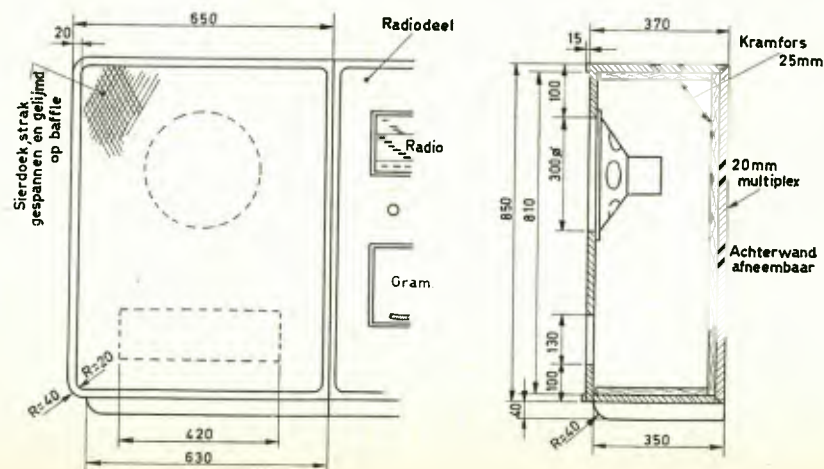


fig. 77

## BOUWTEKENING 12:

### COMBINATIE BASREFLEXKASTEN- RADIOGRAMMOFOON

voor luidsprekers met conusdiameter van 300 mm.



## De hoorn

Reeds sinds mensenheugnis is van de hoorn als acoustisch instrument gebruik gemaakt, de oude Grieken hielden reeds hun handen als trechter voor de mond om op deze manier hun stem over grotere afstand hoorbaar te maken. Dit is natuurlijk wel een zeer primitieve manier om het gebruik van de hoorn aan te geven, maar ook was de hoorn al in gebruik bij de vroegere zeevaart, nl. de megafon. Edison had aan zijn eerste gramfoon een hoorn en was dus ook reeds bekend met het feit dat door bundeling van de geluidsgolven een schijnbare vergroting van de totale acoustische output mogelijk is en dat men zich over grotere afstand verstaanbaar kan maken mits de persoon, waarvoor het gesprokene of gespeelde bedoeld is, zich in de bundel van de hoorn bevindt.

Ofschoon de hoorn dus het langst bekende acoustische hulpmiddel is, heeft het toch nog tot 1919 geduurd, voordat men in staat was zijn invloed op de gedragingen van geluidsgolven te berekenen. Afgezien van de toepassing in de allereerste luidsprekers — wegens hun constructie „luidspreken-de telefoons” genaamd — bleef de toepassing toch beperkt tot de gevallen waar men zeer grote elektrische vermogens in grote acoustische energie moest omzetten, bv. ten dienste van de zeevaart, stadions en stations. De werkelijke oorzaak van het beperkt gebruik van de hoorn moet men echter zoeken in de hoge fabricagekosten, grote afmetingen en het beperkte frequentiegebied dat kan worden weergegeven.

Sinds korte tijd is men er echter toe overgegaan de hoorn ook binnenshuis in de weergave van muziek, spraak, enz. in te schakelen en wel omdat men er in is geslaagd, de afmetingen van de hoorn aanmerkelijk te verkleinen, zonder echter aan de werking afbreuk te doen. Dit is namelijk te bereiken door de hoorn „op te vouwen”, waardoor een veel kleinere werkelijke lengte ontstaat met behoud van de totale effectieve lengte. Een voorbeeld hiervan geeft fig. 78.

Het principe waarop de werking van de hoorn berust is eigenlijk zeer goed te vergelijken met de elektrische werking van de uitgangstransformator in een radiotoestel of versterker, nl. de hoorn vervult de rol van een acoustische aanpassingstransformator tussen de hoge impedantie van de luidsprekerconus en de relatief lage impedantie van de vrije lucht. Gebruikt men bv. een drukkamer-systeem als geluidsbron, dan wordt het dus een aanpassing tussen het membraan hiervan en de

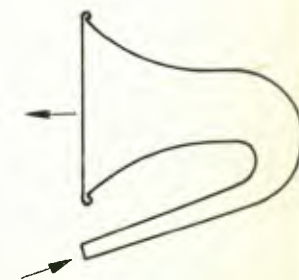


fig. 78



fig. 79

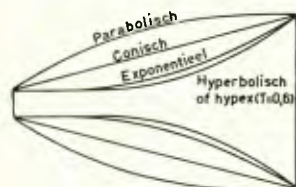


fig. 80

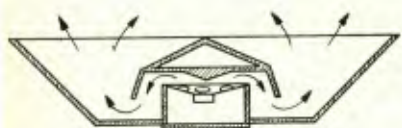


fig. 81

vrije lucht aan de mond van de hoorn, m.a.w. de grote geluidsdruk en kleine volumestroom aan de hals van de hoorn wordt omgezet in een kleine geluidsdruk en een grote volume-stroom aan de mond van de hoorn, fig. 79.

Verschillende soorten hoornvormen zijn in gebruik en de hyperbolische of *Hypex-hoorn* blijkt wel het ideaal het dichtst te benaderen. Verder wordt echter ook de conische- en exponentiële-hoorn veel gebruikt, de conische hoorn is nl. het eenvoudigste zelf te fabriceren. Verschillende hoornvormen zijn in fig. 80 weergegeven.

Om een effectieve hoornwerking te verkrijgen, is het wenselijk dat de hoornmond behoorlijk groot is t.o.v. de langste golflengte (laagste frequentie) welke via de hoorn moet worden weergegeven. Een hoorn werkt nl. slechts effectief, wanneer de diameter van de hoornmond groter is dan  $1/3$  van de golflengte van de laagste weer te geven frequentie, voor het weergeven van zeer lage frequenties is het dus nodig om over een hoorn te beschikken met een zeer grote monddiameter. De lengte van de hoorn speelt tevens een belangrijke rol bij de weergave van lage frequenties. Wanneer de hoorndiameter telkens een factor 2 groter is voor elke 7,5 cm in de lengterichting, dan zal de afsnij-frequentie van de hoorn bij ongeveer 256 Hz komen te liggen. Wanneer men de hoorndiameter voor iedere 15 cm verdubbelt dan zal de afsnij-frequentie bij 128 Hz liggen en voor het geval dat voor iedere 25 cm de diameter is verdubbeld, is de afsnij-frequentie van deze hoorn 64 Hz.

Men ziet dus dat een hoorn voor weergave van zeer lage frequenties zeer grote afmetingen krijgt. Door de hoorn te vouwen kan men natuurlijk wel de lengte verkleinen maar niet de monddiameter (zie fig. 81). De totale afmetingen blijven dus toch nog groot zodat men geen hoorn kan opstellen in een beperkte ruimte waar toch nog zeer lage frequenties moeten worden weergegeven.

Het wordt anders voor een hoorn welke slechts hoge frequenties zal moeten weergeven, immers reeds bij betrekkelijk kleine afmetingen voldoet een hoge tonen hoorn aan de eis, dat de monddiameter groter moet zijn dan  $1/3$  van de golflengte van de laagste weer te geven frequentie. Bijv. voor de weergeve van frequenties hoger dan 2000 Hz moet de monddiameter van de hoorn gro-

ter zijn dan  $1/3 \times \frac{34000}{2000} = 5,3$  cm.

Klein houden van de hoornlengte is slechts mogelijk, wanneer men van een kleine halsdiameter uit gaat en dit is weer mogelijk bij toepassing van

een drukkamer-systeem als geluidsbron. Voor het midden en hoge frequentiegebied gaat dat uitstekend, maar een drukkamer-systeem (fig. 82) leent zich niet goed voor de weergave van zeer lage frequenties en hier moet men dan ook uitgaan van een conus-luidspreker met een betrekkelijk grote diameter. Dit betekent een grote hoornhals diameter en dus een grote hoornlengte. Voor ons doel is de hoorn als weergave instrument voor de lage frequenties dan ook niet bijzonder geschikt. De basreflex kast, de oneindig grote baffle in kast-vorm of het acoustisch labyrint zijn voor ons doel beter te gebruiken. In combinatie hiermede kan men echter zeer goed een hoge-tonen hoorn toepassen voor de weergave van hoge frequenties.

Deze kan dan zowel los van de basreflex kast, oneindig grote baffle, enz. worden aangebracht als wel hiermee worden samen gebouwd om één geheel te verkrijgen (fig. 83). Het verdient echter aanbeveling de afstand hart tot hart van de lage en hoge tonen stralers niets te groot te maken, namelijk om de indruk van twee afzonderlijke stralers te voorkomen.

Aangezien zulk een combinatie zwaar en moeilijk transportabel wordt, kan men eventueel nog kleine, draaibare rubberwielletjes onder het geheel aanbrengen, zoals reeds werd aangegeven op blz. 60, fig. 77.

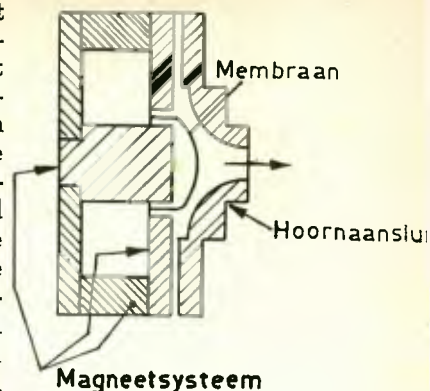


fig. 82

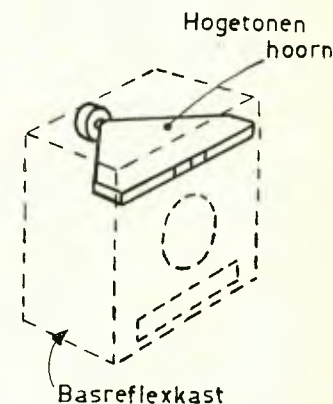
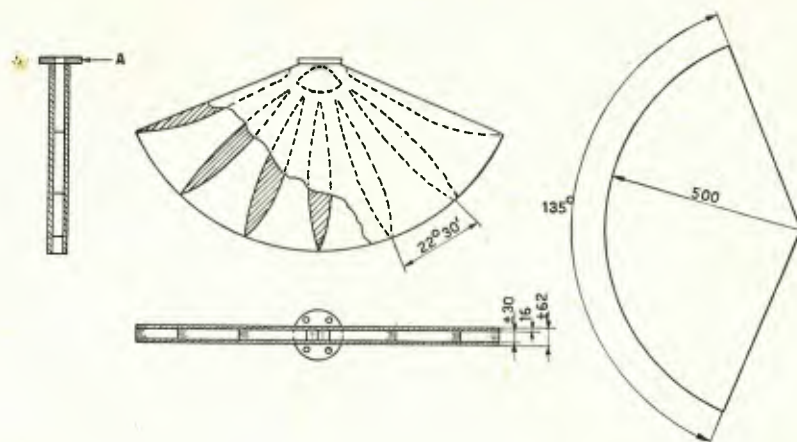
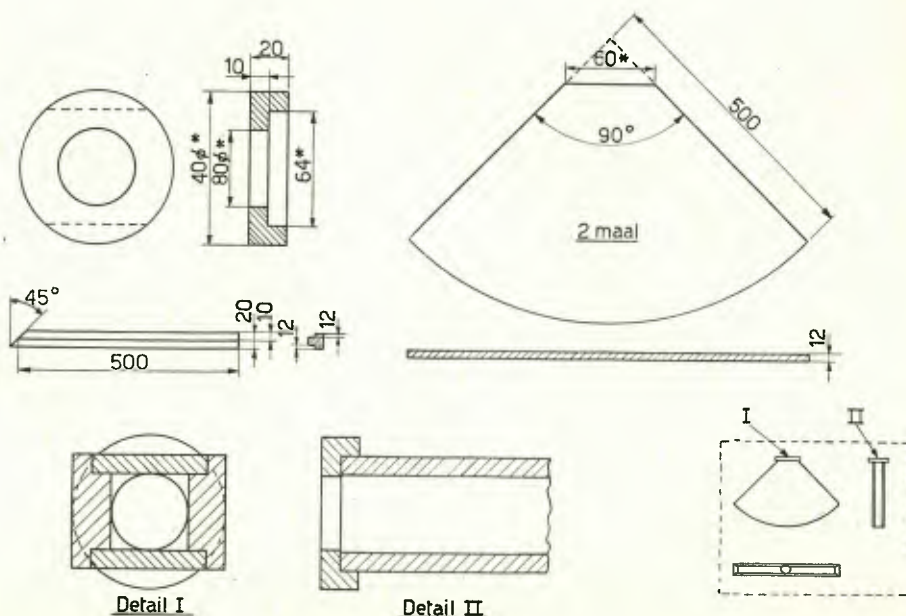


fig. 83

## HOGE TONEN HOORNCELLEN



## BOUWTEKENING 14:



De met \* gemerkte maten aan luidspreker aanpassen

## Gescheiden weergave van het hoge- en lage-tonen gebied!

Wanneer het niet mogelijk is het gewenste frequentie gebied via één luidspreker weer te geven, dan moeten we dus overgaan naar het systeem voor gescheiden weergave, dus een acoustische weergave apparatuur, waarbij de hoge-, midden- of lage-tonen door aparte luidsprekers worden weergegeven. Dit is natuurlijk mogelijk met de normale electro-dynamische luidsprekers maar ook kan men voor de weergave van de zeer hoge frequenties kristal of electro-statische (condensator) luidsprekers gebruiken. Wij zullen ons echter bepalen tot de uitvoering van de gescheiden weergave met electrodynamische luidsprekers.

Deze luidsprekers, welke ieder afzonderlijk voor de weergave van een bepaald toongebied verantwoordelijk zijn, kan men op diverse manieren schakelen zoals bijv. parallel, in serie of serie-parallel, al naar gelang dit het beste uitkomt. Bij het berekenen van deze schakelingen kan men te werk gaan zoals dit bij weerstanden het geval is.

Om de output van één dezer luidsprekers onafhankelijk van de andere te kunnen instellen, is het gewenst een sterkte-regelaar in te bouwen en in dit geval direct aan de luidspreker zelf.

Bij een laagohmige regeling direct aan de luidspreker moet men er natuurlijk voor zorgen dat de belastings-impedantie aan de primaire zijde van de potentiometer steeds dezelfde blijft, zodat de andere luidsprekers niet worden beïnvloed. Een voorbeeld van een dergelijke sterkteregelaar is in fig. 84 gegeven.

Wil men extra luidsprekers toepassen voor het hoge-, midden- of lage-frequentiegebied, dan moet men eveneens in extra kanalen voorzien welke natuurlijk slechts die frequenties voeren welke door de betreffende luidspreker moet worden weergegeven. Dit is slechts mogelijk door het inbouwen van zg. wisselfilters, waarvan in fig. 85 een zeer eenvoudige vorm voor de weergave van slechts twee kanalen is weergegeven. Dit systeem is ontworpen voor het weergeven van alle frequenties beneden de gekozen wisselfrequentie, bijv. 400 Hz via het ene kanaal en alle boven 400 Hz liggende frequenties door het andere. Hierop worden dan de lage- resp. hoge-tonen luidsprekers aangesloten. De voor dit filter vereiste capaciteit

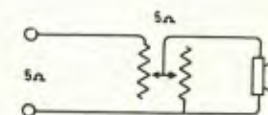


fig. 84

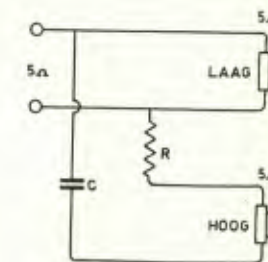


fig. 85

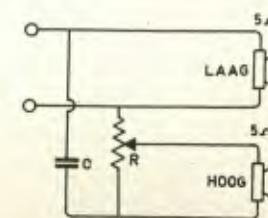


fig. 86

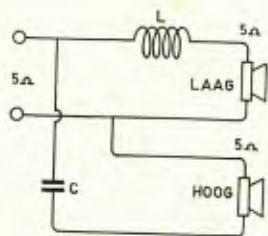


fig. 87

(uitgedrukt in  $\mu\text{F}$ ) welke door de gewenste wissel frequentie wordt bepaald, kan men eenvoudig berekenen door 159000 te delen door het product van de wisselfrequentie maal de impedantie (in ohms) van de hoge-tonen luidspreker, terwijl de weerstand van een eventuele spanningsdeler verscheidene malen groter moet worden genomen dan de impedantie van de hoge-tonen luidspreker. Door deze spanningsdeler variabel te maken is het mogelijk, de output van deze hoge-tonen luidspreker te regelen (fig. 86).

Een wisselfilter van veel betere kwaliteit is in fig. 87 schematisch weergegeven. Hier wordt de waarde van de capaciteit C weer op dezelfde manier berekend als voor het voorgaande filter, nl.:

$$C = \frac{159000}{400 \times 5} = \dots \mu\text{F}.$$

de waarde van de zelfinductie kan men berekenen met de onderstaande formule:

$$L = \frac{159000 \times 5}{400} = \dots \mu\text{H}.$$

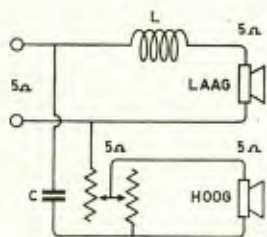


fig. 88

Ook hier kan weer een potentiometer in het hoge tonen kanaal worden opgenomen om hiervan de output te kunnen variëren. De totale impedantie aan de primaire zijde moet, zoals in het voorgaande reeds besproken, gelijk blijven aan de impedantie van de hoge tonen luidspreker, m.a.w. de stand van deze sterkte regelaar mag geen invloed hebben op de ingangsimpedantie van het filter (fig. 88). De derde en beste schakeling van een systeem met twee kanalen voor gescheiden weergave, is in fig. 89 schematisch weergegeven. In het geval, dat  $Z_1 = Z_2$ , wordt de capaciteit:

$$C = \frac{112500}{Z f_w} \text{ de zelfinductie } L = \frac{225 \times Z}{f_w} \text{ waarbij } C$$

in  $\mu\text{F}$  en L in mH. Z = impedantie van de luidspreker en  $f_w$  = wisselfrequentie. Deze schakeling is natuurlijk ook zo uit te voeren, dat men de acoustische-output van het hoge- en lage-kanaal onafhankelijk van elkaar kan variëren (fig. 90).

Deze laatste schakeling van een wisselfilter voor twee kanalen kan worden uitgebouwd, zodat in plaats van een scheiding tussen hoog en laag, een scheiding tussen hoog, midden en laag wordt verkregen met overgangs frequentie 400 Hz—1000 Hz (fig. 91). Bij het berekenen van dit 3-wegfilter gaat men als volgt te werk. Eerst worden de capaciteiten C1 en de zelfinducties L1 voor de lage- en midden-tonen kanalen berekend, daarna C2 en L2 voor de midden- en hoge tonen kanalen. Ook

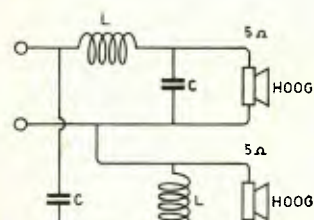


fig. 89

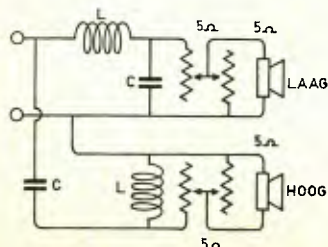


fig. 90

hier kan men weer voor het individueel regelen van de acoustische-output van iedere luidspreker afzonderlijke regelaars aanbrengen.

De gunstigste (acoustische) wissel-frequentie ligt tussen 400 en 500 Hz, doch de vereiste waarden voor L en C worden dan betrekkelijk groot, zodat men dan ook wel een hogere frequentie, bijv. 1000 Hz kiest.

Natuurlijk is het eveneens mogelijk kanalen splitting reeds in de versterker te doen plaatsvinden, zodat voor ieder kanaal een extra eindbuis met uitgangstransformator komt.

Dit heeft nu het voordeel dat men de kanalen individueel kan regelen en instellen en dus op deze manier de verliezen in de wisselfilters kan voorkomen, terwijl het eveneens riskant is over deze filters tegen te koppelen.

De nadelen van deze methode zijn echter hogere kosten door de extra-uitgangstrafo en een eindbuis voor ieder kanaal.

Het kleine nadeel van de kanaalsplitting achter de eindbuis, dus buiten de versterker, weegt dan ook op tegen de hogere kosten van het andere systeem. De normale wisselfrequenties voor een 3 kanalen systeem zijn 400 Hz en 1000 Hz. Ook wordt wel een hogere frequentie als 1000 Hz genomen al naar gelang van de freq. karakteristiek van de midden- en hoge tonen luidsprekers.

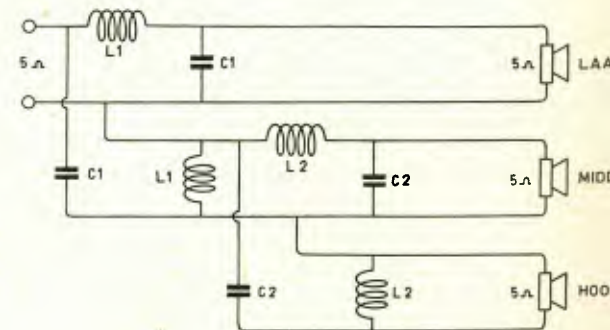


fig. 91

# Luidspreker schakelingen

De vraag, hoe het electrisch audio-frequentie vermogen zo economisch mogelijk met een minimum aan vervorming aan de luidspreker of luidsprekers toe te voeren verdient zeer zeker nog onze aandacht. Het is een betrekkelijk eenvoudig probleem zolang het er om gaat, slechts één luidspreker aan een versterker of radio uitgang te schakelen. Wanneer echter verscheidene luidsprekers aan een versterker moeten worden aangesloten, dan wordt het geheel wel wat gecompliceerder en het is dan ook gewenst hierop iets nader in te gaan.

Moderne electrodynamische luidsprekers hebben gewoonlijk een lage impedantie welke ongeveer tussen  $2\frac{1}{2}$  en 15 ohm ligt, terwijl eindbuizen van radio-apparaten en versterkers een belasting van 1000 tot ongeveer 25000 ohm vereisen. De meest voorkomende waarden voor de belastingweerstand van moderne eindbuizen zijn wel 3500, 7000 en 10000 ohm. Hieruit is dus wel duidelijk geworden dat we om een juiste aanpassing te verkrijgen gebruik moeten maken van een uitgangstransformator.

Dat een *juiste* aanpassing zeer belangrijk is voor het verkrijgen van een goede weergave kwaliteit is wel zonder meer duidelijk, immers bij een „scheve” aanpassing van de eindbuis aan de luidspreker treden niet alleen outputverliezen op, doch er kan ook nog vervorming ontstaan. In het algemeen zal men echter bij een misaanpassing van  $\pm 10\%$  geen moeilijkheden ondervinden zodat hiertegen geen bijzondere voorzorgen nodig zijn. Voor grotere aanpassingsverschillen wordt dat anders. Bij voorkeur zal men dan ook een uitgangstransformator aanschaffen, welke de juiste aanpassing kan leveren. Heeft men echter de beschikking over een exemplaar waarvan de aanpassingswaarden niet overeen stemmen met de gewenste, dan bedenke men bij het gebruik van deze transformator, dat primaire over-aanpassing beter is dan primaire onder-aanpassing. Gezien van uit de secundaire zijde geldt het omgekeerde: onder-aanpassing is beter dan over-aanpassing.

Bijvoorbeeld: Wanneer men de beschikking heeft over twee uitgangstransformatoren waarvan een een primaire impedantie van 6500 ohm en de andere 7500 ohm oplevert indien 'n 5 ohm luidspreker op de secundaire is aangesloten en we eigenlijk een aanpassingsimpedantie van 7000 ohm wensen, dan verdient de montage van laatstgenoemd exemplaar de voorkeur. Van de secundaire zijde bekeken, is het dan natuurlijk weer omgekeerd, we

hebben een 5 ohm aftakking nodig, maar bezitten slechts een 4 en een 6 ohm aftakking op de secundaire-zijde van de uitgangs-transformator, dan verdient het aansluiten van onze 5 ohm luidspreker aan de 4 ohm aansluiting van de transformator de voorkeur, immers ook dan wordt een primaire over-aanpassing verkregen. Men houde steeds in het oog, dat de uitgangs-transformator impedanties transformeert, d.w.z. de primaire impedantie is afhankelijk van wat men op de secundaire aansluit. Is de wikkilverhouding prim./sec. gelijk  $n$ , dan is de primaire impedantie gelijk aan  $n^2$  maal groter dan de impedantie van de secundair aangesloten luidspreker.

Zonder twijfel is echter een juiste impedantie aanpassing van groot belang, wil men tenminste een zo groot mogelijke vervormingsvrije output verkrijgen. Eventueel kan men zelf de secundaire zijde corrigeren door er windingen af te nemen of aan

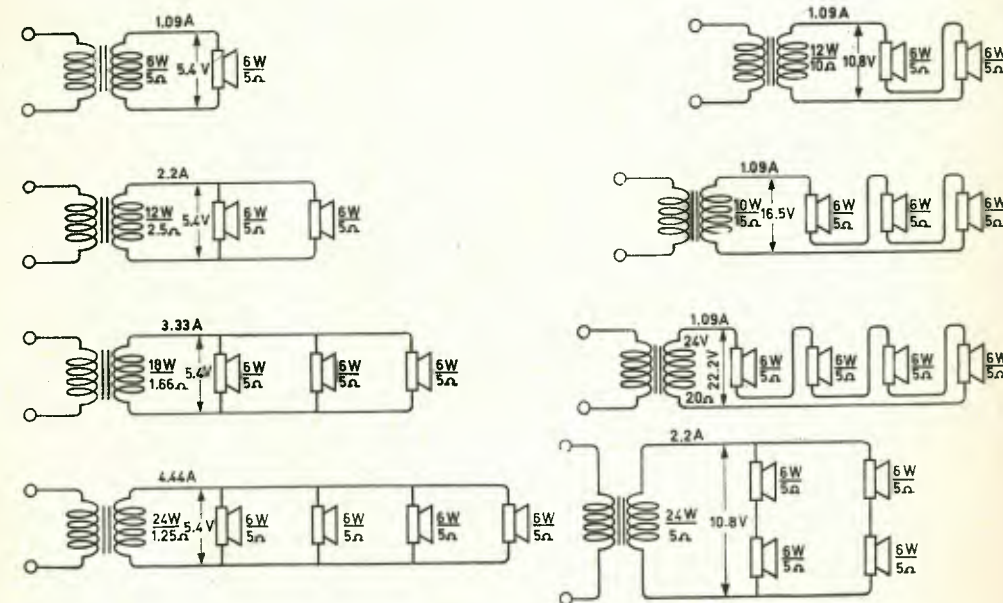


fig. 92

toe te voegen, zodat de juiste aanpassing dan toch nog wordt verkregen.

Wanneer men meer dan één luidspreker aan een versterker wil aansluiten, dan kan men dit natuurlijk op verschillende manieren doen, zoals bijv. parallel-schakelen, serie-schakelen of een serie-parallel schakeling van deze luidsprekers toe te passen. Voor permanente installaties verdient de parallel-schakeling ongetwijfeld de voorkeur;

want zou een van de in het parallel-circuit geschakelde luidsprekers defect raken, dan zal het gehele weergave systeem hiervan nauwelijks hinder ondervinden, doch wanneer dit bij een serie-circuit zou gebeuren, dan komt de uitgang zonder belasting, waardoor de eindbuis(zen) kunnen worden beschadigd. Fig. 92 geeft verschillende schakelmogelijkheden voor luidsprekers met gelijke spreekspoel impedantie en waarbij aan ieder een gelijk electrisch-vermogen wordt toegevoerd.

Iets gecompliceerder wordt de situatie bij parallel-schakeling van luidsprekers met verschillende impedantie en verschillend vermogen. Hier is dan ook het gebruik van een tweede uitgangstransformator noodzakelijk (fig. 93a). Een serieschakeling

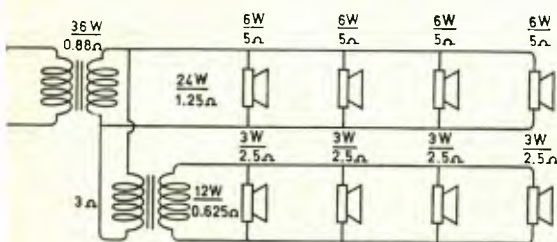


fig. 93a

van luidsprekers met verschillende impedanties en vermogens is echter veel eenvoudiger en in zulke gevallen verdient deze methode dan ook de voorkeur (fig. 93b).

Bij versterkers, welke een vaste uitgangs-impedantie bezitten zoals dit bijv. bij lijnversterkers, enz. het geval is, moet men weer op een andere manier te werk gaan bv. zoals aangegeven in fig. 94. Deze methode wordt veelal toegepast op platen waar bijv. een opname-apparaat en een monitor-luidspreker parallel geschakeld worden achter een studio versterker, welke meestal een vaste aanpassings-impedantie van 500 ohm bezitten. Ook kan men op deze manier de toegevoerde electrische energie regelen.

Enige andere niet te verwaarlozen punten zijn de bedrijfszekerheid, de veiligheid en een minimum aan verliezen. Aan de eerste twee voorwaarden is door toepassing van goede vochtvrije en goed geïsoleerde toevoerleidingen (eventueel loodkabel) met voor leken onbereikbare aansluitpunten gemakkelijk te voldoen. De kabel kan men dan nog ter vergroting van de bedrijfszekerheid en de veiligheid achter de wandbekleding, in het plafond of onder de vloerbedekking aanbrengen voor zover deze leidingen permanent zijn. Door het aanbrengen van speciale kleine stopcontacten op plaatsen

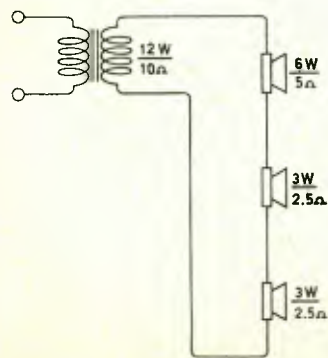


fig. 93b

waar een aansluiting gewenst is, wordt het geheel zo eenvoudig en zeker als men het zich maar wensen kan terwijl de kosten van zo'n goed doordacht systeem op de duur veel goedkoper uitvallen dan verschillende versneden kabels, stuk gestoten of stuk getrapte stekers en contra-stekers, enz.

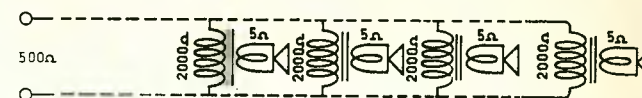


fig. 94a

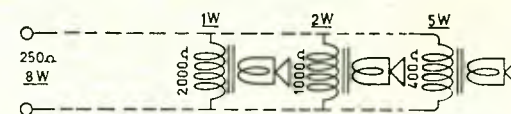


fig. 94b

Het derde punt — nl. het laag houden van de verliezen in de toevoerleidingen — hangt af van de ohmse weerstand van de kabel alsmede de capaciteit t.o.v. aarde en tussen beide aders. Hier is dus een koperdoorsnede van voldoende afmeting voor de kabel gewenst terwijl capaciteits-arme kabel natuurlijk verliezen van de hoge-frequenties voorkomt.

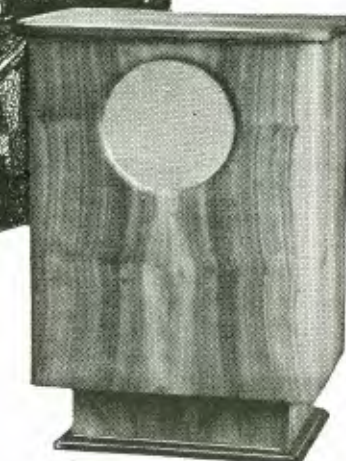
Slechts wanneer met al deze punten rekening wordt gehouden, is met een goede weergavekwaliteit, storings-vrijheid en kleine verliezen te rekenen.

## INHOUD

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Horen .....                                                      | 7  |
| De luisterruimte .....                                           | 13 |
| Juiste keuze van de luidspreker .....                            | 20 |
| Technische gegevens van luidsprekers .....                       | 30 |
| De vlakke Baffle .....                                           | 31 |
| Vlakke oneindig grote Baffle .....                               | 40 |
| Oneindig grote Baffle in kastvorm .....                          | 45 |
| Acoustische resonantie kast .....                                | 50 |
| Het geheel gesloten acoustische labyrnt ....                     | 53 |
| Acoustisch labyrnt .....                                         | 55 |
| De bas-reflex kast .....                                         | 58 |
| De hoorn .....                                                   | 62 |
| Gescheiden weergave van het lage- en hoge-<br>tonen gebied ..... | 65 |
| Luidspreker schakelingen .....                                   | 68 |

### BOUWTEKENINGEN:

|                                                               |       |
|---------------------------------------------------------------|-------|
| Staande Baffle .....                                          | 37    |
| Hartvormige Baffle en statief .....                           | 38—39 |
| Kleine driehoek Baffle .....                                  | 43    |
| Vlakke oneindige grote Baffle voor hoek-<br>bevestiging ..... | 44    |
| Geheel gesloten luidsprekerkasten .....                       | 47    |
| Acoustische resonantiekast voor twee<br>luidsprekers .....    | 52    |
| Acoustisch labyrnt .....                                      | 57    |
| Basreflexkast-radiogramfoon .....                             | 60    |
| Hoge tonen hoorncellen .....                                  | 64    |



## Niet alleen de bassen . . .

maar alle instrumenten van het orkest worden natuurlijker, voller en ruimer van geluid!

Geniet daarvan in de rustige sfeer van uw huiskamer en waan U zelf op een eerste rangs plaats in de concertzaal

Laat U nog vandaag zo'n sierlijke VERDI basreflexcombinatie door uw handelaar voorspelen.

*Thans leverbaar in blank notenfineer of in glanzend gepolitoerd noten met de volgende luidsprekers:*

Voor FM-ontvangers, het beluisteren van microgroefplaten en voor studio-installaties  
PEERLESS CONCERT FM

Voor normale omroepontvangers, standaardgrammofoonplaten en analoge condities  
PEERLESS E100C

Voor hen die van een normale installatie een opvallend helder en krachtig geluid wensen  
GOLDEN WHARFEDALE

**Vraag uw handelaar om nadere gegevens en demonstratie!**

**altijd op de eerste rang**

**VERDI**  
**basreflex kast**