

Hoe bouwen we, met

M. B. L. E

Onderdelen
een Hi-Fi Versterker

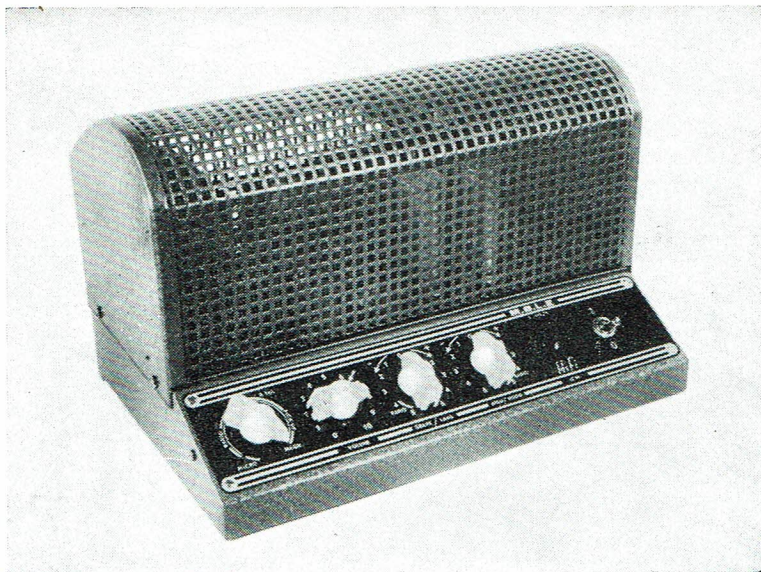


Foto A : uitwendig uitzicht van de M.B.L.E. 12 watt versterker. De regelingen bevinden zich in de gewenste stand voor de weergave van fonoplaten opgenomen volgens de CCIR-normen (of de Amerikaanse RIAA- en de Britse BSI-normen).

Laat ons, voor het opzoeken der normen, die bepalen wat men juist verstaat onder « hoge getrouwheid » op het gebied van versterkers, een werk openslaan met betrouwbare referenties. Het « Radio Designer's Handbook » van Langford-Smith (blz. 630), licht ons hierover zeer juist in (de waarden tussen haakjes zijn als uitersten te beschouwen) :

- Doorlaatband : 40 — 15.000 (30 — 20.000) Hz.
- Totale harmonische vervorming lager dan 1 (0,7) %.
- Intermodulatie lager dan 3 (2) %, gemeten bij 40 en 7.000 Hz.
- Ruispeil lager dan —52 (62) dB.

Stellen we naast deze opsomming de prestaties, die M.B.L.E. aangeeft voor het beschreven apparaat:

- Doorlaatband : 20 — 30.000 Hz, op enkele dB na, in de middenstand der toonregelaars.
- Totale harmonische vervorming : 0,5 % bij 10 watt, 400 Hz.
- Intermodulatie lager dan 2 %, gemeten bij 11 watt (ekwivalent vermogen in sinusvormige signalen).
- Ruis en brompeil van —58 dB in verhouding tot het nominale vermogen.

Dit laat ons toe een eerste oordeel te vellen: De formule, die deze firma ons biedt, is, ondanks een zeer populaire prijs, niettemin **werkelijk** Hi-Fi.

*

WAT BRENGT ONS HET NIEUWE MODEL ?

Twee nieuwe essentiële inrichtingen, wiens afwezigheid bij de voorgaande versterker (« A 1465 » beschreven in de Radio en Televisie Revue nr. 7-8 van 1956 blz. 471) de oorzaak was, dat meer dan een amateur er van afzag. Het handelt hier om :

— Een **korrektievoorversterkertrap** voor mikrofoon en leeskop van het magnetisch type, met de mogelijkheid twee programma's op laag peil te kiezen (in plaats van een enkel op hoog niveau). Deze voorversterker is uitgerust met de pentode **EF86**, die op een anti-mikrofonische voet gemonteerd is (zichtbaar op foto C).

— Een uitgangstransformator, waarvan de **sekondaire meerdere impedanties** heeft (« OT 1801 »), waardoor men kan kiezen tussen twee klemmen (de ene aangepast voor spreekspoelen van 3-7 ohm de andere van 7-15 ohm) om aldus gelijk welke luidspreker of combinatie van luidsprekers te kunnen aanpassen, terwijl de voorgaande « AD 9000 » slechts één uitgang had op 7 ohm.

Deze nieuwe transformator is bovendien meer stabiel, daar de fabrikatiesnippering zodanig werd verminderd, dat het mogelijk was een tegenkoppeling van 29 dB te bereiken. Het koëfficiënt van zelf-induktie van de primaire (35 Henry, gemeten bij 10 V/50 Hz) is voldoende om, samen met de negatieve tegenkoppeling, een doorlaatband te bekomen voor het lage tonen register, die voldoet aan de hedendaagse eisen van de techniek der mikrogroefplaten.

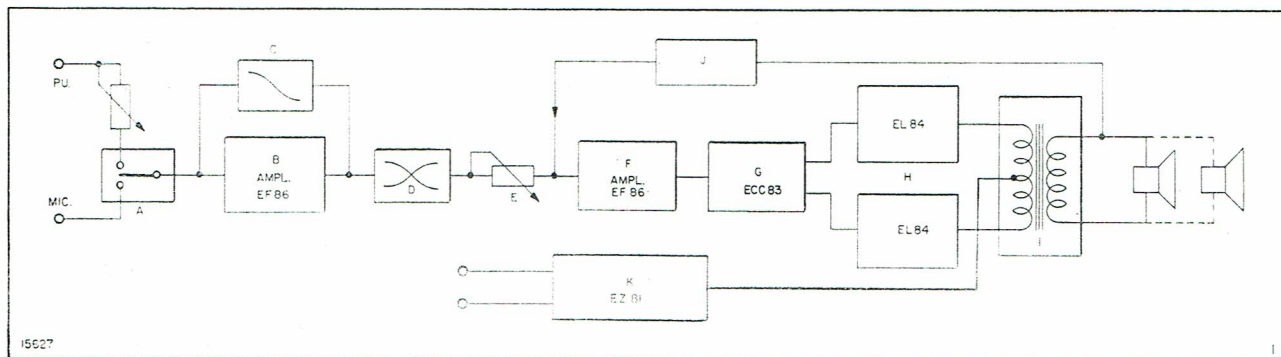
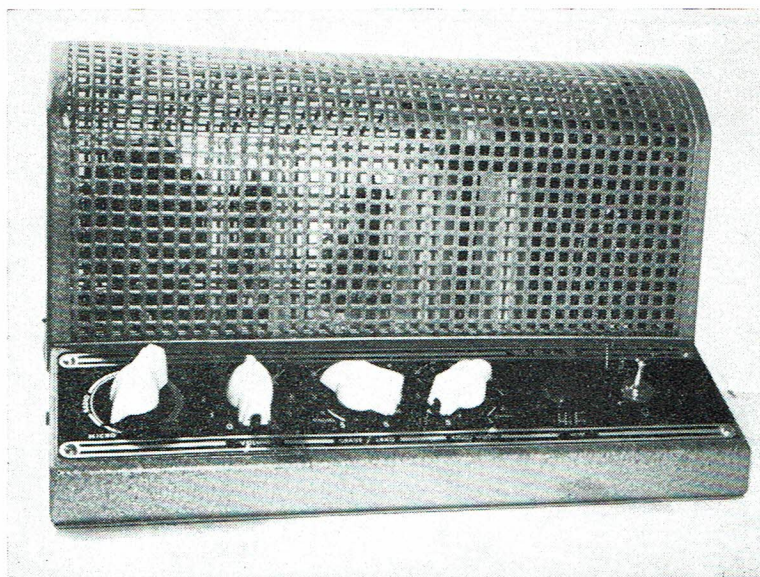


Fig. 1. — Synoptisch schema van de M.B.L.E. LF-versterker « A 1465 M ». A : ingangselektor verbonden met de attenuator voor fono ; B : voorversterker ; C : egalisatieluis ; D : toonkorrekties ; E : algemene attenuator (volumeregeling) ; F : spanningsversterker ; G : faze-omkeertrap ; H : symmetrische uitgangstrap ; I : Uitgangstransformator ; J : tegenkoppelluis ; K : voeding.

Foto B: Een ander uitwendig zicht, doch hierbij zijn de regelingen ingesteld voor mikrofoonweergave met toonkorrektie voor public-address.



Andere inrichtingen werden eveneens bijgevoegd of gewijzigd:

— De **volumeregeling** is van het «fysiologisch» type, waardoor het mogelijk werd de regelknop voor lage tonen uitsluitend voor te behouden aan de noodzakelijke aanpassing van de akoestiek van het lokaal.

Het gebruik van deze kompensatie wordt bovendien fakultatief gemaakt op de stand fono (wat de vijanden van dit principe plezier zal doen!) door het feit dat het klankvolume eveneens kan ingesteld worden door het bedienen van de ingangsassenuator, terwijl de «volumeregeling» op maximum blijft staan, zodat geen korrektie geschiedt. Verder zal er nog sprake zijn van deze regelingen.

— De **voedingstransformator** werd veel ruimer berekend — het is een model van 130 mA, plus twee wikkelingen voor 6,3 V, resp. voor 1,2 en 4,5 A — en de gelijkrichterbuiss is nu de «EZ81», die 150 mA levert: de smoorspoel kon weggelaten worden en de voeding der verschillende trappen geschiedt over een spanningsdeler, in combinatie met de R-C afvlakkringen (zie schema, fig. 4).

De HS op de anoden der eindbuizen werd een weinig verhoogd (310 in plaats van 290 V), vandaar een overeenstemmende verhoging van het gemoduleerd vermogen, dat beschikbaar is op de klemmen van de luidspreker: 12 watt.

Bovendien beschikt men over een reserve van meer dan 30 mA voor de hoge spanning (evenals 2 A voor het verhitten der gloeidraden), bruikbaar voor het voeden van een bijkomend apparaat, zoals bijv. een «HF-afstemblok» voor radio-ontvangst.

Het netverbruik is lager dan 70 watt.

Tenslotte werd het uitwendig uitzicht (foto's A en B) van het metalen koffer (320×220×190 mm) met zijn afgeronde kap en zwart regelpaneel waarbij de benamingen en de regelknoppen wit zijn, verbeterd.

*

DE KRINGEN EN HUN OPTIMUM AFREGELING.

Behalve het synoptisch schema van fig. 1, stellen de fig. 2 tot 4 terwille van de overzichtelijkheid, verdeeld in drie sekties, het principeschema voor van het beschreven toestel, te weten: de **Korrektievoorversterker**, de **Eindversterker** en het **Voedingsblok**. Dit laatste vergt geen enkel commentaar. Ook de formule, die toegepast werd voor de eindversterker, werd reeds te dikwijls beschreven om er in detail op terug te komen.

Er zullen slechts enkele varianten in de schakeling evenals enkele verfijningen in het afregelen worden aangeduid, dit ten behoeve der technici, die met behulp van de nodige meetinstrumenten hun arbeid nog verder willen vervolmaken.

Herinneren we er aan dat in de voornaamste

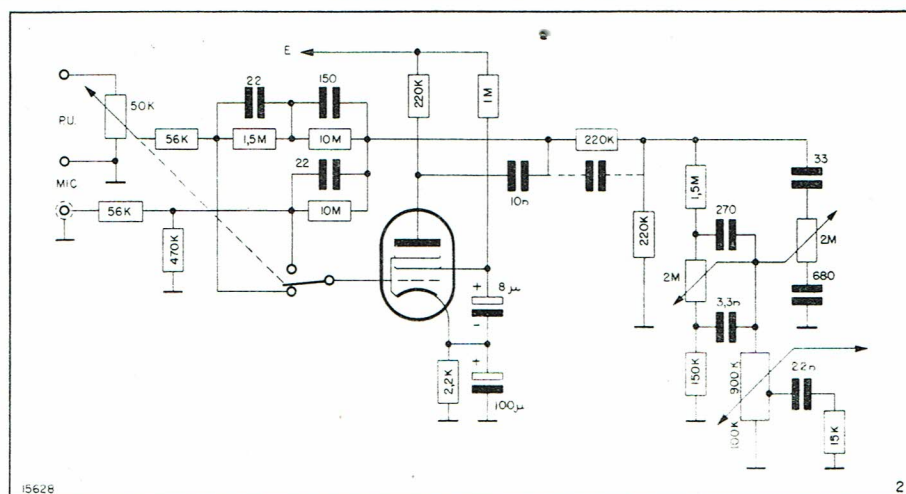


Fig. 2. — Principeschakeling van korrektie-voorversterker.

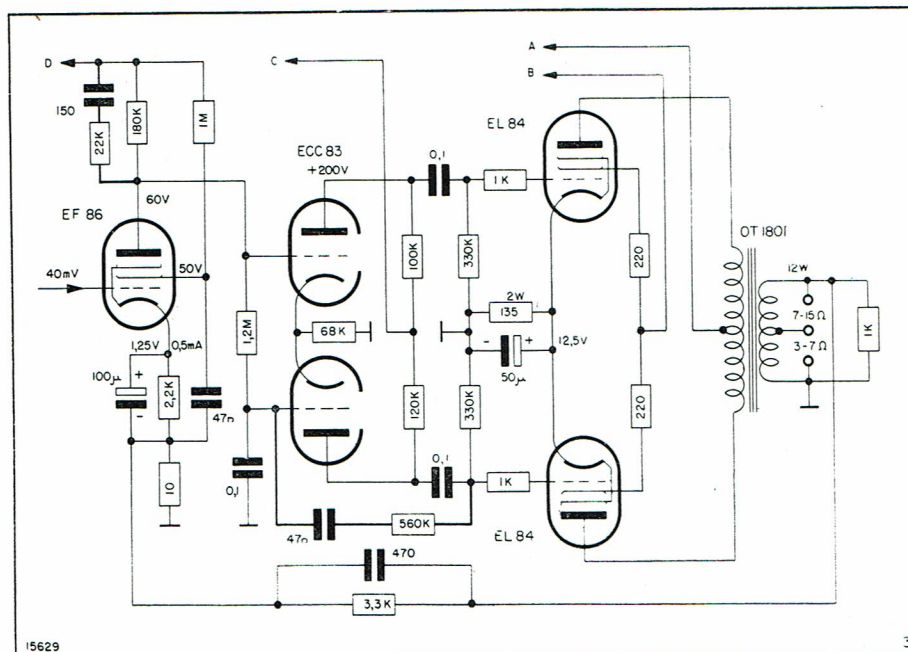


Fig. 3. — Principeschakeling van de eindversterker.

tegenkoppelketen, we achtereenvolgens een EF86 spanningsversterker, een ECC83, in een Schmidt schakeling voor fazeomkering, de symmetrische eindtrap met $2 \times \text{EL 84}$ in klas AB, geschakeld krijgen. De gevoeligheid van de eigenlijke eindversterker is 40 mV voor 10 watt op de uitgang, hetzij 8,35 V over de klemmen van een belastingsweerstand van 7 ohm (de doorlopende overbrugging van de luidsprekeruitgang door een weerstand van 1.000 ohm, heeft tot doel iedere toevallige werking zonder belasting te vermijden).

Er zullen er zijn, die zullen opmerken dat op het ogenblik de uitgangstransformatoren met schermroosteraftakkingen in de mode zijn. Om deze echter volkomen stabiel te laten werken, moeten ze vervaardigd worden op een manier, die zeer hoge kostprijzen met zich brengt; en is het bovendien niet hetzelfde of men nu een tegenkoppeling van 26 dB bekomt door één hoofdslus, ofwel of men deze verkleint tot 20 en de overige 6 verkrijgt door een «ultra-lineaire» schakeling van de eindtrap?

De globale tegenkoppeling is 28 dB op 1000 Hz waardoor het mogelijk is een dempingsfaktor van de luidspreker te verkrijgen van 30 (zeer hoog cijfer want 10 wordt met reden beschouwd als zijnde voldoende) en een signaal-ruisverhouding van ongeveer -60 dB.

Zulke graad van tegenkoppeling stelt problemen

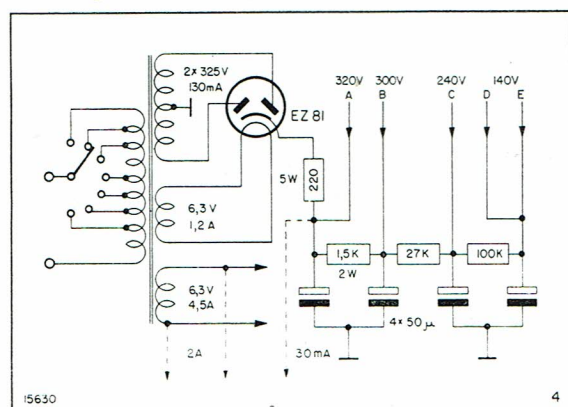


Fig. 4. — Schema van de algemene voeding.

voor de stabiliteit, vooral wanneer de luidspreker niet juist aangepast is, of wanneer de verbindinglijn te lang is. Dit verklaart de aanwezigheid der twee R-C korrektiekringen (in fig. 3 dik getekend: 22 k Ω en 150 pF over de belastingsweerstand der EF86, 560 k Ω en 47 nF in een terugkoppelketen over de fazeomkeerbuïs).

Men weet dat de stabiliteit van een LF versterker met tegenkoppeling een functie is van de fazedraaiing in de versterkerketen of in de terugkoppelkring en de faktor β van deze tegenkoppeling:

$$\text{winst met tegenkoppeling} = \frac{A}{1 - \beta A}.$$

Het zou niet slecht zijn over dit onderwerp een kleine theoretische uitweiding te geven: de fazedraaiing in iedere versterkertrap bedraagt 180° tussen anode en rooster (er zijn hier 3 trappen, wat natuurlijk $3 \times 180^\circ$ geeft); bovendien zijn er fazeverplaatsingen te wijten aan de R-C koppelingselementen tussen de trappen (de rechtstreekse verbinding tussen de EF86 en de ECC83 laat toe er een uit te schakelen) die invloed uitoefenen op de transmissie der zeer lage frekwenties, zonder de invloed te vergeten der karakteristieken van de **uitgangstransformator** waarvan het **ekwivalente schema** voorgesteld wordt in fig. 9a. Hierin is

n = transformatieverhouding

ρ = inwendige weerstand der eindbuizen.

R1 = ohmse weerstand der primaire wikkeling.

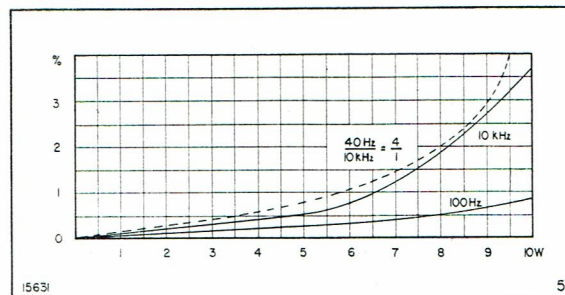
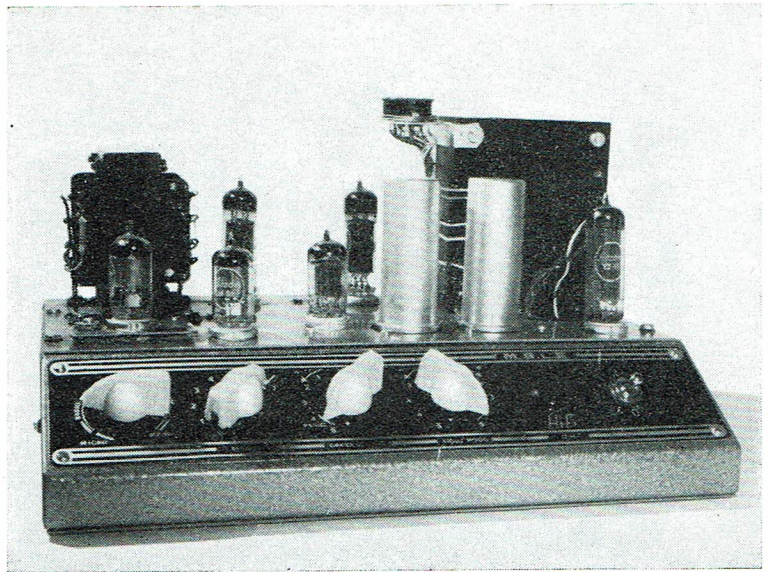


Fig. 5. — Vervormingskrommen. In volle lijn de harmonische vervorming, in streepjeslijn de intermodulatie-vervorming.

Foto C: het chassis zonder kap. Hierbij zijn de regelingen ingesteld in de stand «radio».



- R_2 = ohmse weerstand der sekondaire wikkeling.
 C_1 = verdeelde capaciteit der primaire wikkeling.
 C_2 = verdeelde capaciteit der sekondaire wikkeling.
 L_1 = wederkerig zelfinductiecoëfficiënt.
 L_s = zelfinductiecoëfficiënt van het strooiveld.
 Z_o = belasting.

De waarden van L_1 , L_s , C_1 en C_2 veranderen met de frekwentie, maar C_1 en C_2 mogen in een eindtrap verwaarloosd worden evenals L_1 , wanneer men slechts de hoge frekwenties beschouwt. Vandaar dat voor deze het schema van fig. 9b geldt.

Bij de lage frekwenties kan men daarentegen L_s verwaarlozen, zodat men dan de ekwivalente schakeling 9c bekomt.

Met deze schakeling met de transformator «OT 1801», treedt een ultrasonore onstabiliteit op wanneer men een tegenkoppeling van 40 dB toepast, ofwel van 29 dB bij het aanbrengen, parallel op de resistieve belasting van 7 ohm, van een condensator van $0,1 \mu F$. Ze is toe te schrijven aan L_s omdat de R-C koppellementen geen rol meer spelen op deze hoge frekwenties. Het is dus noodzakelijk dat L_s een waarde heeft die kleiner blijft dan 30 mH.

Vergeeten we nochtans niet dat de luidspreker een inductieve belasting vormt; de normaal in zijn plaats gebruikte weerstand bij het uitvoeren van metingen geeft dus niet de werkelijke toestand weer.

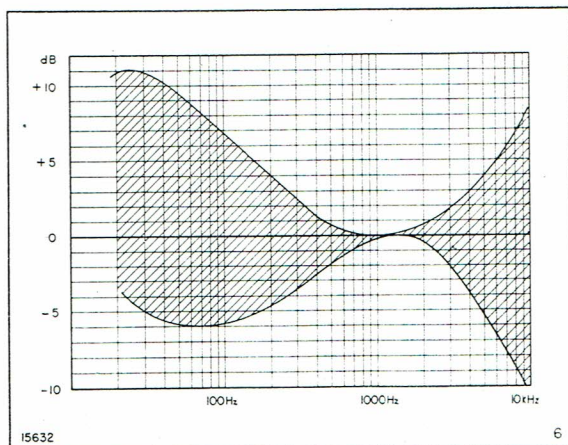


Fig. 6. — Regelbereiken van de toonregelingen.

Anderzijds zal dit elektronisch apparaat, in veel gevallen, geroepen zijn om gebruikt te worden samen met diverse reproductie-elementen. Wanneer men zulke verscheidenheid van belastingen voorziet, en bij elke gelegenheid waar er geen kans bestaat dat de ruis zou hoorbaar worden, dan is het van belang, de graad van tegenkoppeling iets te verminderen, wat slechts zal leiden tot een geringe vermeerdering der vervorming bij maximum vermogen, met een onbeduidende vermindering van de doorlaatband, terwijl de dempingsfaktor meer dan voldoende zal blijven. Wanneer men de serieweerstand in de terugkoppellus vergroot (de nominale waarde bedraagt 2,2 k Ω voor 28 dB) tot 3,3 k Ω (laagtype met lage ruis), behoudt men nog een tegenkoppeling van 26 dB en voor 4,7 k Ω , 24 dB.

De parallel condensator kan verhoogd worden tot 570 pF (keramisch model), maar de beste oplossing, voor technici, die een perfect resultaat wensen te bekomen met een bepaalde luidspreker, is de optimum waarde op te zoeken met behulp van een generator en een oscillograaf, voor een minimum vervorming van een vierkantsgolf met een frekwentie van 10 kHz, dit met de werkelijke inductieve belasting, die zal gebruikt worden (zie fig. 10). Deze bewerking is niet onmisbaar voor de gemiddelde amateur en de sonorisa-tie-specialist, die zich kunnen tevreden stellen met het nameten der voornaamste spanningen, in overeenstemming met de in de tabel van de hand-leiding gegeven waarden. Maar ze zal de fanatieke

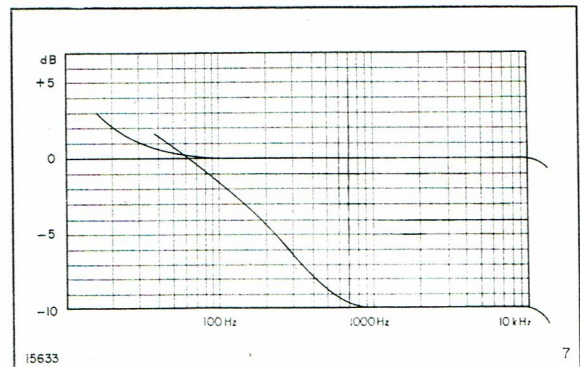
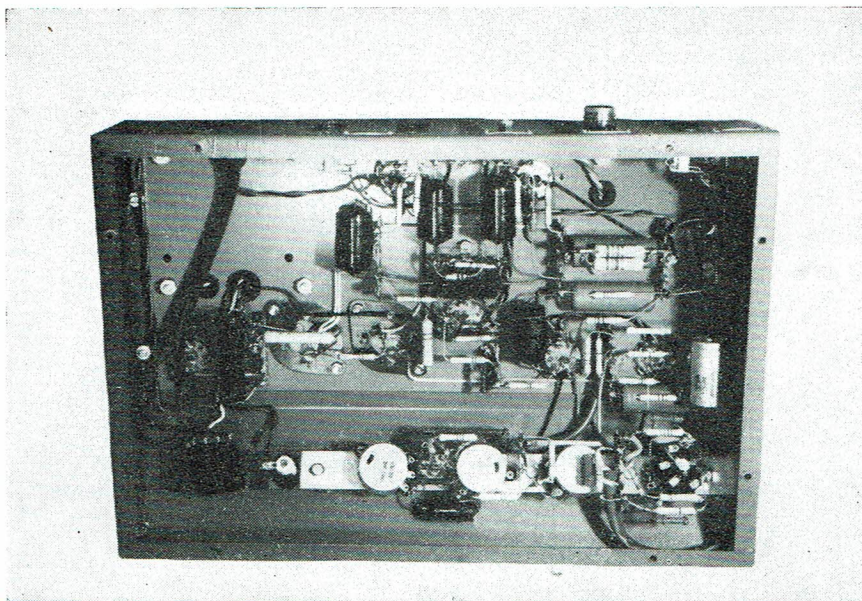


Fig. 7. — Weergavekromme in de rechtlijnige stand van de toonregelaars (ingangstrap niet inbegrepen) en invloed van de fysiologische compensatie, ingebouwd in de algemene attenuator.



Hi-Fi liefhebber de zekerheid schenken, dat hij in het bezit is van een uitstekend op punt gesteld versterker-weergave ensemble.

*

DE KORREKTIEVOORVERSTERKER EN ZIJN OORDEELKUNDIG GEBRUIK.

De fono-ingang wordt belast met $50\text{ k}\Omega$, gevormd door de ingangsattenuator die, door de knop in de richting, tegenovergesteld aan de wijzers van een uurwerk, te draaien gelijktijdig door overschakeling de selectie « fono-mikro » verwezenlijkt. Het bekoorlijke van deze inrichting is dat wanneer men wil overgaan tot de functie mikro, men op progressieve wijze de muzikale modulatie van de andere bron atteneert en omgekeerd.

De fonografische correctie, bekomen door een selectieve terugkoppeling tussen anode en rooster, stemt overeen met de C.C.I.R. norm (die geheel overeenstemt met de Amerikaanse R.I.A.A. of de Engelse B.S.I.); met een overgang tussen de 500 en 1000 Hz en een desaksentuatie van ongeveer -10 dB op 10 kHz (zie fig. 8), voldoet ze voor alle hedendaagse opnamen evenals — mits als enige voorwaarde een kleine wijziging aan de toonregelaars — voor de oudere platen op 33 en 78 t/m.

De ingangsweerstand van $50\text{ k}\Omega$ en een gevoeligheid van 35 mV (voor het bekomen van het maximum vermogen) zijn geschikt voor de meeste magnetische toonafnemers (veranderlijke reluktantie), die op de Belgische markt beschikbaar

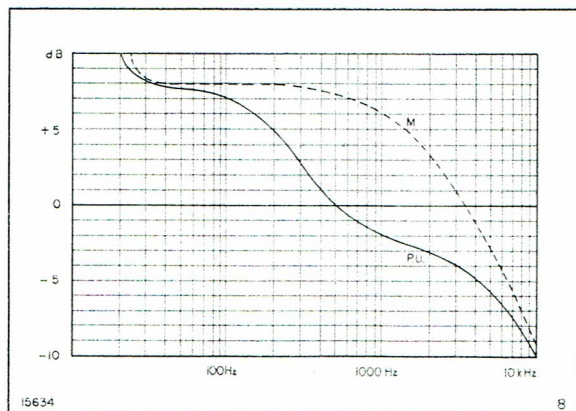


Fig. 8. — « Fono »- en « Mikro »-correcties in de ingangstrap.

zijn. De regelknoppen zullen daar ongeveer in de zelfde stand, zoals te zien op foto A, geplaatst worden. Anderzijds heeft dezelfde lage ohmse waarde, wanneer ze parallel geschakeld wordt over een piëzoelektrische cel, de eigenschap het lage register op zulke wijze te desaksentueren, dat het signaal, door deze laatste geleverd, dan hetzelfde uitzicht aanneemt als dit, welke men bekomt over de klemmen van een velociteitskop; men kan er dus dezelfde correcties op toepassen, doch met het bijkomend voordeel van een betere kristaldemping, zodat de weergavekromme terzelfdertijd vlakker wordt. De grotere spanning, in het geval van een piëzoelektrische afleescel, zal afgezwakt worden door de index van de ingangsattenuator ongeveer op de stand « XTAL » te plaatsen (de gevoeligheid voor deze regeling is 500 mV).

Een gedetekteerd HF signaal kan eveneens geïnjecteerd worden op dezelfde aansluitklemmen, terwijl de gevoeligheid nog meer verlaagd wordt (een verzadiging van de ingangsbuis zal slechts plaats vinden boven 1 Veff).

De verschillende afregelingen zullen in de standen, aangeduid met « Radio », geplaatst worden

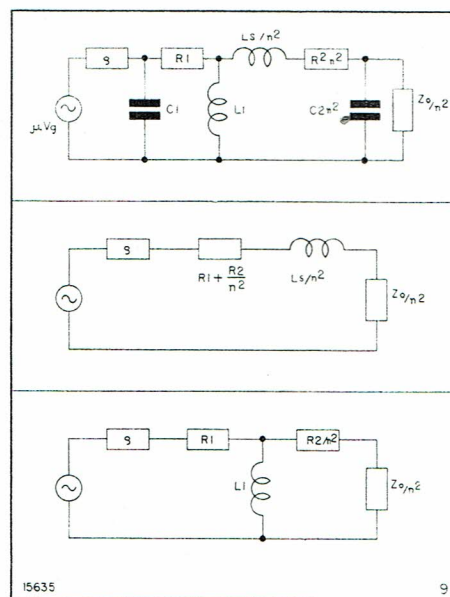


Fig. 9. — Ekwivalente schema's van de uitgangstransformator: a) algemeen; b) op hoge frequenties; c) op lage frequenties.

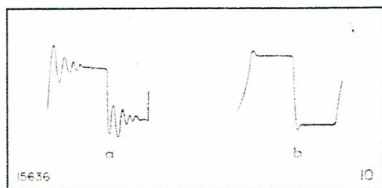


Fig. 10. — Afregeling met behulp van een rechthoekgolf van 10 kHz. a) onjuist; b) juist.

(foto C): de verandering van de normale regelstand der tonaliteitsregeling verplichtend omwille van de aanwezigheid van een vaste fonokorrektie, die natuurlijk in omgekeerde zin dient gewijzigd te worden.

De mikrofooningang (gevoeligheid 16 mV) werkt op hoge impedantie (ongeveer 500 k Ω) en er wordt een attenuatie der hoge tonen voorzien (kromme van fig. 8) die men bovendien kan verminderen door de regelknop der hoge tonen in de richting van de wijzers van een uurwerk te verdraaien (zoals te zien is op foto B). Dit trage afsnijden der hoge frekwenties werd gekozen met het oog op « public-address »; in geval van het weergeven van het gesproken woord is het eveneens aan te raden het register voor lage tonen met behulp van de overeenstemmende instelknop eveneens te verzwakken.

De twee ingangen zullen logischer wijze gebruikt worden zoals aangegeven, wanneer men een klankinstallatie van kwaliteit wil verwezenlijken.

In de meeste huishoudelijke toepassingen zal men eerder willen beschikken over een ingang voor toonafnemer en een voor Radio. Men zal de fonofunctie dan laten zoals voorzien en de modulatie met microfoon vervangen door de functie « radio »; het volstaat de gevoeligheid te verminderen op de ingang van de mikrofoon door de waarde van de spanningsdelers (56 k Ω) te vermenigvuldigen met 10. Dit biedt een ander voordeel: wanneer men het signaal afneemt over de klemmen van de detektieweerstand of van de volumeregelaar van een radiotoestel (wat zeker beter is dan het af te nemen van de aansluiting voor tweede luidspreker), dan is de ingangsweerstand van de versterker voldoende hoog om de kring waarop men hem aansluit, niet te wijzigen. Wanneer men zich in de nabijheid van een plaatselijke zender bevindt, dan zal een eenvoudige kring, met rechtstreekse detektie door een germaniumdiode (OA79 bijvoorbeeld) uitstekend voldoen. Zoniet, zal men, in plaats van een volledig radiotoestel te kopen, er toe overgaan een uitstekende « Tuner » te bouwen, volgens het schema, dat door L. Boulart in dit tijdschrift gepubliceerd werd (Radio en Televisie-Revue, febr. 1957).

Indien de platendraaier waarover men beschikt motorbrom zou vertonen, dan kan men de weergave der zeer lage tonen verminderen door de verbindingskondensator van 10 nF te verlagen tot de helft dezer waarde.

Op de uitgang van de buis EF86 zal men een spanningsdelers opmerken, gevormd door twee weerstanden van 220 k Ω . Deze kunnen het voorwerp uitmaken van twee fakultatieve wijzigingen en dit volgens behoefte: vermindering van de ene, verhoging van de andere, wanneer een hogere globale versterking noodzakelijk lijkt; parallel plaatsen van een capaciteit met een kleine waarde (bv. 15 pF) over de bovenste weerstand (zie fig. 3, gestippeld weergegeven) wanneer men een lichte verhoging wenst van het spectrum der hoge tonen op de « O » stand der toonregelaars. Deze zijn van het klassieke type en hun variatiebereik werd niet opgedreven boven ± 10 dB (zie fig. 6) omdat er andere korrektiemiddelen waren o.a. de toevoeging aan de gewone volumeregeling (1 M) van een R-C kring (15 k Ω en 22 nF) gekoppeld aan een aftakking (100 k Ω); deze verwezenlijkt automatisch, en dit volgens het verloop aangegeven in fig. 7, het ophalen, dat op laag luisniveau, vereist wordt door de fysiologie van het oor.

De beste methode is, bij de middenstand van de potentiometer voor het volume (aangeduid op het voorpaneel door een pijl) het instellen op het normale gehoorniveau met behulp van de ingangsatenuator; voor iedere latere vermindering van de geluidsintensiteit, zal men dan de hoofdregelknop zodanig instellen dat het evenwicht van het register der lage tonen in verhouding tot de midden en hoge tonen bewaart blijft.

*

We herinneren er aan dat de « A 1465 » geleverd wordt in **bouwdoos**, buizen inbegrepen. Een tweetalige handleiding wordt bij iedere eenheid bijgeleverd: deze bevat buiten een reeks bedraingsplannen, alle gegevens voor het monteren, gedetailleerd in opeenvolgende fazen. De bouw biedt geen enkele moeilijkheid voor diegene, die reeds op gebied der radioelektriciteit iets in elkaar geknutseld heeft; foto D geeft een algemeen zicht op de uit te voeren arbeid.

Voor het beluisteren op een gemiddeld peil van fonoplaten van hoge kwaliteit, zal deze versterker een gelukkige keuze vormen, terzelfder tijd modern en democratisch in prijs.

J. DEWEVRE.

Aangeboden door



**MANUFACTURE BELGE DE LAMPES ET DE
MATERIEL ELECTRONIQUE N.V.**

TWEE STATIESSTRAAT 80 — BRUSSEL 7

Dokumentatie-afdeling « ELEKTRONIKA »
P.T. 802