

Lead

LE HA2645 DE HARRIS AMPLI.OP. ± 40 V

CALCUL DES PARAMETRES D'UN H.P.

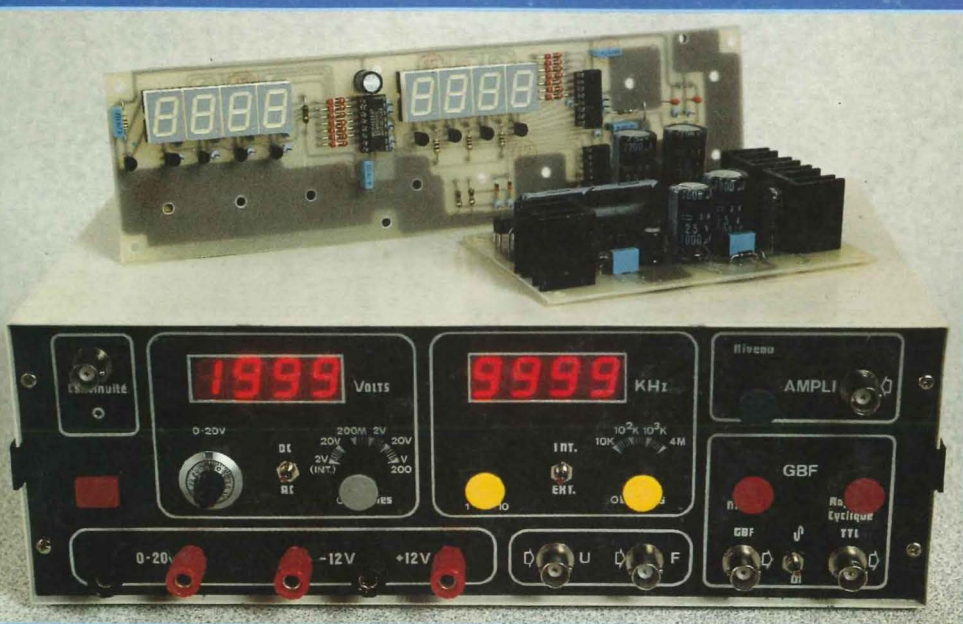
AMPLIFICATEUR POUR INSTRUMENTS

ET SONORISATION DE 40 Weff

MINI LABORATOIRE AUDIO : AUDIOLAB 06

AMPLI STEREO DOUBLE PUSH-PULL EL84

MINI LABO AUDIO



DOUBLE PUSH-PULL EL84 SUR CHASSIS



M 1226 - 137 - 28,00 F



St Quentin Radio

6 rue de St Quentin 75010 PARIS / Tél (1) 40 37 70 74 - Fax (1) 40 37 70 91

TRANSISTORS ET CIRCUITS INTEGRES	
IRF 150 plus fabriqué	MJ 15024 33F
équivalents suivants	MJ 15025 42F
2N 6764 TO3 94F	MJE 340 5F
Boitier plat TO218	MJE 350 5F
IRFP 150 44F	MPSA 06 2F
MTW45N10 55F	MPSA 56 2F
	MPSA 42 2,5F
	MPSA 92 2,50F
IRF 530 18F	NE 5532AN 10F
IRF 540 20F	NE 5534AN 8F
IRF 840 24F	OP 22HP 45F
IRF 9530 18F	OP 77GP 19F
IRFP 240 32F	SSM 2017 30F
IRFP 350 31F	SSM 2018 44F
LF 356N 9F	SSM 2120P 73F
LM 317T 5F	SSM 2139 30F
LM 317K 20F	SSM 2141 30F
LM 317HVK 62F	SSM 2142 51F
LM 337T 12F	SSM 2210 35F
	SSM 2220 40F
LM 344H plus fabriqué,	TDA 1514A 45F
équivalent	TDA 1520B 22F
HA2 2645-5 55F	TDA 7250 44F
	2N3055 11F
LM 395T 27F	2N3440 7F
LM 675T 56F	2N3819 4,50F
LT1028 60F	2N3866 16F
LM3886 61F	2N3904 2F
MAT 02FH 89F	2N3906 2F
MAT 03FH 99F	2N5401 3F
MAX 038 148F	2N5416 6,50F
MJ 15001 21F	2N5551 3F
MJ 15002 26F	PRIX PAR QUANTITÉ
MJ 15003 22F	Liste non exhaustive
MJ 15004 23F	

POTENTIOMETRE PROF. ALPS (*) même panachés

Potentiomètres AUDIO PROFESSIONEL, doubles logarithmiques
 2x10K, 2x20K, 2x50K, 2x100K 99F pièce
 /par 5 (*) : 89F/ par 10 et +(*) : 85F

POTENTIOMETRE SFERNICE

Potentiomètre piste CERMET 1Watt/70°C, axe long métal de 50mm, pour circuits imprimés.
LINÉAIRE MONO : 470 ohms, 1K, 2K2, 4K7, 10K, 22K, 47K, 100K, 220K, 470K, 1M 29F
LOG. MONO : 470 ohms, 1K, 2K2, 4K7, 10K, 22K, 47K, 100K, 220K, 470K, 1M 34F
LINÉAIRE STÉRÉO : 470 ohms, 1K, 2K2, 4K7, 10K, 22K, 47K, 100K, 220K, 470K, 1M 48F
LOG. STÉRÉO : 470 ohms, 1K, 2K2, 4K7, 10K, 22K, 47K, 100K, 220K, 470K, 1M 59F

CÂBLE AUDIO PROFESSIONNEL

GOTHAM (Suisse)
 GAC 1 : 1 conduct. blindé ø 5,3mm, rouge ou noir 12F le m
 GAC 2 : 2 conducteurs blindés ø 5,4mm 12F le m
 GAC 2 mini : 2 conducteur blindés (pour le câblage interne) ø 2,2mm 5F le m
 GAC 3 : 3 conducteurs blindés ø 4,8mm 16F le m
 GAC 4 : 4 conducteurs blindés ø 5,4mm 18F le m

MOGAMI (Japon)
 3080 : câble interface audio digital 110 ohms, 2 cds blindés + drain 18F le m
 2534 : 4 conducteurs (sym.) blindés ø 6mm 20F le m
 2592 : 2 cds blindés ø 6mm (+ gaine carbonée) 12F le m
 2582 : 2 conducteurs blindés ø 6mm 12F le m

CÂBLE NEGLEX pour Haut-parleur MOGAMI (Câble rond)
 2972 : 4 conducteurs de 2mm², ø 10mm 46F le m
 2921 : 4 conducteurs de 2,5mm², ø 11,5mm 46F le m
 3082 : 2 cds de 2mm², ø 6,5mm (pour XLR) 20F le m

MODULES HYBRIDES "MIPOT"

Applications : transmission de données, systèmes de sécurité etc...
 Emetteur AM antenne intégrée 433 MHz 149F
 Récepteur AM 433 MHz 65F
 Emet. AM sortie 50 ohms 433 MHz ou 224MHz .. 196F
 Récep. AM S.hétérodyne 433 MHz ou 224MHz 202F
 Emetteur FM antenne intégrée 433 MHz 227F
 Récepteur AM super hétérodyne 433 MHz 576F

MODULES HYBRIDES "ASTREL"

Emet. FM -PLL sortie 50 ohms 433 MHz 356F
 Récept. FM -PLL sortie 50 ohms 433 MHz 663F

ANTENNES POUR MODULES HYBRIDES

Antenne 33cm 86F
 Antenne 17cm 86F
 Antenne NOKIA 9cm environ 95F
 Antenne ERICSSON 3cm 125F

POTENT. SFERNICE ÉTANCHE PE30

Piste Cermet, dissipation max 3W/70°C, axe métal longueur 40mm, cosses à souder.

LINÉAIRE MONO : 470, 1K, 2K2, 4K7, 10K, 22K, 47K, 100K, 220K 75F

Tous les "TRANSFO" & "TUBES" pour réaliser les «AMPLI» à TUBES de la revue LED !

Transformateurs fabriqués par M Chrétien, un grand Monsieur des transfos.!

TRANSFO SÉRIE 8020 (LED n° 130)

ALIMENTATION : 220V/230V - 2x220V + 2x6,3V (2,8 Kg) 345F
 IMPÉDANCE : 8000 ohms / 4, 8, 16 ohms (2 Kg) 425F

TRANSFO SÉRIE 4004 (LED Février 96)

ALIMENTATION : 220V/230V - 2x220V + 2x6,3V (4 Kg) 480F
 IMPÉDANCE : 4000 ohms / 4, 8, 16 ohms (3 Kg) 499F

TRANSFO SÉRIE 2005

ALIMENTATION : 220/230V - 2x300V + 2x6V3 (2,8 Kg) 345F
 IMPÉDANCE : 5000 ohms / 8 ohms (1,1 Kg) 255F

TUBES	
ECC 83 60F	
ECC 82 60F	
EL 34 135F	
EL 84 65F	

N'hésitez pas à nous demander un devis pour la fourniture des composants de vos réalisations.
 Faites le total des masses des différents transfo pour évaluer le poids approximatif, ajoutez quelques centaines de grammes pour l'emballage.

Support NOVAL Circuit Imprimé la pièce 22F

EXPÉDITION COLISSIMO UNIQUEMENT : mini 50F de matériel : jusqu'à 500g : 28F, de 0,5 à 1Kg : 32F, de 1 à 2Kg : 38F, de 2 à 3Kg : 42F, de 3 à 5Kg : 50F, de 5 à 7Kg : 58F, de 7 à 10Kg : 68F Au delà de 10Kg port SNCF (suivant distance, mini 150F). Paiement : chèque, mandat, carte bleue. Le port demandé représente à quelques francs près la somme payée aux PTT. Pour le recommandé : ajoutez 15F. Pour un Contre-Remboursement : ajoutez 40F
CATALOGUE ST QUENTIN RADIO : 15F au comptoir/ 30F par correspondance

CONDENSATEURS RADIAUX C039

CO 39 , faible résistance série, découplage BF et MF
 1500 µF/ 400V (6x105mm) 249F
 + Toute une gamme de condensateurs radiaux haute tension.

AMPLIFICATEURS MONOLITHIQUES ~ 50 OHMS

- Fabricant MINI-CIRCUITS
 MAR 6 - DC à 2GHz/ 2dBm max 19F
 MAR 8 - DC à 1GHz/ 12,5dBm max 22F

FICHES PROF. NEUTRIK

FICHES JACK PROFESSIONNELLES
 Mono 6,35mm 25F
 Mono coudé 6,35mm 25F
 Stéréo 6,35mm 32F
 Stéréo coudé 6,35mm 55F

FICHES XLR ALIMENTATION 2+T

Mâle chassis 45F
 Fem.chassis 63F
 Fem. prolongateur droit 63F
 Mâle prolongateur droit 76F

RCA mâle professionnelle OR
 Le couple Rouge + Noir mâle prol. 117F

FICHES PROF. XLR NEUTRIK

broche	prolongateur		chassis	
	mâle	fem.	mâle	fem.
3 br	30F	35F	30F	35F
4 br	35F	45F	45F	48F
5 br	51F	61F	45F	65F
6 br	66F	70F		
7 br	69F	80F		

Led

Société éditrice :
Editions Périodes
Siège social :
1, bd Ney, 75018 Paris

SARL au capital de 51 000 F
Directeur de la publication :
Bernard Duval

LED

Mensuel : 28 F
Commission paritaire : 64949
Locataire-gérant des
Editions Fréquences

Tous droits de reproduction réservés
textes et photos pour tous pays
LED est une marque déposée
ISSN 0753-7409

Services Rédaction-**Abonnements :**

(1) 44.65.80.88 poste 7314
1 bd Ney, 75018 Paris
(Ouvert de 9 h à 12 h 30
et de 13 h 30 à 18 h
Vendredi : 17 h)

Rédaction

Ont collaboré à ce numéro :
Bernard Duval
Jean-Claude Gaertner
Bernard Dalstein

Abonnements

6 numéros par an :
France : 125 F
Etranger : 175 F

Petites annonces gratuites

Les petites annonces sont
publiées sous la responsabilité de
l'annonceur et ne peuvent se
référer qu'aux cas suivants :

- offres et demandes d'emplois
- offres, demandes et échanges
de matériels uniquement
d'occasion
- offres de service

Composition

- PV Editions

Photogravure

Sociétés PRS et PCS
Impression
Berger Levraut - Toul
Photo de couverture
Antonio Dellin

6

EN SAVOIR PLUS SUR LE CALCUL DES PARAMÈTRES D'UN HAUT-PARLEUR

Les travaux de M. Thiele suivis par ceux de M. Small ont permis de progresser considérablement dans la compréhension du fonctionnement d'un haut-parleur dans le domaine des basses fréquences. Ils ont en effet proposé un modèle équivalent électrique simple qui permet, moyennant quelques précautions, de calculer avec une excellente approximation la courbe de réponse, en fonction du volume et du type de charge utilisés.

Pour pouvoir utiliser ces modèles, nous allons définir les paramètres nécessaires et vous proposer quelques moyens pour les mesurer.

14

MINI LABO AUDIO (2^{ème} PARTIE)

Nous allons donner vie à cette

réalisation qui n'a aucun équivalent sur le marché actuellement. La réalisation des cartes ayant été abordée dans notre précédent numéro, il ne reste plus qu'à effectuer les essais préliminaires de nos modules.

Nous aborderons la partie mécanique (plan de perçage, mise en boîtier, réalisation de la face avant).

Le câblage terminé, il ne vous restera plus qu'à profiter pleinement de votre appareil.

28

AMPLIFICATEUR POUR INSTRUMENTS ET SONORISATION DE 40 Weff

Destiné aussi bien au home-studio qu'à la sonorisation amateur, cet Amplificateur Combo associe efficacité, compacité et polyvalence sans excès de complexité.

Bien plus qu'un Amplificateur pour instruments, il offre sous un volume compact de 80 litres, une grande fonctionnalité, en raison notamment de la présence d'une poutre de mixage à trois entrées.

42

AMPLIFICATEUR DOUBLE PUSH-PULL D'EL84 (2^{ème} PARTIE)

Vu l'intérêt suscité par les lecteurs pour cette réalisation à tubes, nous avons étudié une mise sur chassis de l'électronique publiée dans notre précédent numéro. Le prototype terminé n'a rien à envier aux appareils distribués par les revendeurs de matériels Hi-Fi aux tarifs de 10 000 à 15 000 F (coût de notre étude : 3 000 F).

48

EN SAVOIR PLUS SUR LE HA2645 DE HARRIS

C'est l'ampli opérationnel haute tension qui va remplacer désormais les LM344H et LM144H de National Semiconductor pour la réalisation, entre autres, des Amplificateurs classe A publiés dans Led. Nous en profitons pour l'introduire également dans l'Amplificateur pour instruments décrit dans ce numéro.

DROITS D'AUTEUR

Les circuits, dessins, procédés et techniques publiés par les auteurs dans Led sont et restent leur propriété. L'exploitation commerciale ou industrielle de tout ou partie de ceux-ci, la reproduction des circuits ou la formation de kits partiels ou complets, voire de produits montés, nécessitent leur accord écrit et sont soumis aux droits d'auteur. Les contrevenants s'exposent à des poursuites judiciaires avec dommages-intérêts.

LES SOMMAIRES DES NUMEROS NON EPUISES

**OFFRE EXCEPTIONNELLE
VALABLE
JUSQU'AU 15 JUIN 1996**

**DERNIERE OFFRE
AVANT DESTRUCTION
DES NUMEROS
EN STOCK**

10F/NUMERO

Pour compléter votre collection de LED
à adresser aux EDITIONS PERIODES
service abonnements
1, boulevard Ney 75018 PARIS

Je désire :

- ... n° 106 ... n° 107 ... n° 116 ... n° 117
 ... n° 119 ... n° 120 ... n° 121 ... n° 122
 ... n° 123 ... n° 124 ... n° 125 ... n° 126
 ... n° 127 ... n° 128 ... n° 129 ... n° 130
 ... n° 131 ... n° 132 ... n° 133 ... n° 134
 ... n° 135

10F 30 F le numéro (frais de port compris)

Je vous fais parvenir ci-joint le montant
de..... F par CCP par chèque bancaire
(Ecrire en CAPITALES, S.V.P.) par mandat
Mon nom :
Mon adresse :
.....

Les circuits imprimés de tous ces
numéros sont disponibles (voir ser-
vice circuits imprimés dans chaque
numéro).

N° 106

Rubriques	Page
L'exploitation de la connaissance (Projet n° 13 : Montages basculeurs) astables et à seuils	4
Fréquence-mètre 1 Hz à 2 MHz (1 ^{re} partie)	12
Thermomètre à afficheurs géants (1 ^{re} partie)	32
Pédale d'effets - Module MO5	40
Echo analogique	

N° 107

Rubriques	Page
L'exploitation de la connaissance (Projet n° 14 : Sonde thermométrique)	4
Thermomètre à afficheurs géants (2 ^e partie)	10
Base de temps économique à quartz	16
Centrale électronique pour camping-car (1 ^{re} partie)	23
Pédale d'effets - Module MO6	
La Flanger	31
Télécommande codée multi-usages	40
Fréquence-mètre 1 Hz à 2 MHz (2 ^e partie)	44

N° 116

Rubriques	Page
L'électronique numérique, cours n° 6 : Circuits intégrés compteurs et diviseurs (1 ^{re} partie)	6
Amplificateur classe A.B "Le Classic" 2 x 45 Weff/8 ohms	16
Construisez votre panneau d'affichage (6 ^e partie)	34
Programmeur d'EPROM "Progema" (1 ^{re} partie)	36
Convertisseur CC/CC. Chargeur d'accus	48

N° 117

Rubriques	Page
L'électronique numérique, cours n° 6 : (2 ^e partie)	6
Programmeur d'EPROM "Progema" (2 ^e partie)	12
Pédale d'effets pour instruments : la Footless Jazz Wah	28
Générateur de fonctions 10 Hz à 50 kHz (1 ^{re} partie)	39
Jeu de lumière programmable	46

N° 119

Rubriques	Page
L'électronique numérique, cours n° 8 : Multiplexage et démultiplexage (1 ^{re} partie)	4
Pédale d'effets pour instruments : Diapason à quartz 440 Hz	13
Filtre actif universel 12 dB/octave - Passe-haut, passe-bande, passe-bas	22
Motocom : Interface PC pour moteurs pas à pas	36
Micro-déclencheur universel	48

N° 120

Rubriques

Page

L'électronique numérique, cours n° 8 : (2 ^e partie)	4
Convertisseur continu/symétrique	8
Pédale d'effets pour instruments : Le Chorus	17
Détecteur infrarouge	32
Sirène de puissance dissuasive	37
Centrale d'alarme	40

N° 121

Rubriques

Page

L'électronique numérique, cours n° 9 :	4
Les mémoires vives	4
Préamplificateur "4 entrées" pure classe A	18
Badge lumineux à diodes LED	36
Wattmètre BF 0,2 W à 100 W à LM 3915	38
Journal lumineux	39

N° 122

Rubriques

Page

L'électronique numérique, cours n° 10 :	4
Les mémoires mortes	4
Portier de bureau avec ISD 1016	14
Générateur sinusoïdal très faible distorsion 15 Hz à 50 kHz en 3 gammes	24
Capacimètre numérique 4 digits/ 3 gammes/10 pF à 9 999 µF	30
Télécommande secteur. 1 ^{re} partie : l'émetteur	38
Carte de développement à 6805 E2	44

N° 123

Rubriques

Page

L'électronique numérique, cours n° 11 :	4
Calcul arithmétique électronique (1 ^{re} partie)	4
Convertisseur continu/continu de très forte puissance : 12 V/± 50 V/500 W adaptable en 12 V=/220 V~/500 W	12
Programmeur d'EPROM pour 2764, 27128, 27256	28
Télécommande secteur. 2 ^e partie : le récepteur	44

N° 124

Rubriques

Page

L'électronique numérique, cours n° 11 :	4
Calcul arithmétique électronique (2 ^e partie)	4
Télécommande 4 canaux infra-rouge	10
Centrale domotique modulaire	18
Piles et accumulateurs. Discriminateurs de tensions	34
La Hi-Fi automobile de forte puissance. Bloc amplificateur 4 x 90 W _{eff} ou 2 x 90 W _{eff} + 1 x 180 W _{eff} ou 2 x 180 W _{eff} sur charges 4 ou 8 Ω avec LM 3886 de N.S. (1 ^{re} partie)	48

N° 125

Rubriques

Page

L'électronique numérique, cours n° 12 :	4
---	---

Ouverture sur la micro-informatique	4
Masse - Terre - Neutre : les différences	12
Tout savoir sur le fonctionnement du U 2400 B	20
Détecteur de gaz miniature avec capteur NAP 11 AS	34
La Hi-Fi automobile de forte puissance (2 ^e partie)	38

N° 126

Rubriques

Page

Le retour des tubes électroniques en Hi-Fi (1 ^{re} partie)	6
Préamplificateur Hi-Fi à télécommande infra-rouge (1 ^{re} partie)	20
La Hi-Fi automobile de forte puissance (3 ^e partie)	30
Interfaces universelles pour Atari ST et compatible IBM-PC (1 ^{re} partie)	42

N° 127

Rubriques

Page

L'électronique de l'infra-rouge : cours n° 1	4
Les tubes électroniques en Hi-Fi (2 ^e partie)	12
Interface universelle pour compatible IBM-PC (2 ^e partie)	20
Amplificateur stéréophonique Hi-Fi 2 x 150 W _{eff} /8 Ω avec protection contre le continu	28
Préamplificateur Hi-Fi à télécommande infra-rouge (2 ^e partie)	40

N° 128

Rubriques

Page

L'électronique de l'infra-rouge : cours n° 2	4
Les tubes électroniques. Cours n° 1 :	4
La diode à valve	14
Echantillonneur audio 8 bits pour Atari et PC (1 ^{re} partie)	20
Transmetteur d'ordres par téléphone	30
Egaliseur 5 voies pour guitare	44

N° 129

Rubriques

Page

L'électronique de l'infra-rouge : cours n° 3	4
Les tubes électroniques. Cours n° 2 :	4
La triode en statique	12
Préamplificateur à tubes ECC83	20
Micro-émetteur à modulation de fréquence	30
Réalisez un nanoampèremètre (extension du multimètre)	34
Commande de feux tricolores pour modélistes	38
Echantillonneur audio 8 bits pour Atari et PC (2 ^e partie)	42

N° 130

Rubriques

Page

L'électronique de l'infra-rouge : n° 4	4
Les tubes électroniques : cours n° 3	10
La triode en amplification	22
Echantillonneur audio 8 bits (3 ^e partie)	22
Ampli/préampli à tubes ECC83/EL84 2 x 12 W _{eff}	29
Amplificateur guitare 25 W _{eff} avec Fuzz et	

Trémolo (1 ^e partie)	44
---------------------------------	----

N° 131

Rubriques

Page

L'électronique de l'infra-rouge : n° 5	4
Les tubes électroniques : cours n° 4	4
La tétrode, la pentode, tubes complexes	14
Carillon de porte 10 notes	24
Boîte à rythme programmée	34
Amplificateur guitare 25 W _{eff} (2 ^e partie)	46

N° 132

Rubriques

Page

Le capteur de température LM335	4
Serrure à carte codée	14
Préamplificateur différentiel pour micro symétrique	18
Filtre anti-Larsen pour microphone	22
Doubleur de canaux pour oscilloscope	24
Compteur universel	32
Interrupteur sonore (clap inter)	40
Générateur BF économique à très faible distorsion	46

N° 133

Rubriques

Page

La correction de l'acoustique des locaux	4
Minuterie programmable	10
Automatisme d'éclairage	18
Digitaliseur vidéo pour Atari et compatible IBM-PC (1 ^e partie)	26
Convertisseur inverseur de puissance 12 V ± 12 V / 0,5 A	36
Alarme auto-moto à capteur inductif	46

N° 134

Rubriques

Page

En savoir plus sur la classe d'amplification A ou B	4
Table de mixage	10
Digitaliseur vidéo pour Atari et IBM-PC (2 ^e partie)	18
Générateur de fonctions 20 Hz - 100 Hz à ICL8038	30
Automatisme de charge pour batteries au plomb 12 V	38

N° 135

Rubriques

Page

En savoir plus sur le filtrage actif	4
Digitaliseur vidéo pour Atari et IBM-PC (3 ^e partie)	12
Commandes de moteurs à courant continu	20
Variateur de puissance pour fer à souder	26
Emetteur automatique de détresse FOXTROT	36
Télécommande infra-rouge à 16 voies programmables	44

Le calcul des paramètres d'un haut-

Les travaux de M. Thiele, en mars et août 1961 dans *Proceedings of the IRE Australia*, suivis par ceux de M. Small entre 1972 et 1973 publiés dans le journal de l'AES, ont permis de progresser considérablement dans la compréhension et l'analyse du fonctionnement d'un haut-parleur dans le domaine des basses fréquences.

En effet, ils ont proposé un modèle équivalent électrique simple qui permet, moyennant quelques précautions, de calculer avec une excellente

approximation la courbe de réponse, en fonction du volume et du type de charge utilisés (enceinte close, bass reflex, radiateur passif).

Pour pouvoir utiliser ces modèles, nous allons définir les paramètres nécessaires et vous proposer quelques moyens pour les mesurer.

Il est important de noter que les paramètres donnés dans les feuilles de caractéristiques des fabricants représentent des valeurs moyennes, et compte tenu des tolérances inévitables de fabrication, ceux-ci peuvent varier notablement d'un modèle à l'autre.

Il est donc intéressant de pouvoir mesurer ces paramètres de façon à optimiser le volume de la charge en fonction des caractéristiques propres à chaque haut-parleur.

PARAMETRES DE CALCUL

Définition

Les principaux paramètres nécessaires pour le calcul d'une charge sont les suivants :

S_d : Surface émissive de la membrane (m² : mètre carré)

R_e : Rés. bobine mobile (courant continu) (Ω : ohm)

L_e : Inductance de la bobine mobile à 1 kHz (H : henry)

BL : Facteur de force (T/m : tesla/mètre)

V_{as} : Volume acoustique équivalent à C_{as} (m³ : mètre cube)

C_{ms} : Compliance mécanique de la suspension (m/N : mètre/newton)

M_{ms} : Masse de la membrane à l'air libre incluant la charge aérienne (kg : kilogramme)

M_{md} : Masse mobile (kg : kilogramme)

F_o : Fréquence de résonance à l'air libre (Hz : hertz)

F_i : Fréquence de résonance sur baffle infini (Hz : hertz)

Q_{ms} : Coefficient de surtension mécanique

Q_{es} : Coefficient de surtension électrique

Q_{ts} : Coefficient de surtension total

X_{max} : Déplacement linéaire maximum de la membrane (m : mètre)

P_{max} : Puissance efficace maximum supportée (W : watt).

Ces paramètres ne sont pas tous d'égale importance et certains sont liés entre eux.

Equations générales

$$Z_m = \frac{BL^2}{Z_e} \quad Z_a = \frac{Z_m}{S_d^2} \quad Z_e = \frac{BL^2}{Z_m}$$

$$C_a = \frac{V_a}{P_o \cdot c^2} \quad C_m = \frac{V_a}{P_o \cdot c^2 \cdot S_d^2}$$

$$V_a = C_m \cdot P_o \cdot c^2 \cdot S_d^2$$

$$M_{mr} \text{ (air libre)} = 0,575 \cdot (S_d) \wedge 3/2$$

$$M_{mr} \text{ (baffle infini)} = 1,15 \cdot (S_d) \wedge 3/2$$

$$M_{ms} = M_{md} + M_{mr}$$

avec M_{md} : masse mobile.

$$R_{mvc} = \frac{BL^2}{R_e} \quad R_{ms} = \frac{BL^2}{R_{es}}$$

$$C_{em} = \frac{M_m}{BL^2}$$

$$L_e = BL^2 \cdot C_m$$

$$Q_{ms} = \frac{\sqrt{(M_{ms}/C_{ms})}}{R_{ms}}$$

$$Q_{es} = \frac{\sqrt{(M_{ms}/C_{ms})}}{R_{mvc}}$$

$$Q_{ts} = \frac{Q_{es} \cdot Q_{ms}}{(Q_{es} + Q_{ms})}$$

$$BL = \sqrt{\frac{R_e}{(C_{ms} \cdot \omega \cdot Q_{es})}}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot F_o$$

$$F = BL \cdot I = g \cdot M$$

$$\rho_0 = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$c = 344 \text{ m/s} \quad g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Méthodes de mesures

Le principe général pour mesurer ces paramètres est de faire varier la fréquence (donc l'impédance) de résonance du haut-parleur pour en déduire les valeurs de M_{md} , M_{ms} , V_{as} , F_i .

Il existe plusieurs méthodes, par exemple :

- ajouter une masse sur la membrane pour l'alourdir et diminuer ainsi la fréquence de résonance,
- charger le haut-parleur avec une enceinte close et augmenter alors la fréquence de résonance.

Nous utiliserons pour la suite de cet article la méthode de l'enceinte close.

Instruments de mesures nécessaires

- une calculatrice ou un petit ordinateur de poche
- Un amplificateur de puissance avec une bande passante linéaire jusqu'à 10 Hz minimum
- un générateur de fréquences sinusoïdales de 10 Hz à 1 kHz minimum
- une alimentation continue réglable de 0 à 15 V, 1 à 2 A
- un fréquencemètre avec une résolution de 0,1 Hz ou pouvant fonctionner en périodemètre (porte de mesure 10 s)
- un multimètre digital avec une résolution de 1 mV en alternatif et de 0,1 Ω en ohmmètre avec une constante de temps adaptée à la mesure des basses fréquences
- une résistance ou un potentiomètre bobiné linéaire 10 ou 20 tours de résistance 500 Ω à 1 k Ω .
- des masses de 0,5 kg à 2 kg en matériau non magnétique
- un coffret clos de volume connu.

Critères de choix

En théorie, toutes les méthodes permettent de déterminer ces paramètres. Néanmoins, comme certains de ces paramètres peuvent se déduire les uns des autres, une imprécision risque de se répercuter et de s'amplifier avec pour résultat une mauvaise corrélation entre eux. Aussi, il faut essayer de mesurer chaque paramètre

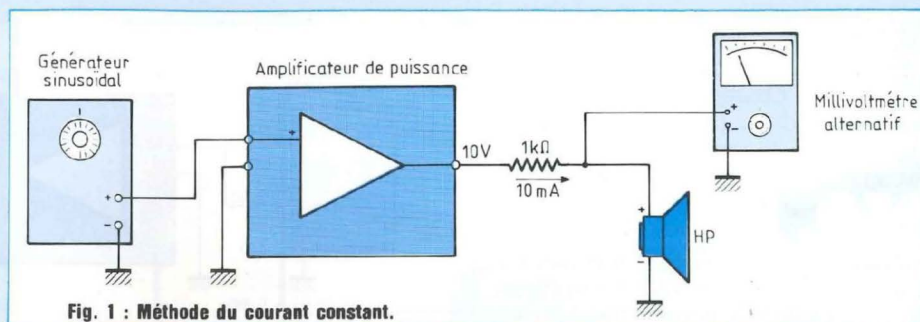


Fig. 1 : Méthode du courant constant.

en utilisant la méthode qui permet de limiter ces interactions.

Par exemple, après avoir mesuré BL par la méthode qui sera décrite plus loin, on pourrait en déduire par les équations générales citées plus haut C_{ms} et V_{as} , deux paramètres qui sont très importants pour le calcul de la charge d'un haut-parleur. Il est préférable de ne pas le faire et de mesurer ceux-ci en utilisant soit une masse additionnelle, soit un volume clos afin de ne pas multiplier une éventuelle imprécision sur la mesure du BL.

Quelle que soit la méthode employée, elle revient toujours à mesurer l'impédance du haut-parleur en fonction de la fréquence dans deux environnements différents.

La mesure de cette impédance peut se faire de plusieurs manières :

- Alimentation du haut-parleur par un courant constant.

L'intérêt de cette méthode largement utilisée est de permettre de lire directement l'impédance avec un millivoltmètre alternatif aux bornes du HP.

La figure 1 montre le principe général de la mesure.

La résistance de 1 k Ω associée à l'amplificateur de puissance permet de créer en première approximation un générateur de courant constant. En effet, l'impédance du HP est globalement faible par rapport à celle-ci. Par exemple, si la tension de sortie de l'amplificateur est de 10 V; le courant circulant aux bornes du haut-parleur est de 10/1 k Ω soit 10 mA. Un voltmètre alternatif connecté en parallèle sur le HP mesure la tension, donc l'impédance si le courant délivré est constant :

$$Z = U/I = U/0,01 = 100 \cdot U$$

On lit par exemple 270 mV l'impédance est donc : 0,27 . 100 = 27 Ω .

L'erreur maximale, due à l'approximation faite, se situe à la résonance. En effet, l'impédance usuelle d'un HP est de 40 à 100 Ω . Prenons le cas le plus défavorable, soit $Z_{max} = 100 \Omega$, on devrait lire 1 V au voltmètre. En réalité, le courant circulant dans le HP n'est plus 10 mA mais 10/1,1 k Ω soit 9,09 mA. Nous lisons donc 0,909 V au lieu de 1,00 V, l'erreur commise est dans ce cas de 9,1 %.

Il est possible de s'affranchir de cette erreur en augmentant la tension de sortie de l'amplificateur pour réajuster le courant jusqu'à 10 mA (en mesurant par exemple la tension aux bornes de la résistance de 1 k Ω) mais cela enlève une partie de l'intérêt de cette méthode. Parmi les autres inconvénients, il faut citer :

- le haut-parleur n'est pas alimenté à niveau constant
- l'amplificateur de puissance n'exerce pas son rôle de contrôle du haut-parleur par sa faible impédance de sortie.

Alimentation du haut-parleur à tension constante

L'intérêt de cette méthode réside dans le fait que les défauts précités sont évités, et qu'elle permet de mesurer les paramètres à différents niveaux de puissance, mais en contrepartie l'impédance ne pourra pas être lue directement.

La figure 2 montre le principe de la mesure.

On place :

- d'une part, une résistance shunt R_s de faible valeur (typiquement 0,1 Ω)

Le calcul des paramètres d'un haut-parleur

entre la borne négative du HP et la masse de l'amplificateur ; cela permet d'évaluer le courant traversant le HP. L'influence de cette résistance sur la précision de la mesure est faible (par exemple pour un haut-parleur de 8Ω la résistance n'est modifiée que de 1,25 %),

– d'autre part, une résistance variable R_{var} commutable par SW1. Le multimètre connecté aux bornes de R_s nous donne la tension, donc le courant, circulant dans le haut-parleur. Puis on commute SW1 sur R_{var} que l'on fera varier jusqu'à lire la même valeur au multimètre. Cette résistance sera donc équivalente à l'impédance du haut-parleur pour la fréquence considérée ; il ne restera plus qu'à mesurer la valeur de cette résistance. Une solution serait d'utiliser une boîte de substitution de résistances ajustables par pas de 1Ω pour éviter d'avoir à mesurer, pour chaque fréquence, la valeur de R_{var} à l'ohmmètre.

Exemple : on ajuste la tension de sortie de l'amplificateur à 2,83 V (ce qui correspond à 1 W sur 8Ω d'impédance). On note la valeur lue sur le multimètre aux bornes de R_s , soit par exemple 28 mV, on commute SW1 sur R_{var} que l'on fera varier jusqu'à lire cette même valeur de 28 mV. Il suffira alors de mesurer à l'ohmmètre la valeur de R_{var} pour obtenir l'impédance du HP à la fréquence considérée.

Nous utiliserons quant à nous, dans la suite de cet article, la méthode à tension constante pour déterminer les paramètres d'un haut-parleur car elle nous paraît plus adaptée à fournir des résultats précis en utilisant le minimum de précautions.

Les deux méthodes qui viennent d'être décrites ont pour principal intérêt de ne pas nécessiter une instrumentation hors de portée de l'amateur, mais ont comme inconvénient majeur de prendre du temps. Il faut en effet relever, point par point, la valeur de l'impédance du haut-parleur à différentes fréquences.

Les professionnels utilisent d'autres techniques pour obtenir la courbe d'impédance d'un haut-parleur. On

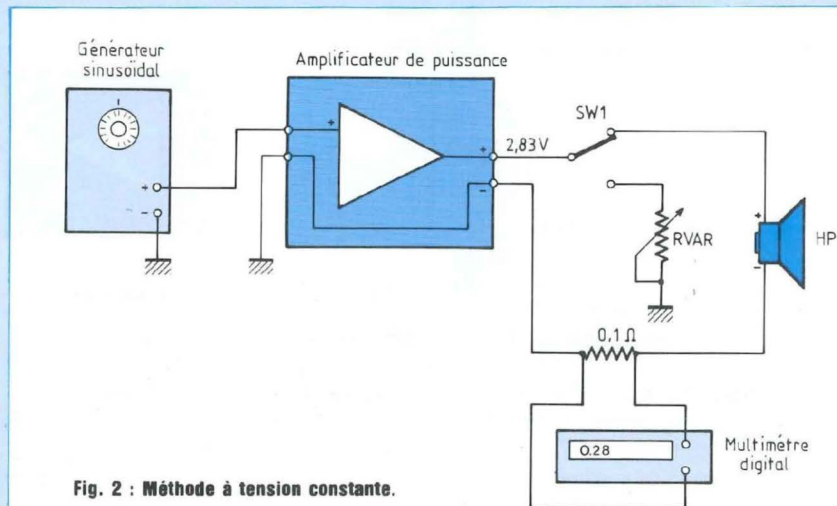


Fig. 2 : Méthode à tension constante.

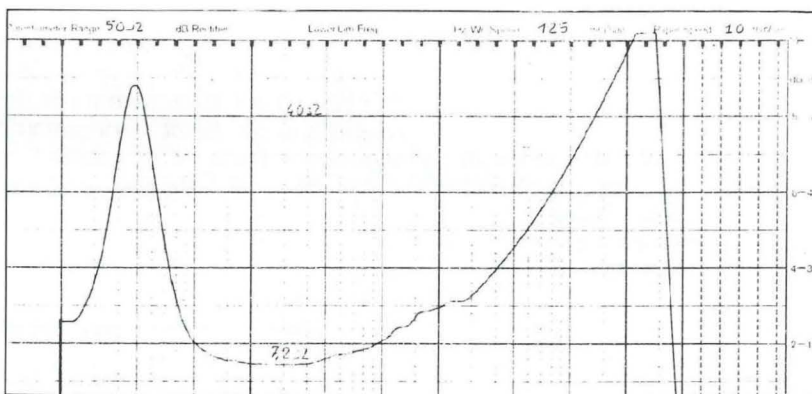


Fig. 3 : Courbe d'impédance donnée par de nombreux fabricants de haut-parleurs.

peut citer par exemple :

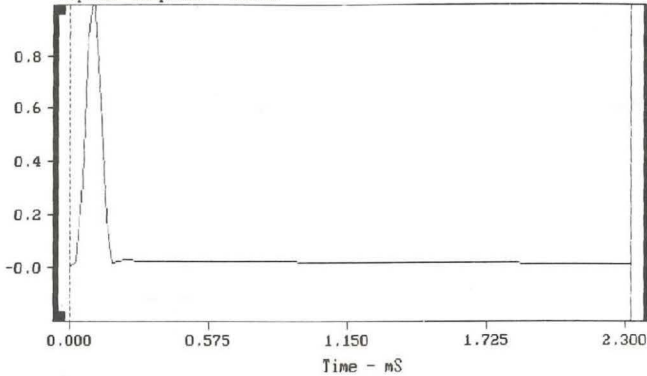
- Un banc de mesure utilisant un générateur à fréquences glissantes suivi d'un convertisseur tension/courant synchronisé avec une table traçante. Ce sont les courbes que l'on voit dans de nombreuses feuilles de caractéristiques fournies par les fabricants de haut-parleurs (voir. fig. 3).
- Utilisation d'un analyseur FFT rapide qui, par une transformation mathématique (dont le principe de base a été trouvé par le mathématicien Fourier), permet de passer du domaine amplitude/temps au domaine amplitude/fréquences. Le principe en

est le suivant : un générateur envoie aux bornes du haut-parleur une impulsion de courant, les impulsions en provenance du générateur et du haut-parleur sont corrélées dans l'analyseur deux voies et divers algorithmes nous donnent la courbe d'impédance en fonction de la fréquence ; la transformée de Fourier respectant la phase, on obtient de surcroît la courbe de phase et le temps de propagation de groupe.

- Utilisation d'un ordinateur et d'un convertisseur analogique digital. Celui-ci fonctionne de la même façon que l'analyseur FFT mais permet, par

File: CORPRA1.TIM (4/15/88)

Impulse Response - volts

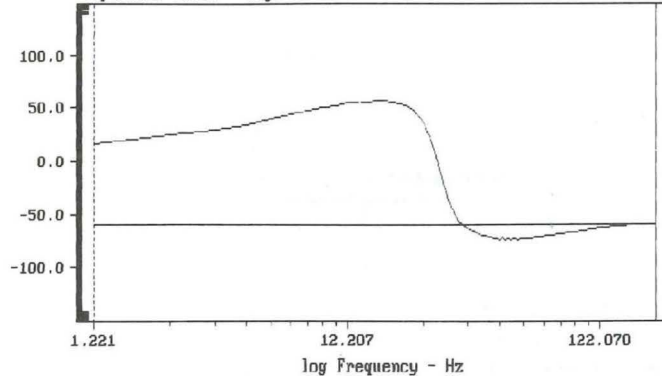


CURSOR: y = 0.014505 x = 2.3250 (93)

impulsion délivrée par le générateur

Fig. 4

Impedance Phase - degrees

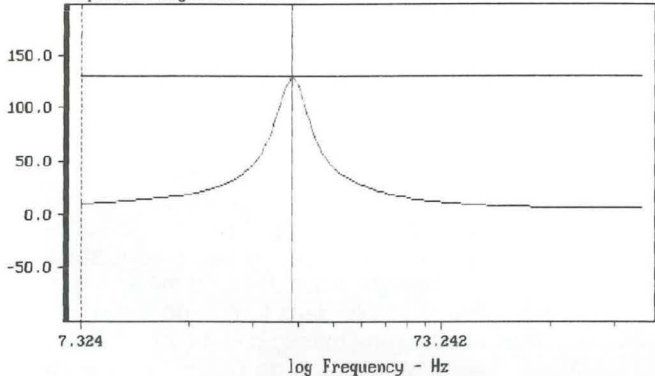


CURSOR: y = -59.692604 x = 203.8574 (167)

courbe de phase du même HP

Fig. 6

Impedance Magnitude - OHMS

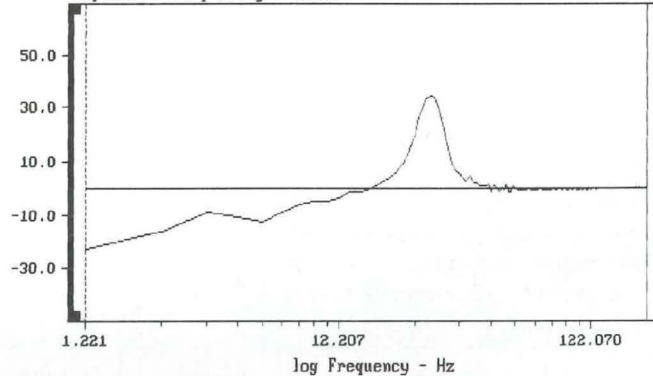


CURSOR: y = 130.73111 x = 28.0762 (23)

courbe d'impédance d'un HP d'origine Audax

Fig. 5

Impedance Group Delay - msec



CURSOR: y = -0.000078 x = 203.8574 (167)

temps de propagation de groupe du même HP

Fig. 7

l'intermédiaire d'une programmation adéquate, d'opérer un post-traitement des mesures. Il offre donc une plus grande flexibilité. La figure 4 vous montre la forme de l'impulsion délivrée par un générateur. Les figures 5, 6 et 7 montrent respectivement la courbe d'impédance, la courbe de phase et le temps de propagation de groupe d'un haut-parleur 33 cm d'origine Audax. Ces deux dernières méthodes sont très séduisantes par leur rapidité (quelques secondes pour obtenir toute la courbe d'impédance). Elles sont d'ailleurs également largement utilisées pour la mesure de la courbe

amplitude-fréquence des haut-parleurs. Un avantage important est qu'elles ne nécessitent pas de chambre sourde. Néanmoins, il convient de prendre quelques précautions :

- d'une part, comme l'énergie dans le temps d'une telle impulsion est très faible, le rapport signal sur bruit pour être satisfaisant, nécessite une moyenne sur plusieurs (voire plusieurs dizaines) d'impulsions ;
- d'autre part on risque de faire fonctionner le haut-parleur dans une zone non linéaire.

Nous vous parlerons de ces problèmes plus en détails dans un autre arti-

cle traitant des mesures sur les haut-parleurs. Nous envisageons en effet dans un avenir proche d'effectuer nos propres mesures sur un certain nombre de kits d'enceintes acoustiques.

MESURES DES PARAMETRES

Nous allons maintenant nous appuyer sur l'exemple d'un haut-parleur de 38 cm pour décrire la façon de mesurer les paramètres d'un haut-parleur.

Surface émissive du haut-parleur

La figure 8 montre une section simplifiée d'un haut-parleur de grave, la distance D représente le diamètre effectif

Le calcul des paramètres d'un haut-parleur

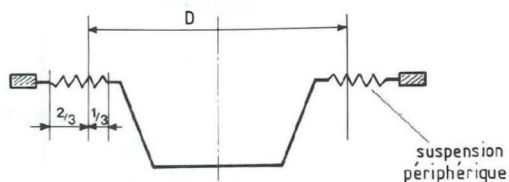


Fig. 8 : Section simplifiée d'un HP.

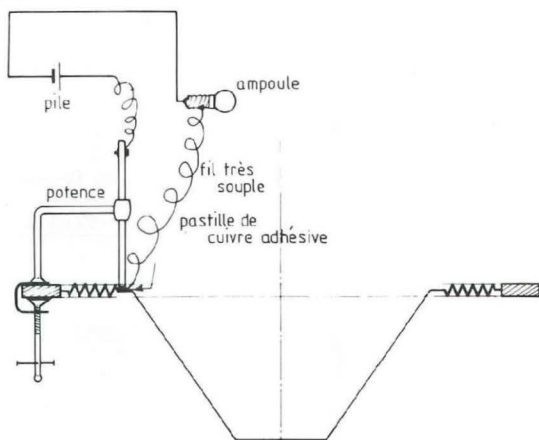


Fig. 9 : Visualisation du dispositif de mesure du BL.

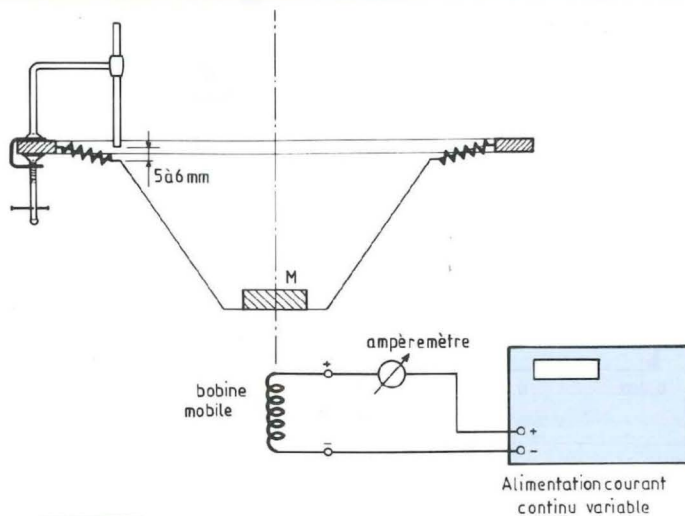


Fig. 10 : Abaissement de la membrane par une masse M.

de fonctionnement en piston, elle inclue le diamètre du cône plus un tiers environ de la suspension périphérique.

$$S_d = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

soit, dans notre exemple :

$$D = 33,5 \text{ cm} = 0,335 \text{ m.}$$

$$S_d = \frac{3,14 \cdot (0,335)^2}{4} = 0,0882 \text{ m}^2$$

Re Résistance en courant continu de la bobine

On connecte un multimètre digital en position ohmmètre aux bornes du haut-parleur, on trouve par exemple $R_{evc} = 6,4 \Omega$; la précision nécessaire et suffisante est le dixième d'ohm.

Remarque : dans le domaine professionnel, la mesure se fait sur 4 fils au centième pour pouvoir certifier la mesure au dixième d'ohm. La bobine mobile doit être à la température ambiante normalisée de 20°.

BL Mesure du facteur de force

Ce paramètre est très important car il joue un rôle capital dans la conversion d'un système mécanique, comme celui

d'un haut-parleur, en son équivalent électrique.

BL est le produit de la longueur du fil baignant dans le champ magnétique par la densité du flux. L'unité est le tesla/mètre. Le BL représente aussi l'effort en newton correspondant au passage d'un courant de 1 ampère dans la bobine mobile ; on peut donc choisir également comme unité le newton/ampère.

La méthode la plus largement employée consiste à modifier la position naturelle du cône par une force connue et de restaurer cette position en faisant circuler un courant continu dans la bobine mobile.

Les figures 9 et 10 montrent le dispositif utilisé. La potence sert de point de repère de la position de repos de la membrane. Il est possible, afin d'augmenter la précision de la mesure, d'appliquer sur le pourtour du cône une pastille de cuivre adhésive reliée à une ampoule ou à un buzzer afin de bien visualiser le retour de la membrane à sa position initiale. La valeur de la masse à appliquer dépend de la

raideur des suspensions du haut-parleur et varie dans les cas classiques de 0,5 à 2 kg, cela n'est pas critique mais une bonne règle consiste à déplacer le cône de 5 à 6 mm environ. Par exemple dans le cas de notre HP, il a fallu une masse de 2 kg pour abaisser la membrane de 6 mm ; le courant nécessaire pour revenir à la position initiale a été de 1,13 ampère, d'où :

$$F = g \cdot M = 9,8 \cdot 2,0 = 19,6 \text{ newtons}$$

$$BL = \frac{F}{I} = \frac{19,6}{1,13} = 17,36 \text{ teslas/mètre}$$

Remarque : Pour éviter des problèmes d'hystérésis d'origine visco-élastique, il faut ne laisser la membrane loin de sa position de repos que le minimum de temps. L'idéal serait d'appliquer la masse sur la membrane en même temps que le courant sur la bobine.

On peut noter également que le BL ainsi mesuré ne correspond pas forcément au BL max du haut-parleur mais la valeur autour de la position de repos de la membrane.

La précision sur la masse utilisée, le

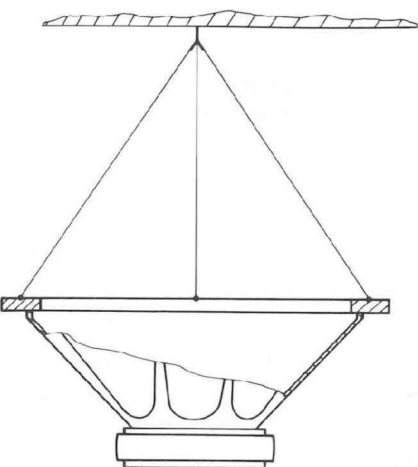


Fig. 11 : Mesure du f_0 .

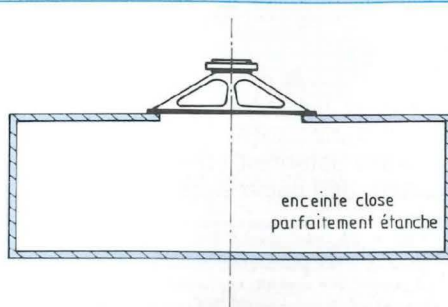


Fig. 12 : Schéma de montage du haut-parleur pour la mesure de M_{md} , M_{ms} , C_{ms} , V_{as} .

courant nécessaire et le retour à la position initiale de la membrane permettent une mesure du BL à 3 ou 4 % près, ce qui est largement suffisant pour la suite des calculs.

C_{ms} et V_{as} étant liés au BL, on peut calculer une première approximation de ceux-ci. Il ne s'agit que d'une approximation car la précision de la mesure de l'abaissement du cône par la masse (dans notre exemple 6 mm) n'est pas très bonne. Un calcul plus précis de ces paramètres sera fait par une autre méthode.

$$C_{ms} = \frac{X}{F} = \frac{0,006}{19,6} = 306 \mu\text{m/N}$$

$$\begin{aligned} V_{as} &= C_{ms} \cdot S_d^2 \cdot P_o \cdot c^2 = \\ &= 306E^{-6} \cdot 0,0882^2 \cdot 1,2 \cdot 344^2 = \\ &= 0,338 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$c = 344 \text{ m/s}$ (vitesse du son à la température ambiante)

$P_o = 1,2 \text{ kg/m}^3$ (masse volumique de l'air).

F_0 Fréquence de résonance à l'air libre

Le haut-parleur doit maintenant être

connecté au dispositif décrit à la figure 2. Il faut ajuster la tension de sortie de l'amplificateur aux environs de 2 volts, cette tension n'est pas critique mais doit rester suffisamment basse pour ne pas entraîner un échauffement excessif de la bobine mobile. Il est nécessaire que le haut-parleur soit dégagé de tout obstacle. La solution la plus simple consiste à l'attacher à sa périphérie par trois câbles (voir figure 11). Faire varier la fréquence sinusoïdale délivrée par le générateur jusqu'à observer un minimum de la tension aux bornes de la résistance shunt R_s ; cette fréquence est celle de la résonance à l'air libre du haut-parleur. Le fréquencemètre nous la donnera avec une précision suffisante de 0,1 Hz si l'on choisit 10 secondes comme période de mesure.

Par exemple, dans notre cas, nous avons mesuré : $F_0 = 31,4 \text{ hertz}$.

Il faut maintenant, pour le calcul futur de Q_{ms} , déterminer la valeur de l'impédance à cette fréquence F_0 ; pour cela, sans toucher au générateur, noter la valeur du minimum de tension

aux bornes de R_s (soit 28 mV dans notre cas), placer le commutateur sur R_{var} et faire varier sa valeur jusqu'à retrouver le même minimum de tension; déconnecter R_{var} et mesurer sa valeur à l'ohmmètre. Nous avons trouvé 72 Ω .

Ces résultats nous permettent de calculer R_{es} :

$$\begin{aligned} R_{es} &= R_{var} - R_e = 72 - 6,4 = \\ &= 65,6 \Omega \end{aligned}$$

M_{md} , M_{ms} , C_{ms} , V_{as} , F_i

Méthode utilisant le volume clos

Il faut maintenant monter le haut-parleur comme indiqué à la figure 12 dans une enceinte parfaitement close. Le volume de cette enceinte close sera choisi entre V_{as} et $V_{as}/2$. Si on le choisit égal à V_{as} , l'augmentation de la fréquence de résonance sera d'environ 40 %. Si on le prend égal à $V_{as}/2$, l'augmentation sera d'environ 70 %.

L'enceinte doit être parfaitement close et rigide et donc surtout ne pas avoir de fuites d'air. Il ne faut pas mettre de matériaux amortisseurs à l'intérieur. La forme n'est pas critique mais il est important de connaître exactement les dimensions intérieures pour calculer le volume V_{ab} avec une bonne précision. Il ne faut pas oublier de tenir compte du volume d'air emprisonné sous le cône. On peut le calculer ou ajouter 2 % à V_{ab} (si on le choisit dans les limites décrites ci-dessus).

Pour notre exemple, nous avons choisi un volume $V_{ab} = 0,160 \text{ m}^3$, nous pouvons alors déterminer la compliance de la boîte :

$$\begin{aligned} C_{mb} &= \frac{V_{ab}}{P_o \cdot c^2 \cdot S_d^2} = \\ &= \frac{0,160}{1,42E+5 \cdot 0,0882^2} = 144,8 \mu\text{m/N}. \end{aligned}$$

Connecter alors le haut-parleur au dispositif décrit figure 2 pour déterminer la nouvelle fréquence de résonance soit dans notre cas $F_c = 52,3 \text{ Hz}$. Nous connaissons les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned} F_0 &= 31,4 \text{ Hz}; \\ \omega_0 &= 2 \cdot \pi \cdot F_0 = 197,3; \\ \omega_0^2 &= 38\,924; \end{aligned}$$

Le calcul des paramètres d'un HP

$F_c = 52,3 \text{ Hz}$;
 $\omega_c = 2 \cdot \pi \cdot F_c = 328,6$;
 $\omega_c^2 = 107\,985$;
 $S_d = 0,0882 \text{ m}^2$;
 $M_{mr} = 0,575 \cdot (S_d)^{1/3} = 0,015 \text{ kg} = 15 \text{ g (air libre)}$;
 $C_{mb} = 144,8 \text{ } \mu\text{m/N}$.

• M_{md}
 Nous pouvons alors calculer M_{md} :

$$M_{md} = \frac{1}{C_{mb}} - \frac{M_{mr} \cdot (1,85 \cdot \omega_c^2 - \omega_0^2)}{\omega_c^2 - \omega_0^2} = 0,065 \text{ kg} = 65 \text{ g}$$

• M_{ms}
 $M_{ms} = M_{md} + M_{mr} = 65 + 15 = 80 \text{ g} = 0,080 \text{ kg}$

• C_{ms}
 $C_{ms} = \frac{1}{\omega_0^2 \cdot M_{ms}} = 320 \text{ } \mu\text{m/N}$

• V_{as}
 $V_{as} = C_{ms} \cdot P_o \cdot c^2 \cdot S_d^2 = 320E^{-6} \cdot 1,42E^{+5} \cdot 0,0882^2 = 0,353 \text{ m}^3$

• F_i
 La fréquence de résonance sur baffle infini devient :

$$M_{ms}' = M_{md} + 2 \cdot M_{mr} = 65 + 2 \cdot 15 = 90 \text{ g}$$

$$F_i = \frac{1}{2\pi \sqrt{(M_{ms}') \cdot C_{ms}}} = 28,9 \text{ Hz}$$

Q_{ms} , Q_{es} , Q_{ts}

Nous allons maintenant calculer les différents coefficients de surtension. Il est possible de tirer ces paramètres de la courbe d'impédance du haut-parleur en extrayant deux fréquences dont l'impédance est à -3 dB de part et d'autre de la pointe de résonance. Cette méthode, fréquemment employée, présente néanmoins de sérieux inconvénients. En effet, elle implique d'une part, que la forme de la pointe d'impédance soit celle d'un filtre passe-bande réel (ce qui n'est pas toujours le cas) et d'autre part, la précision du calcul des coefficients de surtension faisant intervenir la diffé-

rence de deux fréquences relativement proches, une erreur de 5 % sur les fréquences peut induire une erreur pouvant aller jusqu'à 40 % sur les calculs des surtensions. C'est pourquoi nous allons déterminer Q_{ms} , Q_{es} et Q_{ts} en partant des paramètres fondamentaux.

• Q_{ms}

$$Q_{ms} = \frac{R_{es}}{BL^2 \cdot C_{ms} \cdot \omega_0} = \frac{65,6}{17,35^2 \cdot 320E^{-6} \cdot 197,3} = 3,45$$

• Q_{es}

$$Q_{es} = \frac{R_{evc}}{BL^2 \cdot C_{ms} \cdot \omega_0} = \frac{6,4}{17,35^2 \cdot 320E^{-6} \cdot 197,3} = 0,337$$

• Q_{ts}

$$Q_{ts} = \frac{Q_{ms} \cdot Q_{es}}{(Q_{ms} + Q_{es})} = 0,307$$

L_{evc}

L'inductance de la bobine mobile sera mesurée à 1 kHz. Il y a plusieurs façons de mesurer cette inductance : pont d'impédance, phase-mètre, oscilloscope, etc.

La méthode que nous allons employer ne requiert qu'un minimum d'équipement.

Connecter le haut-parleur (sans la boîte test) au dispositif de la figure 2 et mesurer l'impédance du haut-parleur à 1 kHz de la même façon que vous avez mesuré F_o et F_c ; soit par exemple dans le cas de notre HP :

$$Z_x = 13,4 \text{ } \Omega$$

$$R_{vc} (1 \text{ kHz}) R_e \cdot (1 + BL \cdot 0,038) = 10,62 \text{ } \Omega$$

La réactance totale devient :

$$X_{total} = \sqrt{[Z_x^2 - R_{vc}^2]} = 8,17 \text{ } \Omega$$

Oter la réactance due à la masse du cône :

$$X_1 = X_{total} + \frac{BL^2}{6283 \cdot M_{md}} = 8,17 + \frac{17,35^2}{6283 \cdot 0,065} = 8,91 \text{ } \Omega$$

L'inductance devient :

$$L_{evc} = \frac{X_1}{6283} = \frac{8,91}{6283} = 0,0014 \text{ henry} = 1,4 \text{ mH}$$

X_{max} Excursion linéaire maximale

Soit H_e la hauteur de l'entrefer et h la hauteur du bobinage, l'excursion linéaire maximale est :

$$X_{max} = \frac{h - H_e}{2}$$

$$X_{max} = \frac{10}{2} = 5 \text{ mm}$$

avec $h = 18 \text{ mm}$;

$H_e = 8 \text{ mm}$.

Les hauteurs, de l'entrefer et du bobinage, sont tirées de la notice du fabricant car il n'est pas possible de les mesurer sans destruction du haut-parleur.

P_{max} Puissance maximale supportée

Il n'est pas possible, sans détruire le haut-parleur, de déterminer la puissance supportée, aussi prendrons-nous comme valeur celle indiquée par le fabricant dans sa notice.

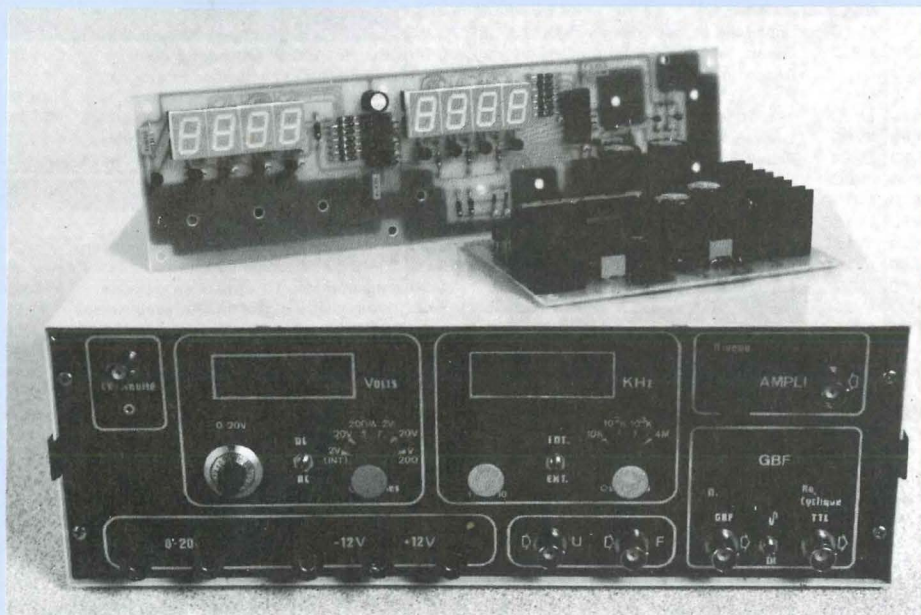
CONCLUSION

Nous sommes arrivés au bout de nos peines. Nous avons maintenant mesuré ou calculé tous les paramètres dont nous aurons besoin pour déterminer quel volume et quel type de charge conviendront pour chaque haut-parleur. Cela fera l'objet d'un prochain article dans la revue.

Il est très important de ne pas oublier de rôder le haut-parleur avant d'effectuer ces mesures. Une bonne méthode consiste à faire fonctionner le haut-parleur à l'air libre, pendant plusieurs heures, à une fréquence sinusoïdale (25 à 50 Hz) via un amplificateur de puissance et un générateur sinus, à quelques watts seulement : **attention !!!** (choisir la tension pour se trouver à environ X_{max}) et ensuite de prévoir un repos de même durée.

Jean-Claude Gaertner

LABO AUDIO



2^e partie

Audiolab 06... ou 6 appareils en un ! Nous allons enfin leur donner vie, et conclure cette réalisation qui n'a aucun équivalent sur le marché actuellement. Rappelons brièvement le contenu du Mini-Labo : Alimentations multiples, Voltmètre et Fréquencemètre, Générateur Basse Fréquence, Ampli BF et Testeur de continuité.

La réalisation des cartes ayant été abordée le mois dernier, il ne reste plus qu'à effectuer les essais préliminaires de nos modules. Ils seront abondamment illustrés d'oscillogrammes, afin de clarifier l'exposé et permettre la comparaison avec votre équipement. Après une vérification qualitative du fonctionnement, nous décrirons la partie mécanique, « bête noire » de l'électronicien (plan de perçage, mise en boîtier, réalisation de la face avant sérigraphiée). Le câblage terminé, il ne vous restera plus qu'à profiter pleinement de votre appareil... ou de suivre les conseils de dépannage indispen-

sables dans une réalisation de cette envergure : toutefois, espérons que cette rubrique ne vous concerne pas.

CABLAGE DES ALIMENTATIONS

Les composants étant implantés sur les trois circuits imprimés, il s'agit dans un premier temps de câbler masses et alimentations sur la contre-face avant et la carte principale. Nous vous conseillons vivement de commencer par fixer circuits et transformateurs sur le fond du coffret, et ce, de façon définitive.

PERÇAGE DU BOITIER : LE FOND ET LA FACE ARRIERE

Le plan de perçage correspondant est indiqué sur la figure 1. Le boîtier utilisé est un modèle LC de 100 x 300 x 180, distribué par **IDDM**. On peut alors y fixer tous les éléments, le bloc alimentation étant câblé au(x) transformateur(s) selon les indications du premier article.

Il est souhaitable de préparer également la face arrière du mini-labo, dont les plans de perçages sont fournis en figure 2a, afin de câbler définitivement toute la partie alimentation comprenant l'embase secteur et le porte-fusible. On prendra soin de vérifier les cotes du haut-parleur utilisé, avant d'effectuer les perçages correspondants. La figure 2b indique les diamètres de perçage de la CFA, pour y loger potentiomètres et commutateurs.

CABLAGE DES ALIMENTATIONS

Profitons-en pour apporter quelques précisions complémentaires sur l'alimentation réglable :

La masse de cette alimè n'est pas reliée sur le circuit imprimé à celle de la source symétrique de ± 12 volts fixes. Il faut donc, pour les essais, relier ces masses comme indiqué sur le schéma de la figure 3. Ultérieurement, on pourra intercaler un interrupteur sur le câble de liaison, afin de disposer d'une alimentation flottante très utile dans certains cas. Un emplacement a été prévu d'origine sur la face avant, entre les bornes (+ 20 V) et (- 12 V), pour implanter cet interrupteur.

Revenons à notre câblage : la carte principale reçoit ses alimentations en deux points, afin d'éviter toutes interférences fâcheuses. Les tensions (+ 12 V), (- 12 V) et (Masse) sont dirigées près de IC22, afin d'alimenter l'amplificateur audio, le GBF et une bonne partie du fréquencemètre.

Parallèlement, il faut alimenter le reste du montage par deux câbles (- 12 V) et (Masse) à proximité de IC17, mais aussi par la source (+ 5 V) prélevée sur la contre-face avant (CFA). Sur cette dernière, il ne reste plus qu'à relier les bornes (+ 12 V) et (Masse) au bloc alimentation. Attention : la borne

Fig. 1 : Plan de perçage fond du boîtier "Iskra" (série LC).

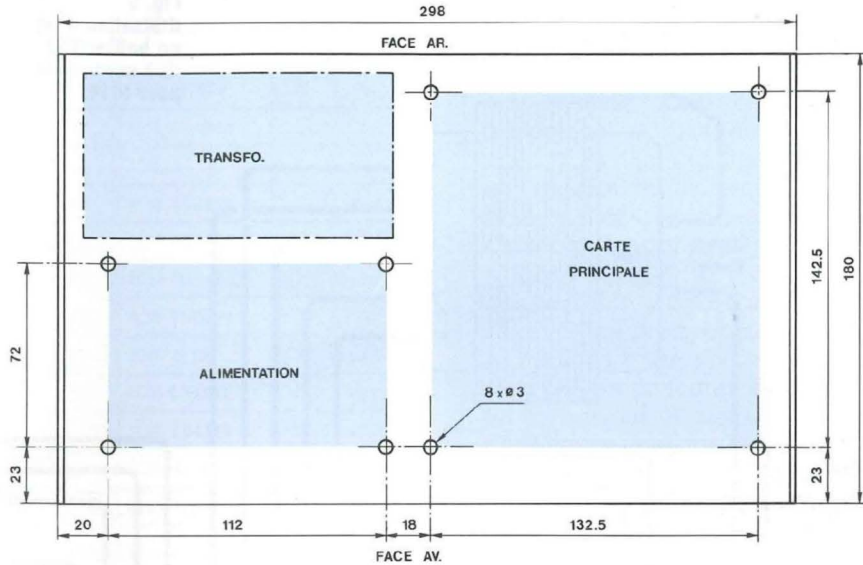


Fig. 2a : Plan de perçage de la face arrière (98 x 297 mm).
 Fig. 2b : Plan de perçage de la contre-face avant.
 * Découpe si P est un multitour fixé directement sur la face avant.

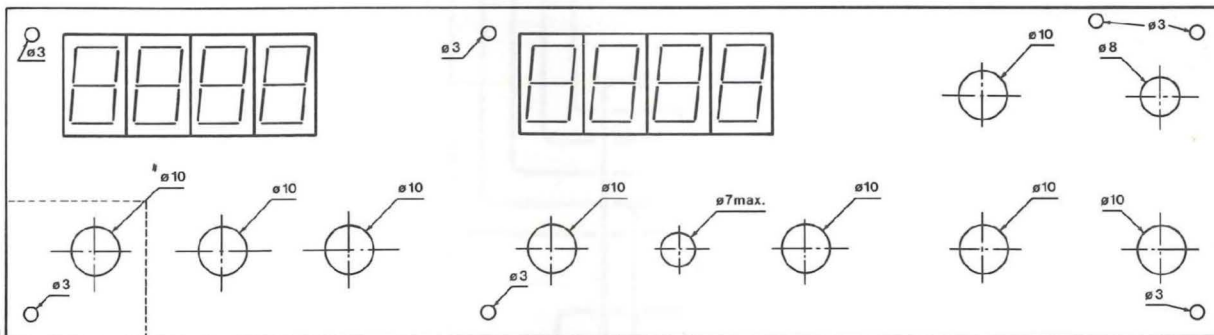


Fig. 2b

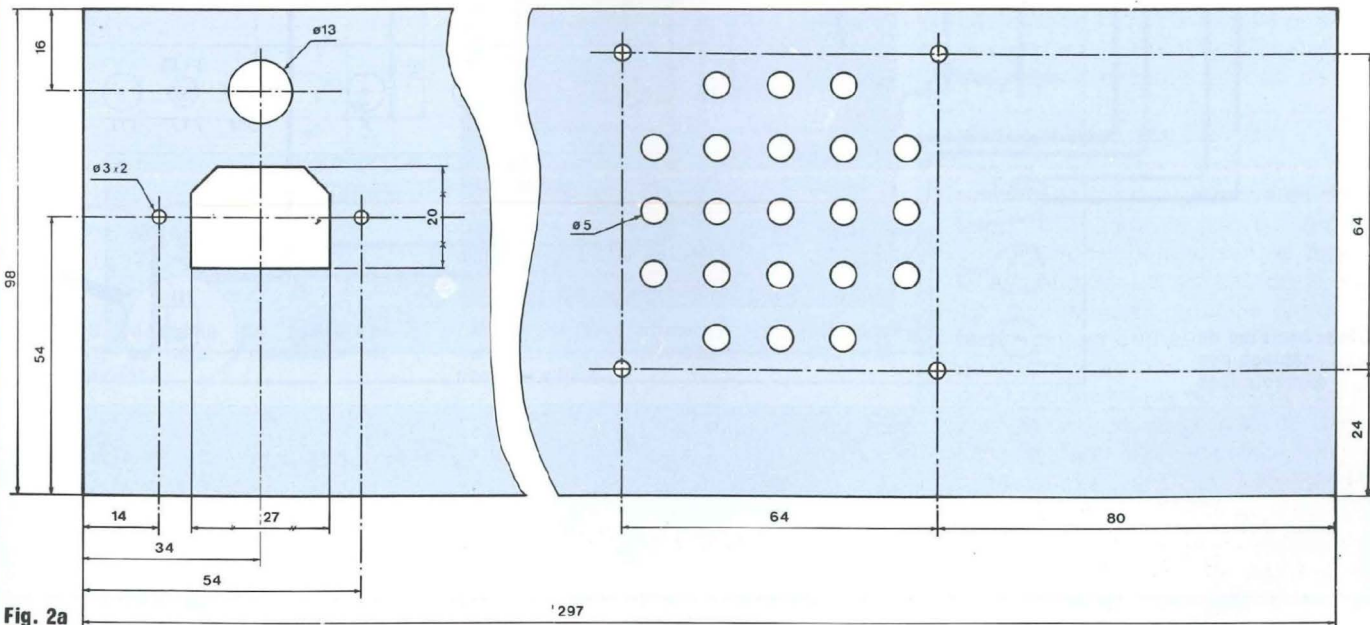


Fig. 2a

MINI-LABO AUDIO

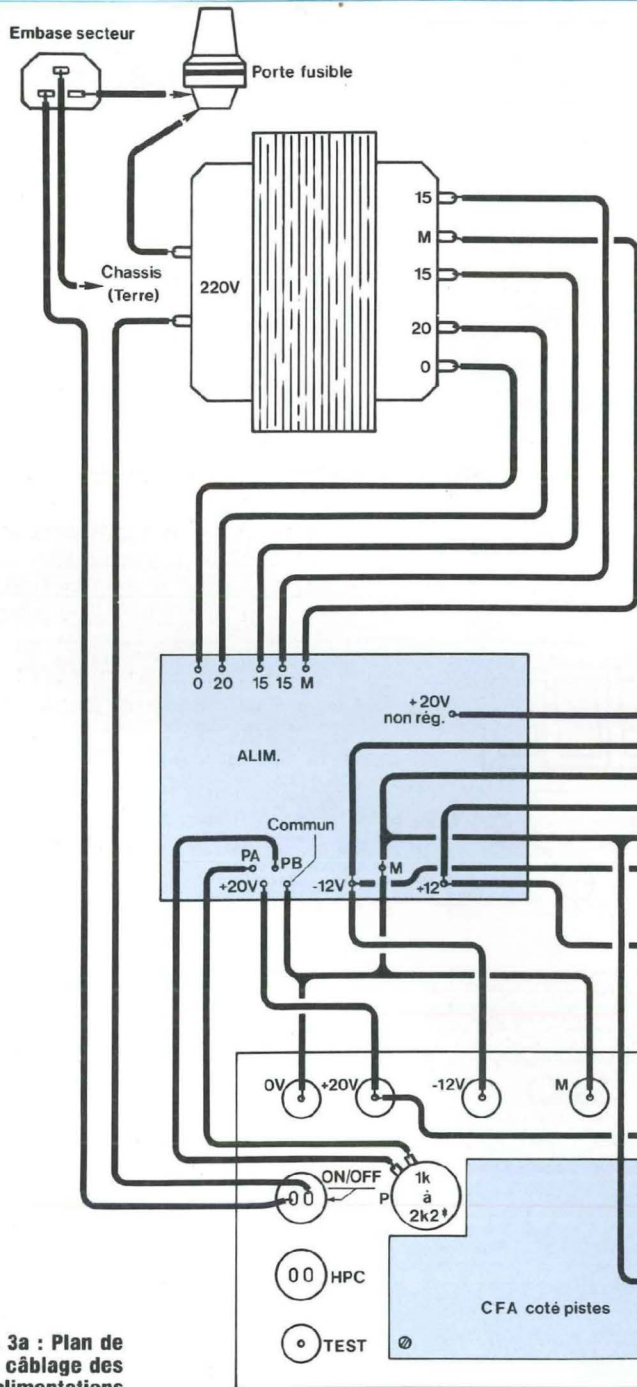
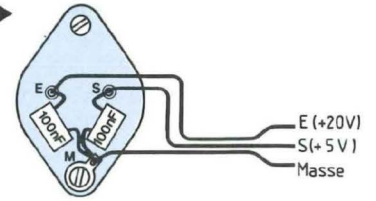


Fig. 3a : Plan de câblage des alimentations

Fig. 9
Utilisation d'un régulateur
en boîtier T03
fixé sur la face arrière
pour IC14.



Transistor vu de dessous
(LM 7805 en boîtier T03)

CIRCUITS	BROCHE	TENSION	CIRCUITS	BROCHE	TENSION
IC1/TL074	4	+12V	IC12 74C925	16	+5V
IC1/TL074	11	-12V	IC13 CD4066	14	+12V
IC 2 NE5534	4	-12V	IC15 CD4011	14	+12V
IC 2 NE5534	7	+12V	IC16 CD4093	14	+5V
IC3 LM 710	11	+12V	IC17 MC14433	24	+5V
IC3 LM 710	6	-5V	IC17 MC14433	12	-3V
IC4 CD4011	14	+12V	IC18 TL081	7	+5V
IC5 CD4024	14	+12V	IC18 TL081	4	-3V
IC6/IC7 CD4518	16	+12V	IC20 CD4511	16	+5V
IC8/IC9 CD4017	16	+12V	IC21 CD4013	14	+5V
IC10 CD4010	1	+5V	IC22 TL081	7	+12V
IC11 CD4066	14	+12V	IC22 TL081	4	-12V

NB: toutes les tensions sont référencées à la masse.

Fig. 10 ; Tensions d'alimentation des circuits.
N.B. : Toutes les tensions sont référencées à la masse.

(+ 12 V) de la C.F.A. doit être connectée au potentiel (+ 20 V) non régulé, situé entre IC2 et D3, comme l'indique le plan de câblage de la figure 3. Ce plan englobe tout ce qui concerne les alimentations. IC14 sera impérativement muni d'un radiateur conséquent, sans quoi il disjonctera à coup sûr au bout de cinq minutes. En effet, la chute de tension à ses bornes avoisine les 15 volts (20V-5V), ce qui est considérable. Il est cependant hors de question de prélever sur le régulateur + 12 volts la tension nécessaire, car on a besoin de toutes ses ressources en face avant. Si vraiment l'échauffement vous chagrine, il y a suffisamment de place sur la face arrière pour y implanter un régulateur 5 volts en boîtier T03. La face arrière servira alors avantageusement de radiateur. Le croquis de la figure 9 indique le brochage d'un régulateur T03 et le plan de câblage correspondant : notez qu'il sera prudent de placer un condensateur de 100 nF sur les entrées et sorties, afin de réduire les risques d'accrochages (oscillations HF). Ce phénomène se produit souvent lorsque la longueur des câbles n'est pas négligeable de part et d'autre du régulateur.

ESSAIS PRELIMINAIRES

Il est déconseillé d'effectuer un câblage en bloc du mini-labo, qui risquerait de rendre toute intervention de dépannage délicate en cas de mauvais fonctionnement : nous testerons point par point ses éléments.

Avant de poursuivre, enlevez de préférence tous les circuits intégrés de leur support, et vérifiez que les tensions arrivent correctement sur les broches d'alimentation. Le tableau de la figure 10 indique, pour chaque circuit, les broches concernées et la tension qu'on doit y trouver. Si vous possédez des cordons munis de grip-fils ou pinces crocodiles, la procédure de test sera extrêmement rapide. N'hésitez pas à vous en procurer, ils deviendront vite indispensables.

TEST DU BLOC ALIMENTATION

Il suffit de s'équiper d'un multimètre, et

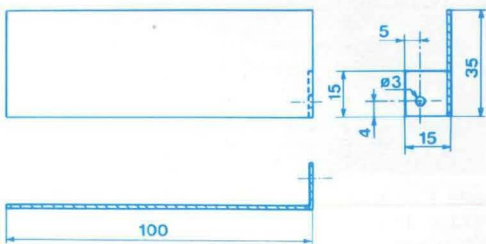


Fig. 3b : Dimensions du radiateur (indispensable*) en tôle d'aluminium de 15/10° (*voir texte).

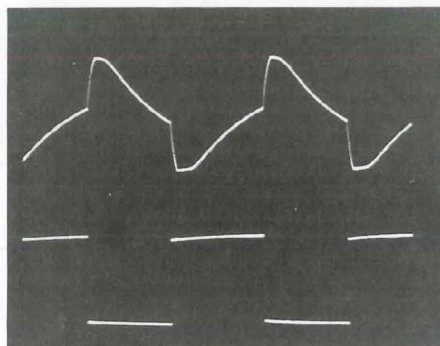


Photo 1 : Oscillogrammes du testeur de continuité. En haut : broche 8 de IC16. En bas : broche 11 de IC16.

MINI-LABO AUDIO

de mesurer les tensions de sortie des régulateurs fixes. Méfiez-vous, car certains régulateurs ne fournissent leur tension exacte que avec une charge inférieure à 1 kohm, il faudra en tenir compte lors des mesures. Après avoir câblé P, on vérifiera la plage de variation de la tension réglable en fonction des indications fournies précédemment.

VERIFICATION DU TESTEUR DE CONTINUITE

Implanter IC16 sur la carte principale. Connecter le HP piézo entre les points (HPC) et (M) : le HP doit rester silencieux ; court-circuiter l'entrée (TEST) avec (M) : on doit entendre le sifflement caractéristique du haut-parleur. Les oscillogrammes de la photo 1 indiquent les signaux que l'on doit observer sur la broche 8 de IC16 (en haut) et la broche 11 (en bas).

TEST DE L'AMPLIFICATEUR AUDIO

Implanter IC22, et brancher le haut-parleur entre (M) et (SHP). La vérification est très simple : lorsque l'on touche la borne (VIN) avec le doigt, le ronflement secteur doit se faire entendre.

TEST DU GBF

Initialement prévues de 10 en 10, les décades seront finalement commutées de 20 en 20 afin de bénéficier d'une meilleure résolution sur l'affichage du fréquencemètre. La fréquence maximale sera cependant limitée aux alentours de 100 kHz par les caractéristiques des composants du GBF.

Laisser brancher le haut-parleur. Implanter alors IC1, IC2 et IC3 sur leurs supports respectifs. Court-circuiter (P'1A) avec (P'1B) et (P1A) avec (P1B), ce qui correspond à P1 au minimum, soit à la fréquence maximum dans la gamme.

Reliez (G2C) à (C'C), correspondant à la gamme (200 Hz-2 kHz), connectez (P2B) à la masse (rapport cyclique 50 %) et reliez enfin (P3B) à (FR).

Si vous possédez un oscilloscope (qui est pratiquement indispensable pour apprécier les performances d'Audio-lab), vérifiez que vous observez une sinusoïde de 2 kHz environ (valeur non critique en raison de la tolérance des

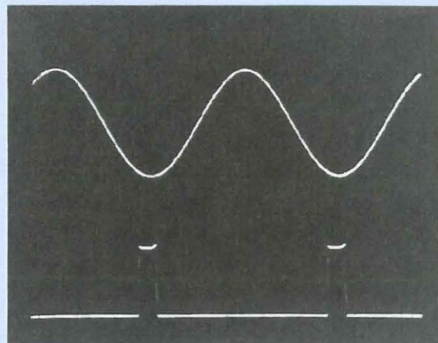


Photo 2 : GBF/50 Hz. Sorties S_{GBF} sinus $6 V_{CC}$; S_{TTL} ($\tau = 10 \%$).

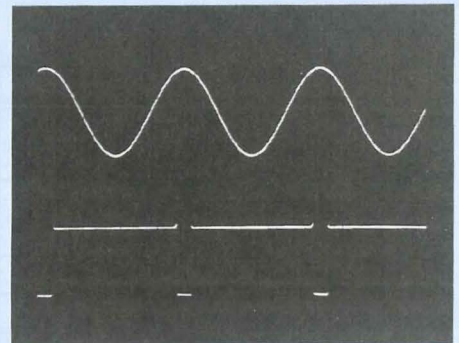


Photo 3 : GBF/1 kHz. Sorties S_{GBF} sinus $6 V_{CC}$; S_{TTL} ($\tau = 85 \%$).

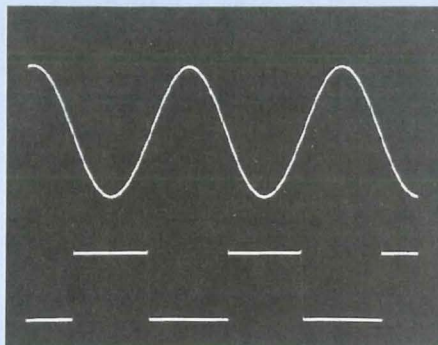


Photo 4 : GBF/50 kHz. Sorties S_{GBF} sinus $6 V_{CC}$; S_{TTL} ($\tau = 50 \%$).

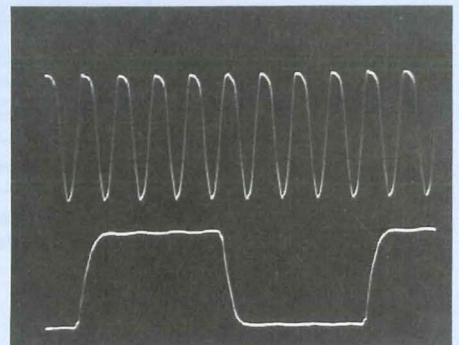


Photo 5 : En haut horloge à quartz 4 MHz. En bas broche 2 de IC6. Fréquence intermédiaire de 500 kHz.

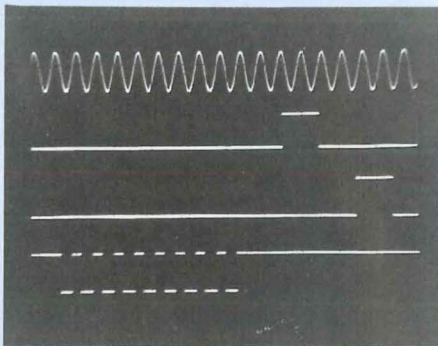


Photo 6 : Oscillogrammes de fonctionnement du 74C925.

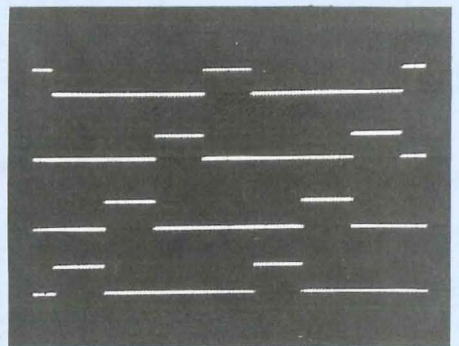


Photo 7 : Sorties D_0 à D_3 du 74C925 → multiplexage de l'affichage. Chaque afficheur est sélectionné 1 fois sur 4 $F_{MUX} = 1$ kHz.

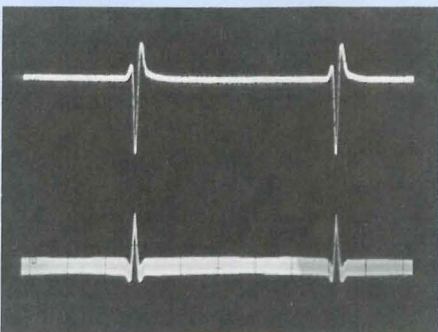


Photo 8 : En bas signal d'entrée $8mV_{CC}$ noyé à 30 % dans le bruit. En haut : Sortie du préampli fréquencemètre (collecteur de T8). Signal $1,5 V_{CC}$ (gain $\neq 200$). → Niveau de bruit 7 %.

composants) sur la sortie (FR) et la sortie (SGBF).

Sur la sortie (STTL), on doit observer un signal rectangulaire de rapport cyclique 50 %. Si c'est le cas, tout fonctionne parfaitement. On pourra s'assurer qu'il en est de même pour les gammes 200 Hz et 20 kHz. Les oscillogrammes des photos 2,3 et 4 indiquent les signaux obtenus sur (Sgbf) et (Sttl), pour différentes fréquences et rapports cycliques.

Si vous ne possédez pas d'oscilloscope, il suffira de relier les sorties indiquées sur l'amplificateur BF, afin de vérifier au moins la présence des signaux, sans pouvoir toutefois en observer la forme.

Notons que la fréquence 20 kHz est absolument inaudible, et que tenter de l'entendre serait peine perdue !.

Si vous désirez absolument conserver la plage de fonctionnement prévue à l'origine, soit (10 Hz, 100 kHz), il suffit de choisir un potentiomètre double de 100 kohms pour P1 et de remplacer R2 et R5 par des résistances de 12 kohms.

TEST DU FREQUENCOMETRE

Implantez dans un premier temps IC4 à IC8, et vérifiez la présence des signaux d'horloge en sortie de chaque C.I. (voir schéma pour les brochages). La photo 5 illustre la forme des signaux que l'on doit trouver en sortie de l'oscillateur à quartz. Ne positionnez pas la sonde d'oscilloscope aux bornes du quartz, qui risque alors de s'amortir et stopper les oscillations. Implantez IC9, IC10, IC11 et IC15. Connectez la borne (4M) de IC11 à +Vcc, et vérifiez la présence de signaux conformes aux oscillogrammes de la photo 6. Les clichés ont été obtenus à partir d'un analyseur analogique à quatre canaux, afin de visualiser simultanément chacun des signaux. Un oscilloscope double-trace permet toutefois d'observer chaque signal l'un par rapport à l'autre : le signal d'entrée qui provient du GBF est appliqué sur la borne (I3B), ce qui permet de vérifier également le préamplificateur.

On peut vérifier rapidement le 74C925 et l'affichage en reliant la carte princi-

pale à la contre-face avant comme suit : (IN) à (CK), (RAZ) à (RAZ), (MEMO) à (EN). Implanter alors IC12 et mettez en route : on doit observer (0020) sur la gamme (4MHz) du fréquencemètre, et pour la gamme (2 kHz-20 kHz) du GBF (Remarquez que les fréquences peuvent varier à $\pm 10\%$ en raison de la tolérance des composants).

Les oscillogrammes de la photo 7 matérialisent les signaux de commande de chacun des quatre afficheurs du fréquencemètre. Les oscillogrammes de la photo 8 illustrent les performances du préamplificateur d'entrée : un signal impulsionnel dont l'amplitude est inférieure à 8 mV crête à crête, suffit à déclencher la porte de validation sans erreur de mesure. Cela correspond à un signal sinusoïdal de niveau inférieur à 3 mV efficaces.

VERIFICATION DU VOLTMETRE

Dans un premier temps, procédez aux opérations suivantes :

★ Reliez, avec un câble en nappe de 9 brins, les sorties (Q0-Q3, Ds1-Ds4 et B1) aux broches correspondantes sur la contre-face avant, en veillant à respecter scrupuleusement l'ordre des connexions.

★ Reliez la borne (I4B), près de IC19, à la borne (20 V) située à proximité de R75, afin de sélectionner la gamme (0-20 V) du voltmètre.

Vous pouvez alors implanter IC17 à IC21, et procéder aux essais suivants :

★ Réglez RV2 de façon à obtenir 200 mV sur la broche 2 du MC1433.

★ Vérifiez que vous obtenez une tension négative comprise entre 3 V et 5 V sur la broche 12 de IC17. Elle doit impérativement être supérieure à 2.8 V, auquel cas le bon fonctionnement du voltmètre serait compromis. Dans le cas contraire, il suffit de diminuer R70 jusqu'à 1 kohm.

★ On doit observer un signal d'horloge supérieur à 100 kHz sur la broche 2 de IC17.

★ Reliez l'entrée (VINT) à la masse : l'affichage doit indiquer 0 volt.

★ Reliez cette entrée alternativement aux sorties + 12 V et - 12 V du bloc alimentation : on doit tomber à 10 % près sur ces valeurs, la différence pro-

venant de l'influence de la résistance interne des diodes D8 et D9, et de la tolérance des résistances de précision. Ces diodes ne sont présentes que pour protéger le circuit pendant l'opération de câblage et les différentes mises au point. On les retirera - hors tension d'alimentation - dès que l'appareil sera définitivement opérationnel.

N'ayez crainte, le MC14433 possède ses propres diodes de protection à l'entrée, limitées en courant par R69.

Si tout fonctionne, il ne vous reste plus qu'à entreprendre le câblage général de l'appareil. Si des défauts apparaissent, contrôlez la qualité des soudures, et vérifiez bien les brochages des circuits intégrés, ainsi que les polarités des condensateurs, diodes et transistors. Vous aurez sans doute remarqué sur les clichés du GBF que le transistor à effet de champ a été monté sur support : c'est une procédure qui permet avantageusement de choisir le modèle le plus adapté à un minimum de distorsion, parmi des échantillons issus de lots différents.

REALISATION DE LA FACE

AVANT

Avant de procéder au câblage, il est indispensable de préparer définitivement la face avant sur laquelle vont prendre place les embases BNC, Interrupteurs, potentiomètres et commutateurs rotatifs. Le plan de perçage de la face avant est indiqué en figure 4. Les interrupteurs subminiatures étant fixés sur la façade de l'appareil, il faudra préalablement s'assurer que les modèles dont vous disposerez correspondent à un diamètre de 5.5 mm. Ils ne doivent pas gêner la mise en place de la contre-face avant, qui n'est en retrait que de 12 mm. Les trous de fixation de la C.F.A., de $\varnothing 3$ mm, devront être évasés de façon à pouvoir y noyer des vis à têtes fraisées. L'aluminium étant une matière tendre, l'usinage des fenêtres ne sera pas trop délicat à réaliser. Le plus simple consiste à percer les coins à l'aide d'un forêt de $\varnothing 8$, puis d'effectuer la découpe à l'aide d'une scie sauteuse.

MINI-LABO AUDIO

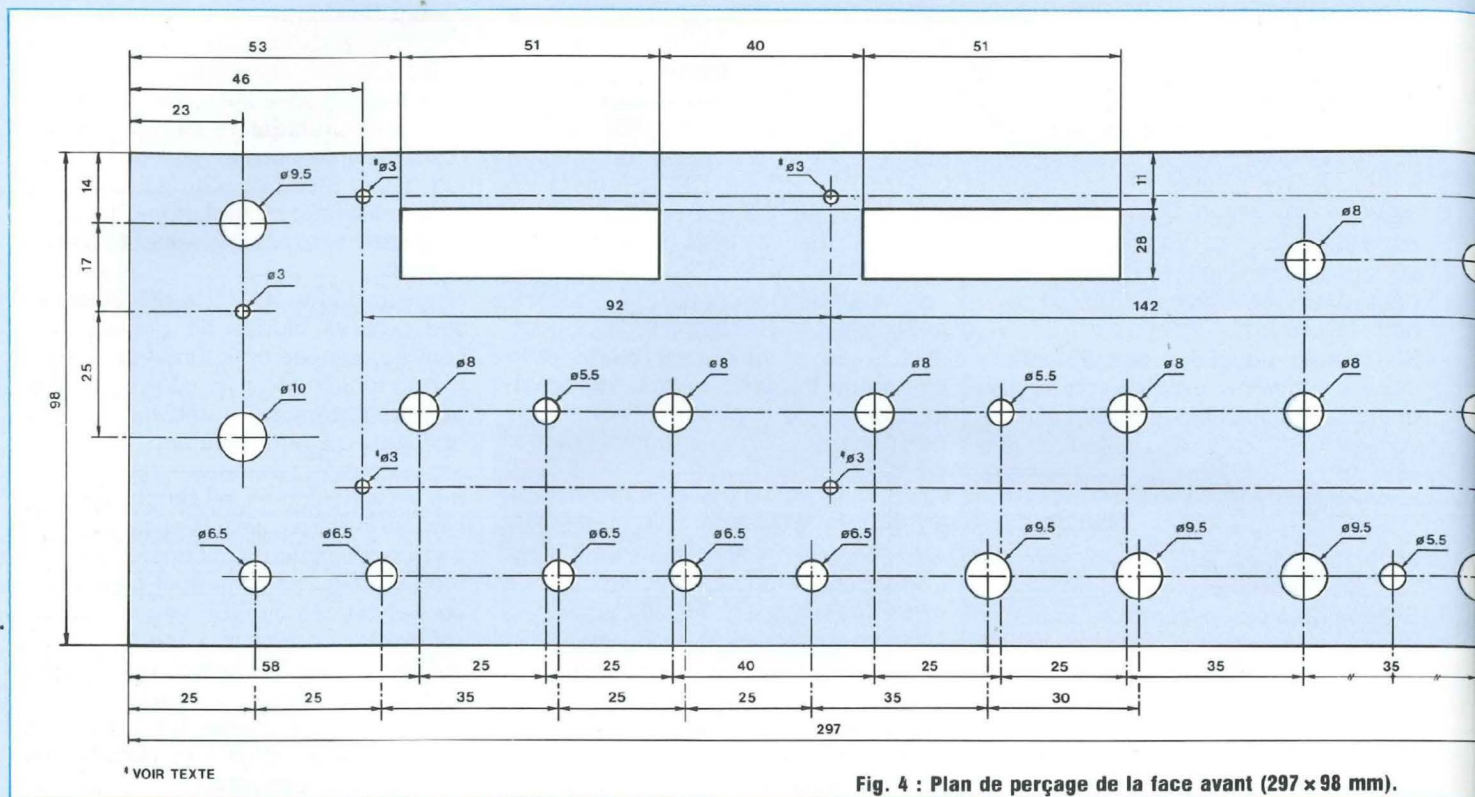


Fig. 4 : Plan de perçage de la face avant (297 x 98 mm).

La finition, qui se fera à la lime, devrait alors se limiter à l'ébavurage des bords.

REALISATION DE LA SERIGRAPHIE

A réalisation de grande classe, esthétique prestigieuse : l'investissement d'une sérigraphie en aluminium autocollant se justifie pleinement dans notre cas. Le procédé de réalisation est relativement simple : dans un premier temps, il faut vous procurer une plaque d'aluminium présensibilisé autocollante, de 100 x 300 (la dimension courante est de 200 x 300 mm). Ce matériau existe en deux versions : présensibilité positif ou négatif. La deuxième permet d'obtenir, à partir du plan de sérigraphie de la figure 5, une face avant dont les inscriptions sont en alu sur fond noir.

Il faudra ensuite des produits chimiques qui permettent de révéler puis graver la plaque préalablement insouillée : nous n'en parlerons pas car ils dépendent du procédé employé, et

vos revendeurs vous conseillera mieux que nous en fonction de ce qu'il pourra vous fournir.

Evidemment, vous devrez reproduire le film de la figure 5 avec des symboles-transfert, ou un procédé photographique qui n'est pas à la portée de tout le monde.

Vu les dimensions importantes de cette figure 5, celle-ci est publiée en fin d'article, grandeur nature, afin d'en faciliter la reproduction.

La plaque d'aluminium sérigraphié faisant environ 1,5/10^e, il suffit d'un bon cutter pour usiner les fenêtres des afficheurs. Nous vous conseillons vivement d'effectuer les perçages de cette plaque indépendamment de la face avant d'origine ; en effet, les bavures ne pourraient être supprimées efficacement, entraînant l'apparition de cloques disgracieuses non réversibles.

On pourra enfin encoller les deux parties, après avoir positionné les entretoises de maintien de la contre-face avant.

Le croquis de la figure 6 présente clai-

rement la mise en place des différents éléments, afin de vous éviter toute erreur. Grâce à cette disposition, la visserie de la contre-face restera invisible, tout en gardant le circuit imprimé amovible en cas de démontage ultérieur.

Après ces opérations délicates, il ne restera plus qu'à fixer bornes, interrupteurs et embases BNC, avant de positionner définitivement la contre-face. Le cas échéant, on n'oubliera pas d'implanter le potentiomètre multitours (P). L'interrupteur AC/DC du voltmètre est un petit modèle bipolaire, les deux autres étant unipolaires. On s'aidera de la couverture de Led n°137 pour la mise en place de la connectique. La fixation du transducteur Piezo se fera simplement avec une bonne colle classique ou cyanolite.

CABLAGE GENERAL DE L'APPAREIL

Le câblage des alimentations étant représenté en figure 3, nous ne l'avons pas reproduit de telle sorte à alléger la

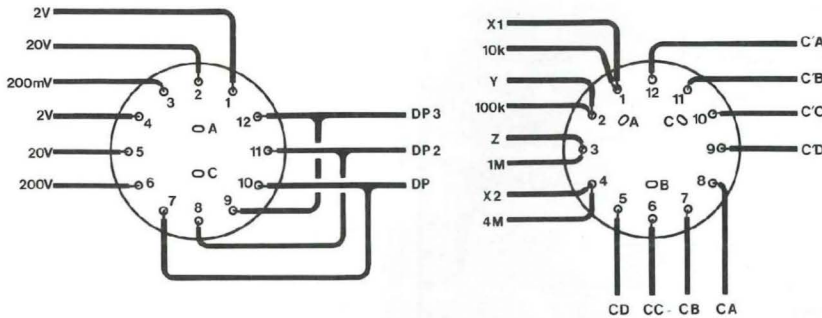


Fig. 7b : Câblage de CT1 et câblage de CT2.

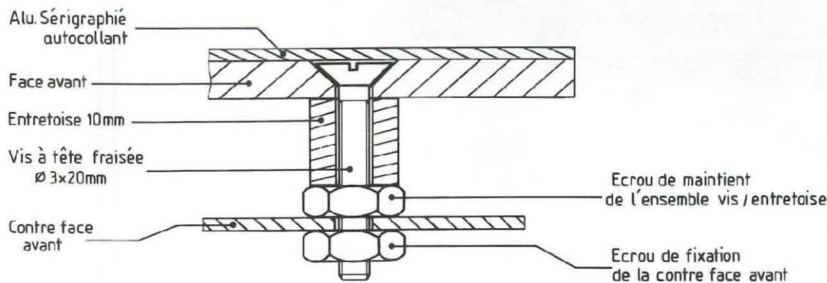


Fig. 6 : Détail de fixation de la contre-face avant.

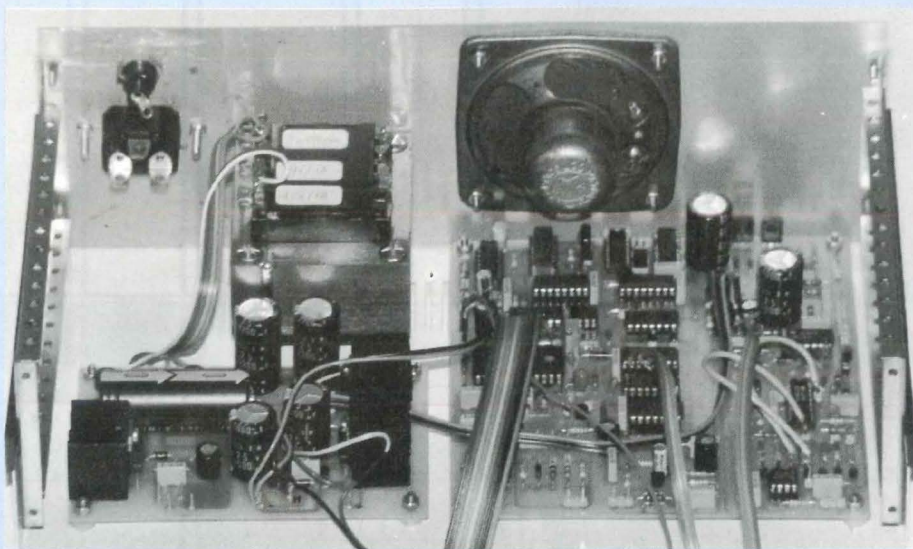


Photo A : Mini-labo en début de câblage. Notez l'exploitation intensive de câbles en nappes. Deux transformateurs indépendants tiennent facilement à l'arrière du coffret... à condition de supprimer leurs étriers (tôle de fixation).

figure 7a, qui présente toutes les autres interconnexions.

Certaines liaisons sont à effectuer impérativement en câble blindé. Dans tous les cas le blindage ne devra être relié que d'un côté du cordon, afin

d'éviter des boucles de masses perturbatrices. Le croquis de la figure 8 indique la présentation souhaitable d'un cordon blindé : une gaine thermo-rétractable permet de consolider l'ensemble, mais surtout d'isoler la

trousse de masse inutilisée. Sont à relier dans ces conditions les bornes suivantes :

★ (VIN) à P4, pour éviter au haut-parleur de diffuser un ronflement continu.

★ (STTL) à l'embase BNC correspondante, le signal carré risquant largement de perturber le GBF et le fréquencesmètre (on a pu constater une hausse considérable de la distorsion, et une nette détérioration de la sensibilité d'entrée du fréquencesmètre).

★ Toutes les connexions d'entrée du fréquencesmètre : I3 à (FR), (I3B) et l'embase BNC.

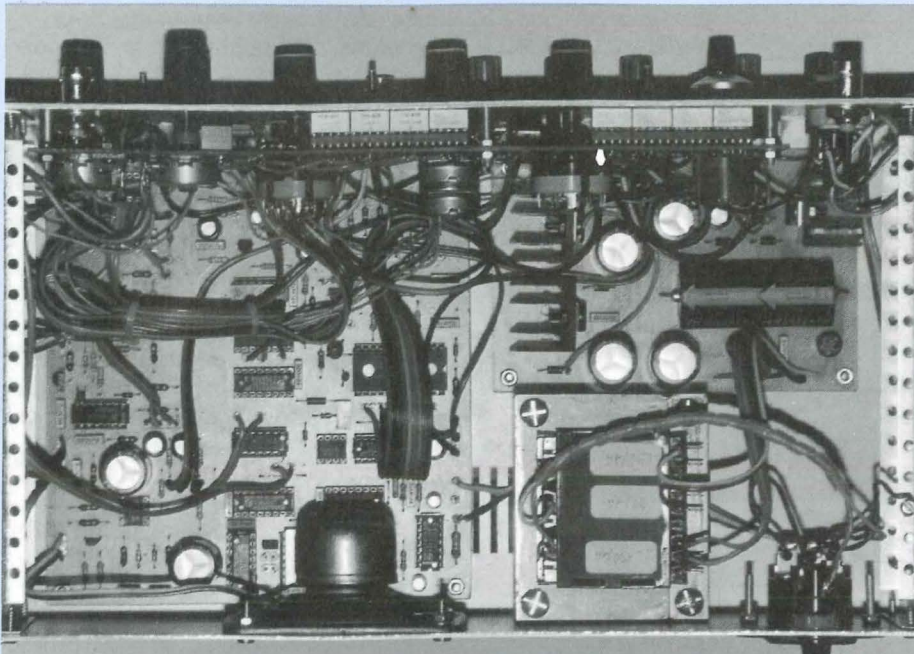
Les liaisons MC14433/afficheurs n'influent pas sur le GBF, ce qui permet d'exploiter définitivement un câble en nappe de 9 brins. Elles n'ont été représentées que partiellement pour ne pas surcharger le plan de câblage, mais ne présentent aucune ambiguïté : il suffit de relier entre elles les broches de même nom.

Si on désire vraiment atteindre le taux de distorsion le plus faible possible avec notre GBF, alors il est souhaitable de câbler aussi P1 et CT2 avec du câble blindé. Remarquez que le générateur de sinus a été implanté le plus loin possible du transformateur et de l'horloge à quartz. Tant que l'amplificateur BF n'est pas utilisé, il n'exerce aucune influence sur le GBF.

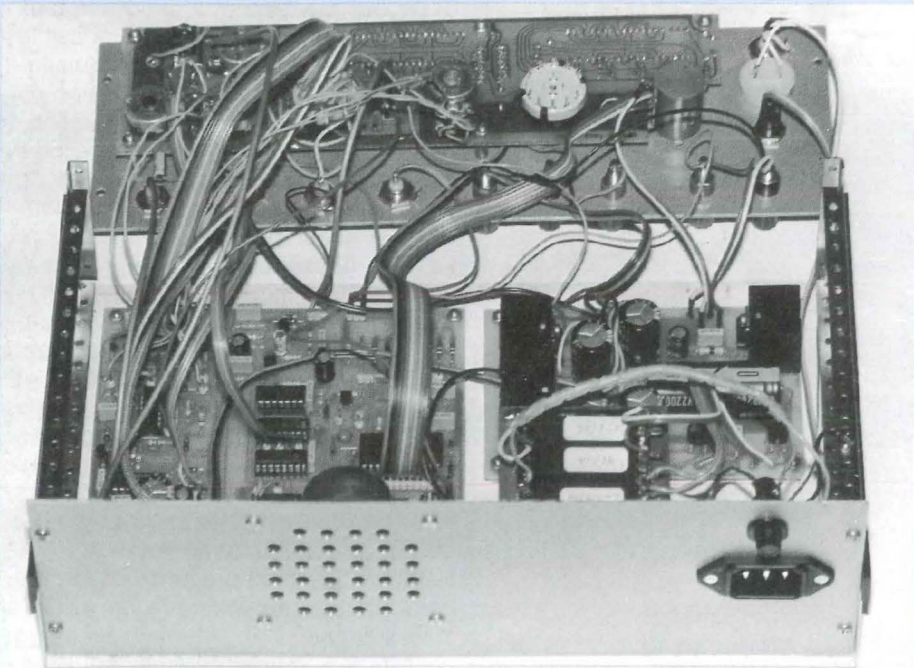
Le détail de câblage des commutateurs CT1 et CT2 est indiqué en figure 7b. Les bornes 1 à 4 de CT2 sont reliées d'une part à la CFA (X1, X2, Y et Z) et d'autre part à la carte principale (10 k, 100 k, 1 M, 4 M). Le câblage des bornes communes est représenté sur le plan de la figure 7a : n'oubliez pas R84, de 680 ohms, entre la borne (C) de CT1 et l'alimentation + 12 V. Nous avons initialement prévu d'alimenter le point décimal du voltmètre en + 5 V, mais il est plus raisonnable d'alléger la charge déjà lourde du régulateur IC 14. C22 permet de supprimer, sur la sortie SGBF, la composante continue de la sortie TTL (la borne positive de C22 sera reliée à la sortie TTL) : il ne faudra pas l'oublier !

Le boîtier ne doit être relié à la masse du montage qu'en un seul point : c'est

MINI-LABO AUDIO



Audio lab câblé, mise en boîtier terminée. Mise en place des boutons. C.F.A. fixée, vue des afficheurs sur support et des entretoises. Réalisation de chemins de câbles et torons.



Câblage presque terminé (nappe multicolore). Mise en place des embases et de la contre-face avant. Vue de la face AR, avec mise en place du HP. Fixation des potentiomètres et commutateurs sur la C.F.A.

l'embase BNC du fréquencesmètre qui a été choisie, pour améliorer sa sensibilité d'entrée en dessous de 100 Hz (rayonnement secteur important).

Pour des raisons évidentes de sécurité (prévention des chocs électriques), la borne de terre centrale de l'embase secteur est à relier au boîtier. Il faudra

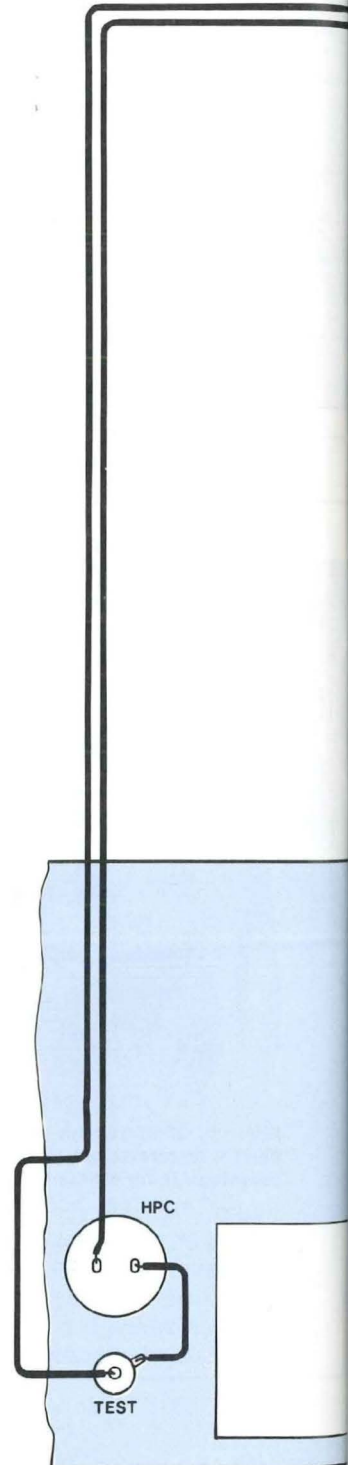
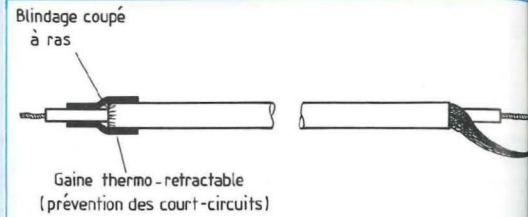
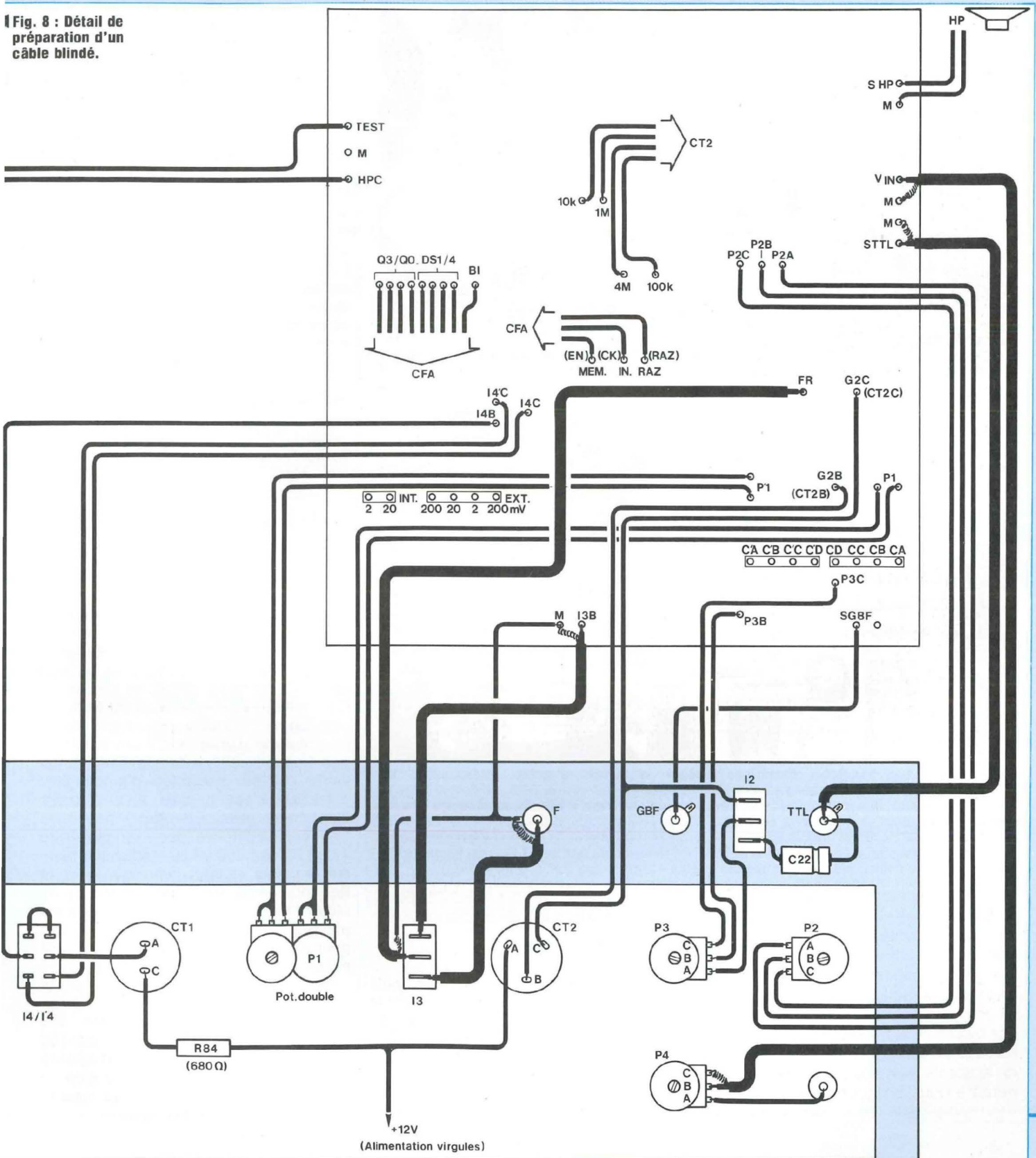
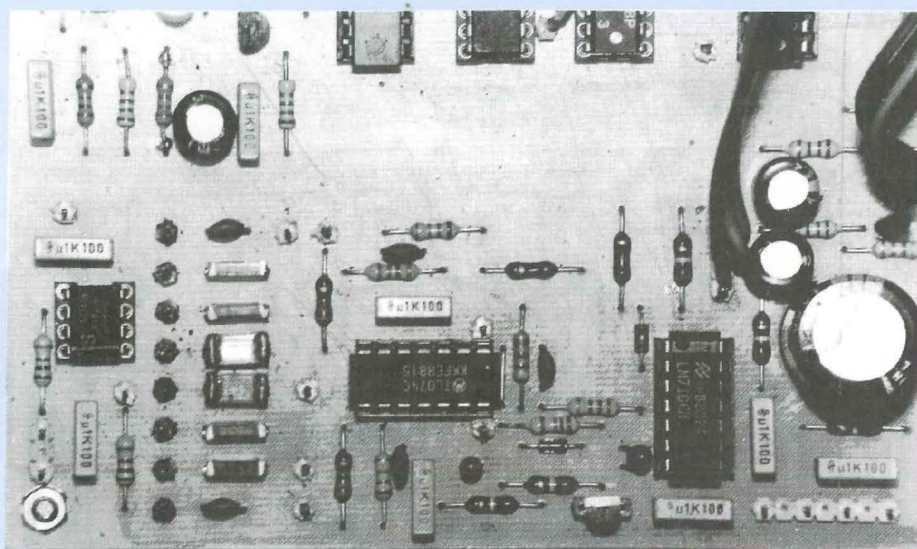


Fig. 7 : Plan de câblage général.

Fig. 8 : Détail de préparation d'un câble blindé.



MINI-LABO AUDIO



possibles, suivant que l'on possède ou non un oscilloscope.

Avec un oscilloscope : réglez le signal sinusoïdal à 2,83 V crête à crête, à la fréquence de 1 kHz. Connectez la sortie du GBF sur l'entrée alternative du voltmètre (interrupteur sur "AC", calibre 2 V externe. Réglez RV1 pour que la lecture soit (1000), soit 1 volt efficace. En effet, le volt efficace, pour un sinus, est défini comme suit :

$$V_{EFF} = V_{CC} / 2\sqrt{2} \text{ soit } 2,83 / 2\sqrt{2} = 1$$

Sans oscilloscope : réglez le signal sinusoïdal issu du GBF ($F = 1 \text{ kHz}$) de telle sorte à lire 1 V alternatif sur un multimètre numérique. Connectez ce signal au voltmètre, interrupteur sur "AC" et calibre 2 V externe, puis réglez RV1 pour afficher (1000), soit 1 volt efficace.

BILAN DE LA REALISATION LES PERFORMANCES MESUREES

Côté alimentation : le maximum des besoins en énergie étant couvert par le régulateur + 5 V, largement sollicité, les alimentations $\pm 12 \text{ V}$ ne sont mises à contribution qu'à concurrence de moins d'une centaine de milliampères pour l'ensemble du Mini-labo. En conséquence, on peut espérer débiter plus d'un ampère sur la source symétrique, sous réserve de ne pas utiliser l'amplificateur à plein régime.

Côté mesures : la précision du fréquencemètre ne dépend que du quartz utilisé. La précision d'un quartz étant meilleure que 1 pour 10 000, le fréquencemètre est limité par sa résolution d'affichage : $\pm 1 \text{ LSD}$, c'est à dire à une unité d'affichage près. En effet, pour une fréquence comprise par exemple entre 1 000 Hz et 1 000,99 Hz, l'affichage reste sur la valeur (1 000), alors que dans le dernier cas la fréquence réelle serait plutôt (1001). Un fréquencemètre à six afficheurs n'est cependant pas justifié pour Audiolab. La sensibilité d'entrée est excellente sur toute la bande 500 Hz - 4 MHz. Malheureusement, elle chute progressivement de 500 Hz à 10 Hz en raison des parasites secteur (50 Hz / 100 Hz). La sensibilité passe à pire que 100 mV pour une fréquence mesurée inférieure à 50 Hz : notons que cela ne pose aucun problème lors de la mesure

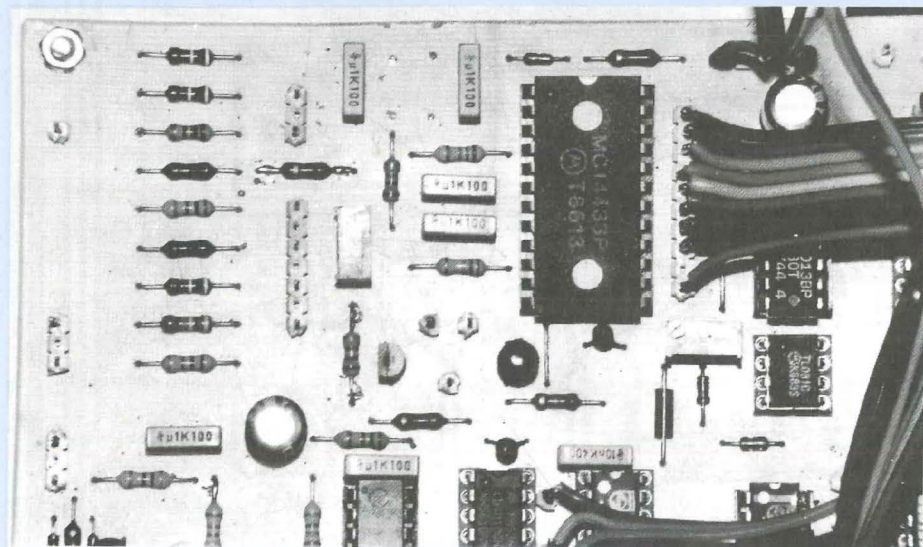


Photo du haut : Voltmètre numérique intégré et circuit d'entrée. (Résistances de précision/générateur de référence et, au milieu des câbles, redresseur RMS. On devine entre le GBF et le voltmètre, le circuit d'entrée du fréquencemètre. (Etage d'amplification, porte de validation et adaptateur de niveaux 12 V → 5 V).

Photo du bas : GBF à droite, circuit de mise en forme rectangulaire. Au centre, générateur sinus et à l'extrême gauche, étage de sortie à NE 5534. On remarquera que le FET (T1) est implanté sur support afin de choisir aisément le modèle le plus adapté à une D.H.T. plus faible.

en tenir compte lors de mesures particulières. En effet, comme c'est le cas de la plupart des appareils de mesure commerciaux, les masses sont reliées par les cordons d'alimentation : par exemple, la sonde d'un oscilloscope ne pourra visualiser des tensions que par rapport à la masse sur votre appareil. Tenter de relier le point de masse de la sonde à un autre potentiel entraînerait à coup sûr un court-circuit !

REGLAGES ET MISES AU POINT

Il n'y a que sur le voltmètre qu'il faut procéder à deux réglages : RV1 et RV2. Etalonner préalablement le voltmètre avec RV2, en suivant les instructions du paragraphe "vérification du voltmètre".

Pour régler RV1, deux méthodes sont

des fréquences basses du GBF par voie interne.

Le GBF respecte les conditions de distorsion évoquées lors de la présentation d'Audiolab 06, mais avec un choix judicieux pour le transistor JFET de contrôle automatique de gain.

Les limitations physiques des performances du GBF en pureté, sont dues aux limitations propres des composants d'une part (TL074, JFET, piste carbone de P1), mais aussi à la présence permanente du rayonnement secteur et aux longueurs de câbles non négligeables du module.

La sortie TTL permet d'attaquer directement des montages logiques alimentés sous 5 V.

Le voltmètre, quant à lui, reste irréprochable : en mesure continue, on peut considérer que la précision dépend uniquement de l'atténuateur d'entrée (D8 et D9 supprimées). On n'observe aucune influence du transformateur sur la stabilité de l'affichage, étant donné le filtrage d'entrée réalisé par R69 et C56.

En alternatif, les résultats de mesure sont tout à fait corrects, et ne dépendent principalement que de la qualité du réglage de RV1, et surtout de la qualité de IC18 pour les signaux de très faible amplitude.

EVOLUTION DE LA SORTIE LOGIQUE SUR AUDIOLAB 06

En d'autres termes, la description qui suit est un petit montage à intégrer sur la carte mère du mini-labo, pour profiter d'une sortie logique 100 % compatible CMOS et TTL.

Fichtre ! Et la sortie logique prévue d'origine ? Que faut-il comprendre de tout cela ? Tout simplement que le LM710, circuit intégré initialement prévu sur le mini-labo, n'est plus (ou presque) disponible auprès des revendeurs.

Qu'à cela ne tienne, le LM710 peut être avantageusement remplacé par une structure plus efficace, qui fera appel à une sortie de type HCMOS, parfaitement compatible avec les circuits logiques TTL (74 xx), TTL-LS (74 LSxx), CMOS (4xxx) et QMOS (74 HC / 74 HCT).

Le LM710, quant à lui, n'était même pas compatible avec toutes les familles de la technologie TTL !

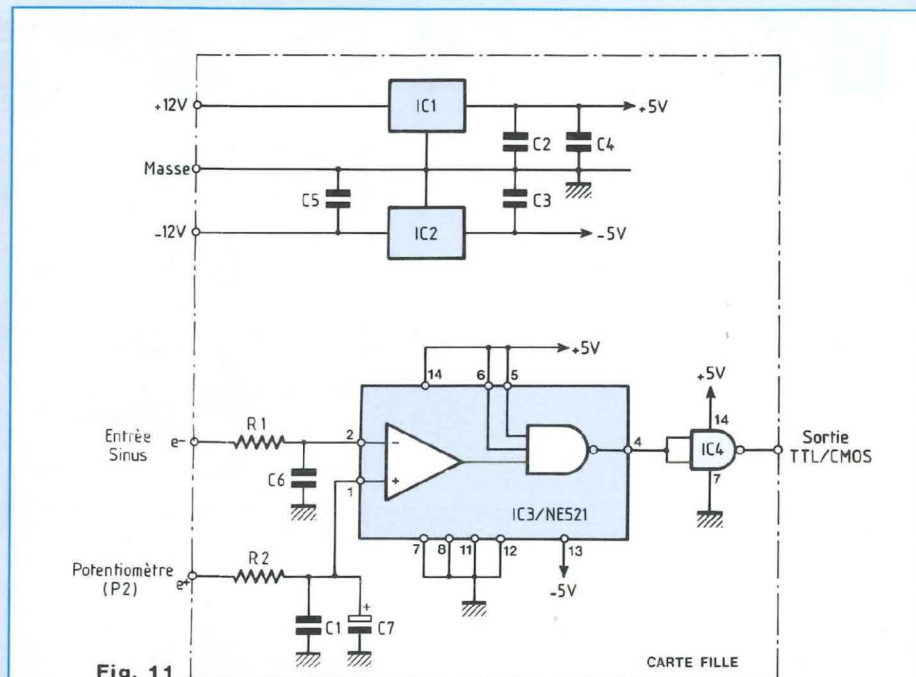


Fig. 11

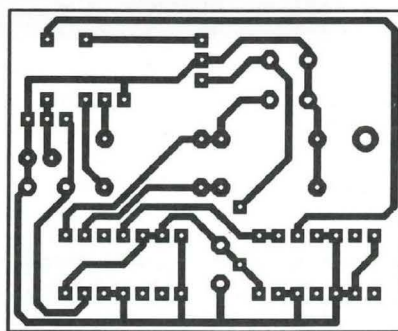


Fig. 12

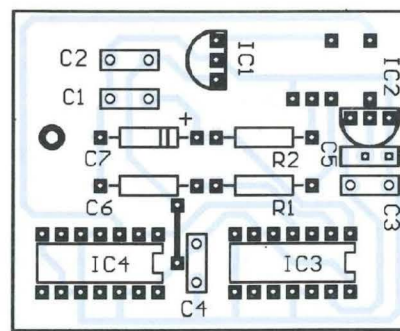


Fig. 13

LE SCHEMA STRUCTUREL

Le NE521, utilisé en remplacement du LM710, procure des fronts plus raides que son prédécesseur. La sortie logique du comparateur (un NAND à 3 entrées), délivre un signal compatible TTL uniquement (le niveau haut dépasse à peine 2 volts !). La sortie a donc été "bufferisée" par une porte à entrées trigger de technologie HCT (circuit compatible TTL en entrée, universel en sortie). Précisons que la compatibilité intégrale n'est valable que pour des circuits CMOS alimentés au maximum sous 6 volts, ce qui est prévisible puisque la tension de seuil d'une porte CMOS est approximativement de $V_{dd}/2$.

Pour garantir un fonctionnement fiable, le NE521 est alimenté sous ± 5 V par des régulateurs intégrés sur le module. Le réseau $[R2 / C1 + C7]$ assure à la tension de référence du comparateur une stabilité exemplaire. En effet, la forte impédance de P2 ne permet pas de compenser la relative sensibilité des entrées aux fronts de commutation du NE521. Cette particularité entraîne une dégradation des fronts de sortie, qui laissent apparaître une légère oscillation parasite en l'absence de C1, C6 et C7.

REALISATION PRATIQUE

Le tracé des pistes du module est indiqué en figure 12, l'implantation des

MINI-LABO AUDIO

NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

- Résistances

R1 = 2,7 k Ω
R2 = 100 k Ω

- Condensateurs

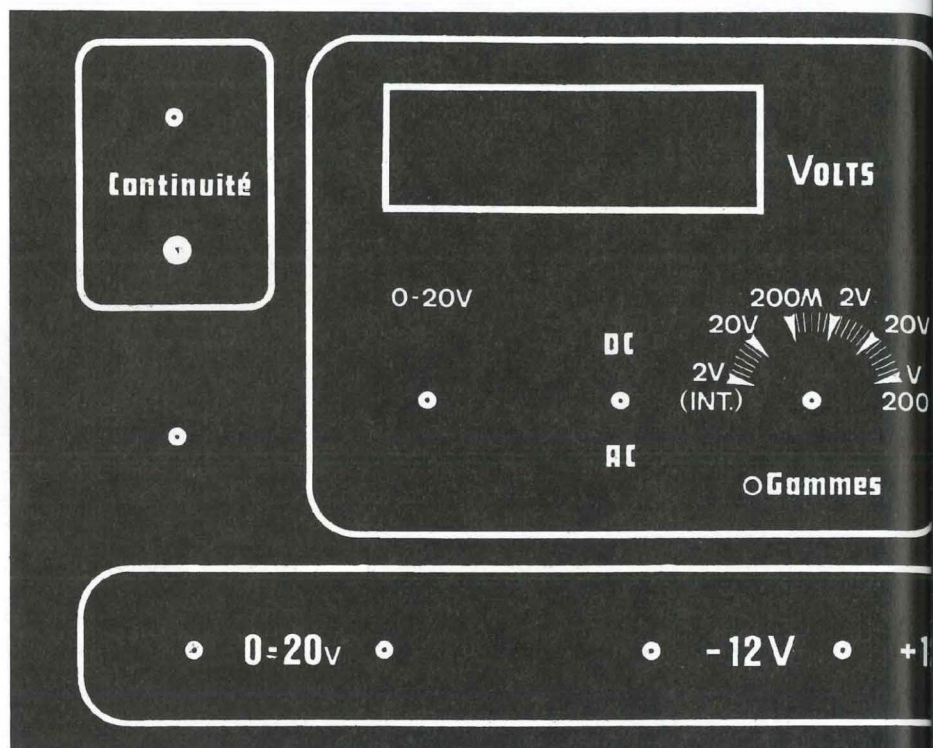
C1 = 100 pF (céramique)
C2, C3 = 100 nF
C4 = 470 nF
C5 = 68 nF
C6 = 100 pF (céramique)
C7 = 1 μ F / 25 V (chimique)

- Semiconducteurs

IC1 = 78L05
IC2 = 79L05
IC3 = NE521N
IC4 = 74HCT132 (surtout pas un
74HC132, incompatible avec le NE521 !!!)

- Divers

2 supports 14 broches



composants en figure 13. Le circuit comporte un strap près de C4, qui est de préférence à souder en premier. Un trou de fixation est prévu sur le montage pour améliorer la rigidité de la liaison entre le module et la carte mère. Son emplacement correspond à une zone libre sur le circuit imprimé d'origine de Audiolab 06.

La liaison entre le support du LM710 et notre module sera effectuée à partir de 6 fils de câblage rigides, qui pourront être soudés à la place du support. De cette façon, le signal logique sera récupéré au niveau de la sortie prévue à l'origine sur la face avant de l'appareil.

MODIFICATIONS A PREVOIR SUR LA CARTE PRINCIPALE

Le schéma de la figure 11 représente un module (une "carte fille") qui vient s'enficher à la place du LM710 sur la carte principale du mini-labo. Les entrées et sorties externes correspondent aux broches disponibles sur le support du LM710. La source de tension -12 V provient de la broche d'alimentation en -6 V du comparateur : la diode zéner DZ1, située sur la carte principale, devra donc

être supprimée pour laisser directement arriver le -12 V sur le module de remplacement. Du coup, R16 sera remplacée par un strap et on veillera à ce que C18 (condensateur de découplage) supporte une tension supérieure à 16 V (25 V ou 63 V sont des valeurs courantes). Ce sont les seules modifications à apporter à la carte principale de l'appareil.

ET SI CA NE MARCHE PAS !

Bien que la disposition des éléments et la reproductibilité de l'appareil soient largement soignées, il est possible que vous rencontriez quelques difficultés à en obtenir un fonctionnement satisfaisant. C'est bien pour cette raison que nous avons procédé à l'essai progressif du Mini-labo.

Il est avant tout essentiel de respecter, lors de l'implantation des composants, les brochages et polarités. Cette remarque est valable pour tous les composants actifs (CI, diodes, transistors) mais aussi pour les condensateurs chimiques ou tantales. Dans le cas des condensateurs chimiques, une flèche indique la borne (-) du composant, tandis qu'un symbole (+)

est imprimé directement sur les condensateurs tantale ; parfois, c'est un point qui remplace le symbole lorsque la valeur est indiquée par code des couleurs. Il faut savoir qu'un condensateur branché à l'envers se détruit irrémédiablement, et provoque un court-circuit permanent. N'hésitez pas à consulter les photographies jointes à l'article, pour vous assurer des polarités : on n'est jamais trop prudent !

Les erreurs peuvent être d'ordre mécanique : assurez-vous qu'aucun élément de visserie (entretoises, écrous...) ne vienne toucher une piste sur les circuits imprimés, ce qui entraînerait des court-circuits fâcheux.

Rappelons-le, IC14 doit impérativement être doté d'un bon radiateur, sans quoi les essais ne seront pas effectués dans de bonnes conditions. Dès qu'un module refuse totalement de fonctionner, il faut vérifier les valeurs des composants (résistances en particulier), mais aussi les connexions et pistes de circuit imprimé : il arrive, lors de l'opération de soudure, qu'une boule d'étain tombe du fer entre deux pistes, provoquant un pont. Entre les broches de circuits intégrés, notamment,

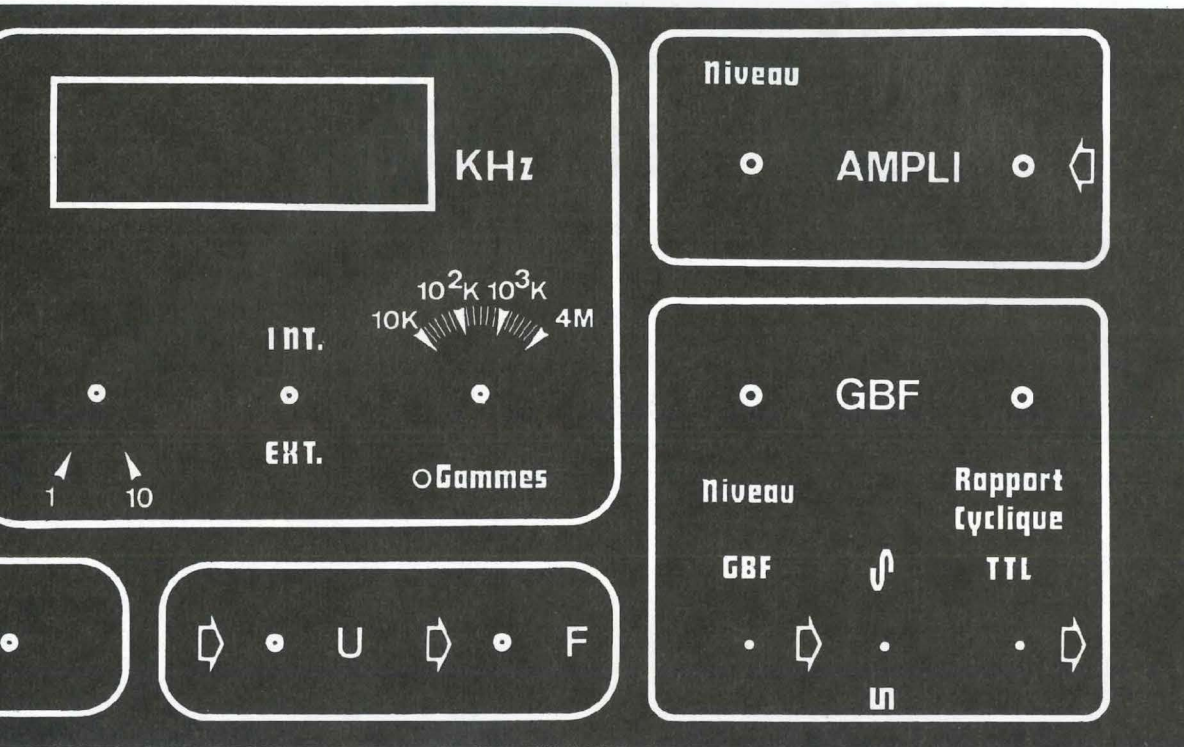


Fig. 5

des ponts peuvent apparaître lors de la soudure, et il faut veiller à les éliminer avant toute mise sous tension.

D'un autre côté, le dépannage d'un défaut peut en générer un autre. En particulier, les nombreuses manipulations peuvent entraîner la cassure d'un fil de câblage, qui sera responsable d'un nouveau défaut. A ce sujet, il y a une règle générale à respecter : toujours effectuer le câblage en fils souples, dont la gaine contient 10 à 15 brins. Les connexions réalisées sont à protéger avec une gaine thermorétractable qui, une fois chauffée (avec un fer ou un briquet), assurera une bonne rigidité mécanique entre la cosse et le câble.

Pour déceler une panne sur le GBF, le fréquencemètre ou le voltmètre, il faut procéder en vérifiant point par point en respectant l'ordre indiqué lors de la procédure de test. Dans le cas du

fréquencemètre, par exemple, il faut préalablement s'assurer que l'horloge fournit les signaux nécessaires, puisque la division de fréquence est effectuée, étage par étage, jusqu'à confirmer la présence des signaux de contrôle du 74C925, etc. De cette façon, on pourra facilement détecter l'étage défectueux.

Autre type de problème : vous n'arrivez pas à atteindre les valeurs prévues initialement. Si le réglage de RV2 ne permet pas d'atteindre les 200 mV sur la broche "VREF" du MC14433, il suffira d'augmenter R73 si $V_{REF} \min > 200$ mV, et de diminuer R73 si $V_{REF} \max < 200$ mV. Dans les deux cas, vérifiez auparavant que IC19 soit bien câblé, et fournisse effectivement 2,5 V à ses bornes. Pour ce qui est de l'excursion du GBF, nous garantissons un fonctionnement irréprochable jusqu'à 80 kHz, le TL074 pouvant décrocher entre 80 kHz et 100 kHz

suivant le composant : cela correspond aux limites physiques du composant, qu'on ne pourrait repousser que moyennant une forte augmentation du taux de distorsion : ce n'est pas le but recherché.

Enfin, une erreur flagrante de lecture sur le fréquencemètre, peut être simplement due à un mauvais positionnement du strap de sélection du quartz, près de IC5. Il n'est pas possible d'analyser tous les cas de figure dans ces colonnes, et c'est pourquoi nous en terminerons avec la recommandation suivante : n'employez que du matériel neuf et de bonne qualité, en évitant de recourir à des lots "bon marché" proposés à des prix défilants toute concurrence. Le résultat final s'en ressentirait certainement.

Bernard Dalstein

Vous avez réalisé des montages personnels que vous aimeriez publier dans notre revue, n'hésitez pas à nous joindre soit par téléphone, soit par courrier, afin d'obtenir les renseignements nécessaires pour une éventuelle collaboration à Led.

EDITIONS PERIODES
1, boulevard Ney 75018 Paris
Tél. (16-1)44.65.80.88 poste 7315

ALP 503

AMPLI POLYVALENT

POUR INSTRUMENTS ET SONORISATION

Destiné aussi bien au home-studio qu'à la sonorisation amateur, cet amplificateur combo associe efficacité, compacité et polyvalence sans excès de complexité. Sa "modeste" puissance de 40 watts efficaces est largement compensée par l'exceptionnel rendement des haut-parleurs proposés (100 dB environ).



Bien plus qu'un amplificateur pour instrument, l'ALP 503 (Amplificateur Linéaire de Puissance de 40 W/3 entrées) offre, sous un volume compact de 80 litres, une grande fonctionnalité, en raison notamment de la présence d'un pupitre de mixage à 3 entrées. Sa conception a été guidée par un souci permanent d'accessibilité, tant au niveau du prix de revient que de la complexité : l'ensemble de la réalisation est intégré sur une carte simple face unique dont la surface est inférieure à 1 dm² !

L'électronique réussit à se faire oublier vis-à-vis du câblage et de l'ébénisterie... d'autant plus que le circuit imprimé est disponible "prêt à câbler" pour les allergiques au perchlorure de fer.

PRESENTATION FONCTIONNELLE DE L'ALP 503

Le schéma fonctionnel de la figure 1 présente l'organisation interne de cette réalisation :

- un préamplificateur à transistors équipe indépendamment chaque entrée microphone, afin d'assurer au signal une immunité aux bruits optimale (ronflements en particulier) ;
- un étage mélangeur permet le mixage des trois sources, dont le niveau est réglable séparément ;
- enfin, un correcteur Baxandall simple, très efficace et dont le principe est universellement connu, précède l'amplificateur de puissance.

Notons la présence indispensable d'un réglage de volume général, qui autorise un réglage commode de la pression acoustique, sans dégrader l'équilibre des sources mixées.

LE PREAMPLIFICATEUR D'ENTREE A TRANSISTOR

Il est réalisé autour d'un BC550C (tableau 1), dont le facteur de bruit est excellent (3 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$, difficile de trouver mieux !). Le schéma structurel d'un étage est indiqué en figure 2a. La

AMPLIFICATEUR COMBO DE 40 W eff

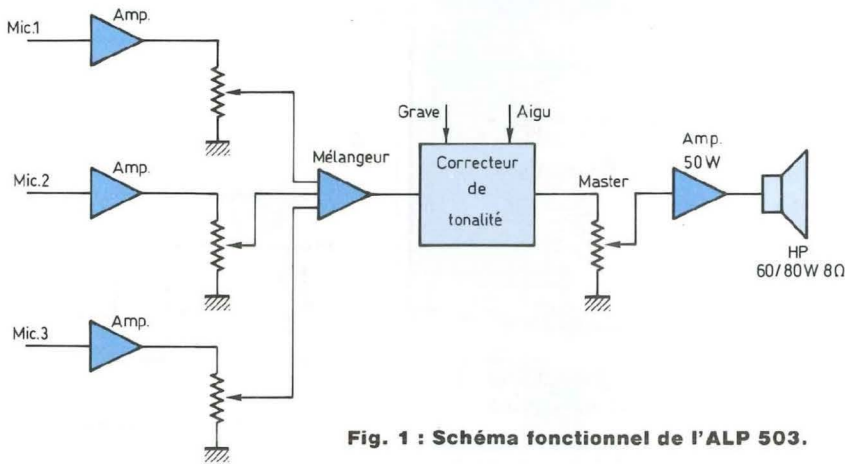


Fig. 1 : Schéma fonctionnel de l'ALP 503.

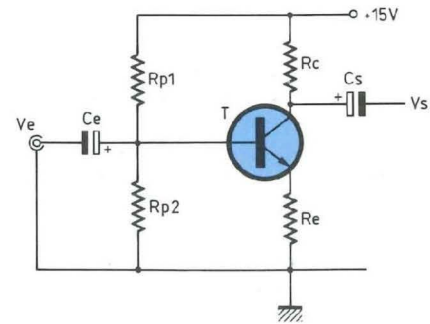


Fig. 2a : Schéma structurel d'un étage du préamplificateur d'entrée.

Réf NPN	Gain	Fmax	VCEm	Pmax
BC550C	450 ... 900	300	45	500
BC549C	450 ... 900	250	30	500
BC109C	450 ... 900	150	20	300

Signification du suffixe :

A : gain 125 ... 900

B : gain 240 ... 500

C : gain 450 ... 900

Tableau 1

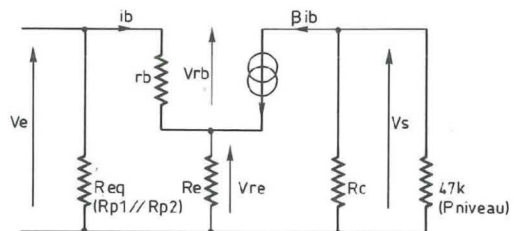


Fig. 2b : Schéma équivalent en alternatif.

structure a été simplifiée au maximum, de façon à limiter les détériorations du rapport signal/bruit et de l'attaque. La fréquence de transition du BC550 est de 300 MHz, ce qui garantit un temps de montée très faible.

Le schéma équivalent en alternatif du montage (proposé en figure 2b) permet de justifier pleinement la structure choisie : l'impédance d'entrée du montage est déterminée par Rp1, Rp2 et Re en parallèle. (Re constitue l'impédance équivalente entre la base du transistor et la masse.) En effet, l'alimentation est toujours considérée comme un court-circuit pour l'alternatif, en raison de la présence de condensateurs de découplage de forte valeur. Re est définie comme suit :

$$Re = \frac{V_e}{i_b}$$

avec :

$$V_e = V_{rb} + V_{re} = r_b \cdot i_b + R_e \cdot (\beta + 1) i_b$$

$$V_e = [r_b + R_e \cdot (\beta + 1)] \cdot i_b$$

d'où :

$$R_e = r_b + R_e \cdot (\beta + 1)$$

L'impédance d'entrée sera proportionnelle au gain du transistor, qui est supérieur à 500 pour un BC550C. Avec les références proposées dans le tableau 1, l'impédance d'entrée du préamplificateur (Rp1 et Rp2 comprises) est de l'ordre de 40 kΩ, rb étant comprise entre 1 et 3 kΩ approximativement (donc négligeable). Le premier rôle de Re est donc de relever sensiblement l'impédance d'entrée du montage. Re intervient également dans l'amplification en tension, qui est déterminée ainsi :

$$A_v = \frac{V_s}{V_e}$$

avec :

$$V_s = -R_c \cdot \beta i_b$$

$$V_e = r_b \cdot i_b + (\beta + 1) R_e \cdot i_b = [r_b + (\beta + 1) R_e] \cdot i_b$$

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{-\beta \cdot R_c}{r_b + (\beta + 1) R_e} = \frac{500 \times 10}{3 + 501 \times 0,33} = -\frac{5000}{168} = -30$$

Av = -30 : l'amplificateur déphase donc de 180°. Le gain obtenu n'est valable que lorsque l'impédance d'entrée de l'étage suivant est infinie. L'impédance de sortie est de l'ordre de Rc, soit 10 kΩ. Le mélangeur possède une impédance d'entrée de 40 kΩ environ, qui vient en parallèle sur Rc. La valeur réelle de la résistance de charge du préamplificateur est donc la suivante :

$$R_c \text{ équ.} = R_c // 40 \text{ k}\Omega = 8 \text{ k}\Omega$$

On en déduit le gain réel Av :

$$A_v = -\frac{8 \times 500}{168} = -\frac{4000}{168} = -25$$

Av accuse une baisse sensible due à l'association des deux étages. La simplicité de la structure employée apporte cependant un désagrément

ALP 503 POUR INSTRUMENTS ET SONORISATION

que nous ne pouvons pas passer sous silence : la caractéristique d'un transistor étant loin d'être linéaire, son utilisation en boucle ouverte entraîne l'apparition d'un défaut de linéarité à haut niveau d'entrée : en limitant l'excursion de sortie à moins de 2 V et en alimentant le transistor sous une tension assez élevée (18 V), le défaut reste imperceptible à l'oreille. Nous avons testé cet étage avec des sources aussi variées que possible : de la B.A.R. Korg DDD-5 au DX11 Yamaha en passant par l'expandeur Roland MT32. En fait, il suffit de placer les sources MIDI à 50 % de leur niveau maximal de sortie pour obtenir pleinement satisfaction, avec encore une marge de réserve.

En ce qui concerne la guitare, la saturation peut être obtenue assez rapidement avec certains modèles de microphones à double bobinage, ce qui n'est pas pour déplaire à la majorité des utilisateurs.

Enfin, notre préamplificateur accepte très bien tout microphone dynamique à basse impédance, le niveau de sortie de ces sources restant très bas. Leur faible impédance (couramment 600 Ω) apporte une diminution sensible du bruit de fond à l'entrée.

LE MELANGEUR INTEGRE

C'est une structure classique, comme l'indique le schéma de la figure 3. V_s est déterminé simplement comme suit :

$$V_s = - \left[\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} + \frac{E_3}{R_3} \right] \cdot R'$$

En effet, le principe de base de l'AOP consiste à considérer que les potentiels des entrées inverseuses et non-inverseuses sont identiques, soit : $V_{e+} = V_{e-}$ (fictivement). Ceci entraîne que V_{e-} se retrouve au potentiel de la masse, avec les conséquences suivantes : E1 se retrouve aux bornes de R1, E2 aux bornes de R2, E3 aux bornes de R3 et V_s aux bornes de R'. Or le courant I dans R' correspond à la somme des courants d'entrée :

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

avec $I = - \frac{V_s}{R'}$, soit $V_s = -(R' \cdot I)$.

$$I_1 = \frac{E_1}{R_1}, I_2 = \frac{E_2}{R_2} \text{ et } I_3 = \frac{E_3}{R_3}$$

si : $R_1 = R_2 = R_3 = R$: $-V_s =$

$$\frac{E_1}{R} + \frac{E_2}{R} + \frac{E_3}{R} = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{R}$$

d'où :

$$V_s = - \frac{(E_1 + E_2 + E_3)R'}{R}$$

On peut envisager d'équilibrer le niveau de sources d'origines différentes, en jouant sur les valeurs des résistances R1 à R3, l'amplification de chaque source "n" étant définie par le rapport $\frac{R'}{R_n}$.

LE CORRECTEUR DE TONALITE

Il comporte 4 fréquences charnières : elles délimitent la plage de spectre pour laquelle chacun des deux réglages (grave et aigu) est actif (figure 4). FL, qui représente la fréquence pour laquelle l'efficacité dans le grave est maximum, est défini comme suit :

$$F_L = \frac{1}{2\pi P4 \cdot C9} =$$

$$\frac{1}{6,28 \times 100 \cdot 10^3 \times 47 \times 10^{-7}} \# 33 \text{ Hz}$$

La limite d'influence du correcteur de grave est déterminée par FLH.

$$F_L = \frac{1}{2\pi R17 \cdot C9} =$$

$$\frac{1}{6,28 \times 10^4 \times 47 \times 10^{-7}} \# 340 \text{ Hz}$$

De la même façon, la correction des aigus est située entre la limite basse FHB et FH qui représente la fréquence pour laquelle l'efficacité est maximale :

$$F_{HB} = \frac{1}{2\pi(R17 + R18 + 2 \cdot R21)C10} =$$

$$\frac{1}{6,28 \times 37,9 \times 10^3 \times 4,7 \times 10^{-7}} \# 900 \text{ Hz}$$

$$F_H = \frac{1}{2\pi R18 \cdot C10} =$$

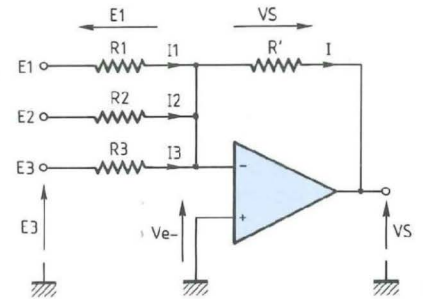


Fig. 3 : Etage mélangeur.

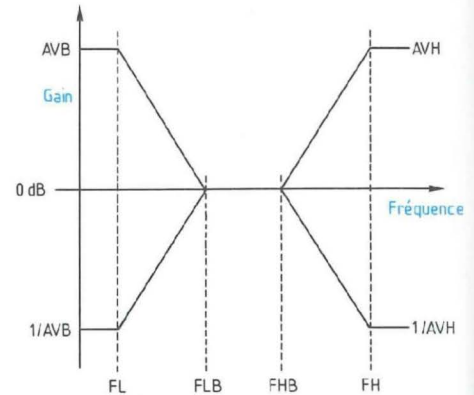


Fig. 4 : Efficacité du correcteur.

$$\frac{1}{6,28 \times 3,9 \times 10^3 \times 4,7 \times 10^{-7}} \# 9 \text{ kHz}$$

L'efficacité maximale obtenue aux extrémités du spectre est de ± 20 dB dans les basses et ± 12 dB dans les aigus, le gain de l'étage étant unitaire entre 340 et 900 Hz. Notons que pour garantir ces spécifications, P5 doit être choisi très supérieur aux valeurs de résistances du correcteur : un potentiomètre de 470 kΩ fera parfaitement l'affaire. Le schéma structurel complet du préamplificateur est indiqué en figure 5 : les composants actifs

AMPLIFICATEUR COMBO DE 40 W eff

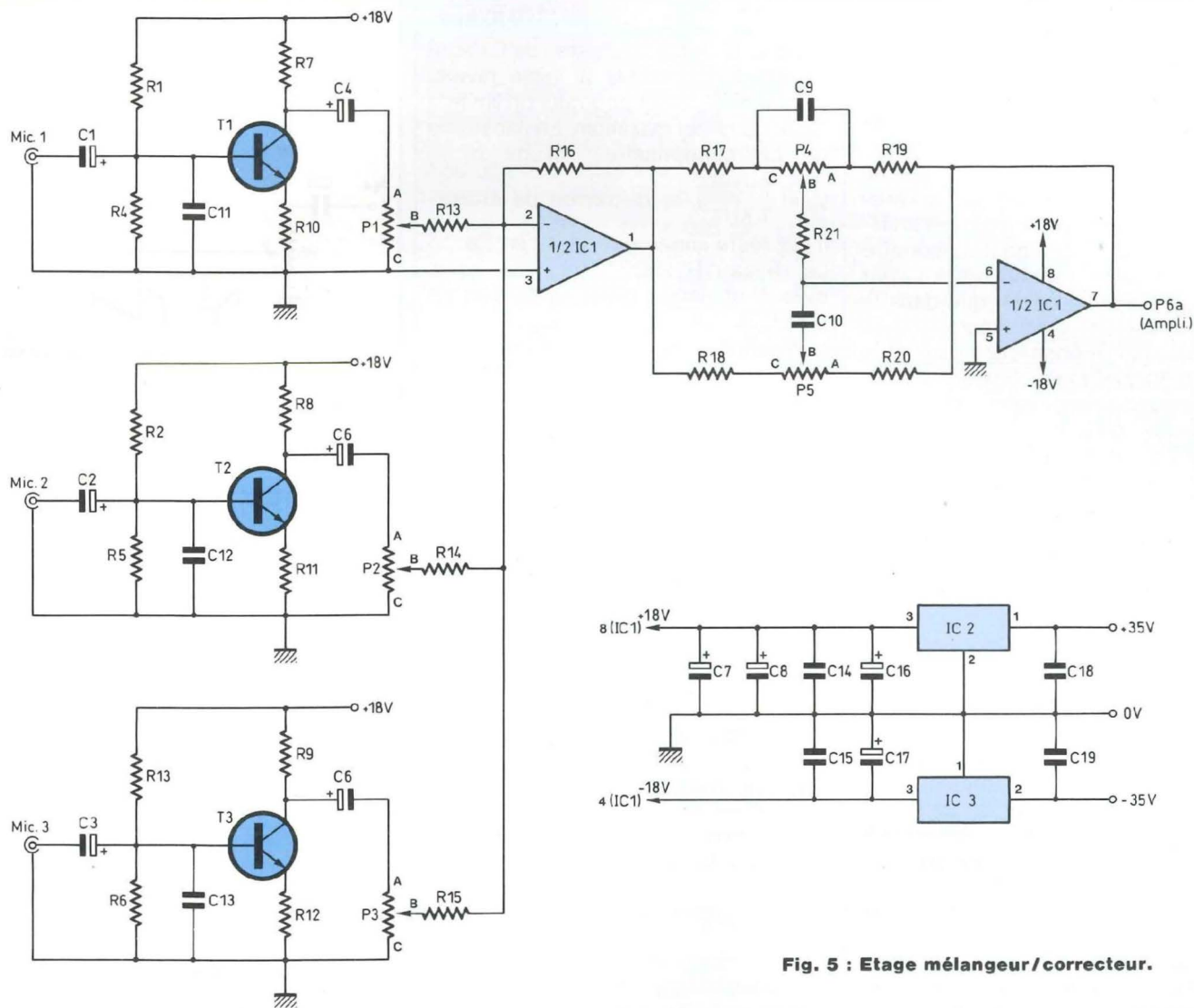


Fig. 5 : Etage mélangeur/correcteur.

sont alimentés sous une tension régulée de ± 18 V, chaque étage étant parfaitement découplé par un condensateur.

L'AMPLIFICATEUR DE PUISSANCE

Le schéma structurel de la figure 6 diffère sensiblement de tout ce qui est courant de rencontrer dans ce domaine : un amplificateur opérationnel unique est chargé de commander l'étage push-pull de puissance, cons-

titué par deux darlington complémentaires. L'environnement extérieur n'est là que pour "affiner" les caractéristiques déjà honorables de cet amplificateur dépouillé. En fait, c'est une structure classique dans le domaine des faibles puissances (amplificateur de lignes, sorties casques, adaptation d'impédance...) mais difficilement accessible aux puissances élevées en raison des limitations technologiques des amplificateurs opérationnels courants. Les composants adaptés sont rares, coûteux et, bien souvent, réservés

à l'usage des professionnels (lois du marché obligent !).

Nous en avons toutefois déniché un (onéreux certes, mais ô combien prestigieux : prix unitaire de 55,00 F chez St Quentin Radio) : le HA2645 de HARRIS supporte une tension d'alimentation de ± 40 V, a une bande passante de 4 MHz, un Slew-Rate de $5V/\mu s$.

Nous l'avons cependant rabaisé de façon à garantir à l'amplificateur un maximum de stabilité, avec le condensateur de compensation externe C21. Le cliché n° 1 illustre ce qui risque

ALP 503 POUR INSTRUMENTS ET SONORISATION

d'arriver si la valeur de C21 est trop basse : une oscillation parasite apparaît au voisinage de la puissance nominale de fonctionnement de l'amplificateur.

Le gain en tension de l'étage de puissance est déterminé par le rapport R25/R24. On notera la présence du réseau [Rx-Cx] dans la contre-réaction de l'amplificateur : c'est un filtre d'accentuation du haut du spectre (dont l'efficacité dépend de la valeur de Cx), qui n'est à câbler que dans le cas d'utilisation d'un boomer seul. Ainsi, on peut économiser le prix d'un tweeter en prolongeant sensiblement la réponse du haut-parleur de grave. En outre, on évite les risques de destruction du tweeter qui est l'élément le plus fragile de la structure. La fréquence de transition du filtre de préaccentuation est donnée par la relation suivante :

$$F_T = \frac{1}{2\pi R_x C_x}$$

avec $R_x = 12 \text{ k}\Omega$ et C_x compris entre 470 pF et 1,8 nF.

Les éléments R_x et C_x seront définis expérimentalement selon votre appréciation personnelle. Toutefois, signalons que ce dispositif entraîne une légère augmentation de la distorsion de croisement. En effet, D3 et D4 n'assurent que la compensation partielle des VBE de T4 et T5, le HA2645 étant chargé de corriger la différence. La présence de C_x , en accentuant le temps de réaction du circuit, limite sa capacité à corriger les seuils des darlington. Le cliché n° 2 présente la distorsion de croisement dans le pire des

cas, pour $C_x = 2,2 \text{ nF}$ et $V_s = \frac{2V_{CC}}{10 \text{ kHz}}$.

A 1 kHz, les effets néfastes de C_x sont encore bien visibles à faible niveau (cliché n° 3), c'est pourquoi on limitera C_x à 1,8 nF au maximum. En l'absence de ce condensateur (cliché n° 4 :

$V_s = \frac{2V_{CC}}{1 \text{ kHz}}$), la distorsion de croisement

reste imperceptible à l'oreille.

Le réseau R22-C22, très classique, évite tout risque d'oscillation HF en sortie.

L'alimentation $\pm 35 \text{ V}$ est simplifiée au maximum, les régulateurs haute tension de puissance étant assez chers et injustifiés pour la puissance relativement basse qui est demandée ici ($< 50 \text{ W}$). On s'est contenté d'un redresseur associé à deux condensateurs de stockage de $10\,000 \mu\text{F} / 40 \text{ V}$. Par contre, il est préférable d'isoler l'alimentation du HA2645 de façon à atténuer sensiblement l'ondulation résiduelle des condensateurs de filtrage. Cette condition est assurée par les réseaux [D1, R28, C23, C25] pour la source positive et [D2, R23, C24, C26] pour la source négative.

CHOIX DES HAUT-PARLEURS

Nous avons axé la réalisation sur un kit de chez Bluesound référencé Pro-12/202, d'un bon rapport qualité/prix. Il est composé d'un boomer BST/100 W ($\approx 100 \text{ dB} / 1 \text{ W} / 1 \text{ m}!$) de 31 cm et d'un tweeter piezoélectrique Motorola, qui sera câblé directement en parallèle sur le boomer. Cp n'est donc pas indispensable puisque l'impédance

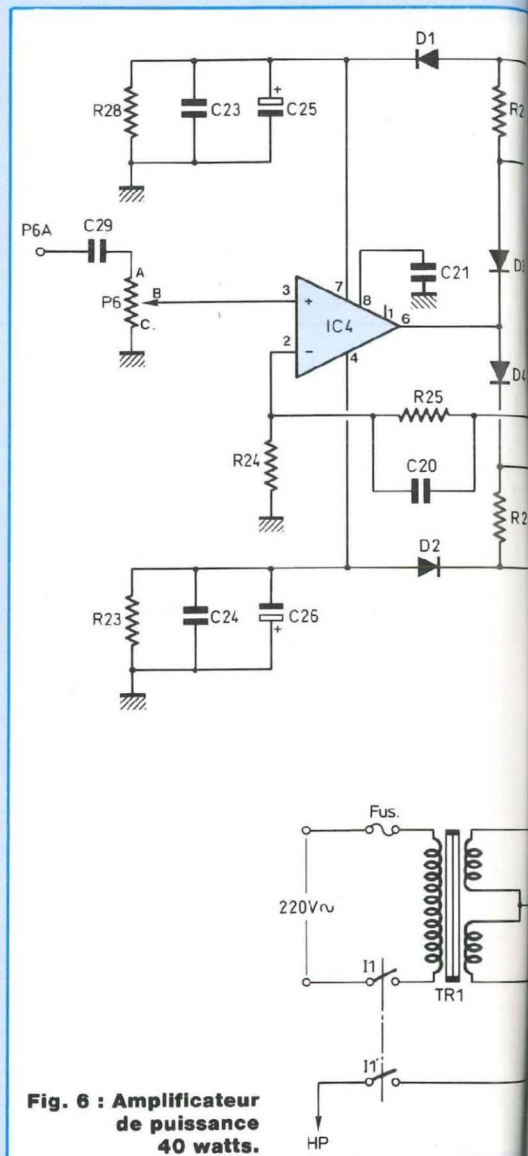
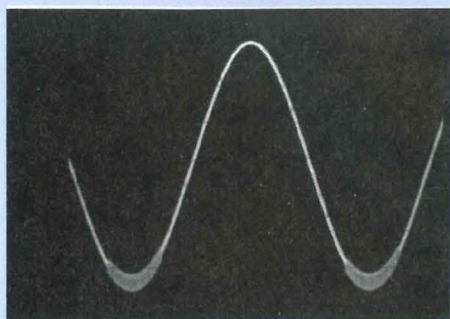
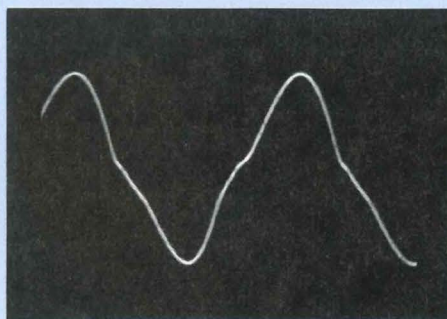


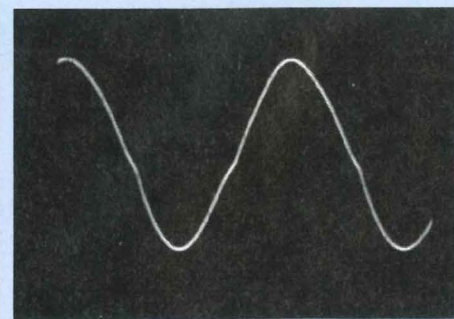
Fig. 6 : Amplificateur de puissance 40 watts.



1. Une valeur, trop basse de la compensation entraîne l'apparition d'une oscillation parasite à niveau élevé.

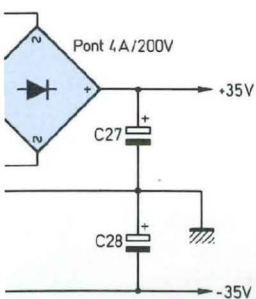
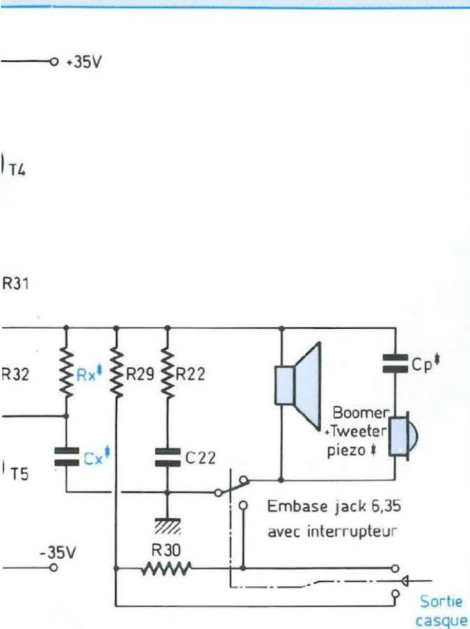


2. Distorsion de croisement en cas limite : $V_s = 2V_{CC}$; $F = 10 \text{ kHz}$; $C_x = 2,2 \text{ nF}$.



3. Même signal que le cliché 2. Pour $F = 1 \text{ kHz}$ l'effet de C_x est moins sensible, mais encore non négligeable.

AMPLIFICATEUR COMBO DE 40 W_{eff}



d'un transducteur piezo augmente dans les basses fréquences.

Ce choix n'interdit pas d'envisager l'excellent couple G12-60 et HF50 de chez Celestion, qui occasionne cependant une dépense supplémentaire non négligeable. Notons que le HF50 doit être câblé avec Cp, à moins d'utiliser le modèle HFX50 déjà filtré.

La présence d'une sortie casque, non indispensable, apportera un confort appréciable en appartement. Il faudra cependant se procurer une embase jack 6,35 mm dotée d'un contact à interrupteur permettant de couper les haut-parleurs lors de l'introduction de la fiche du casque.

REALISATION DE LA PARTIE ELECTRONIQUE

Pour simplifier la fabrication au maximum, nous avons regroupé l'électronique sur une carte unique de dimension raisonnable (surface inférieure à 1 dm²). En sont exclus le transformateur, les transistors de puissance montés sur radiateur, le pont redresseur et les condensateurs de filtrage. Ces éléments seront fixés directement au fond du boîtier par tout moyen à votre convenance (vis, collier, collage à chaud...).

L'implantation et le tracé des pistes sont indiqués en figures 7a et 7b. Au moins pour les essais, on équippa le HA2645 (IC4) d'un support 8 broches. C'est la raison pour laquelle nous avons prévu une implantation comportant deux rangées de 4 broches alors que le HA2645 est livré en boîtier cylin-

drique avec une répartition circulaire des broches.

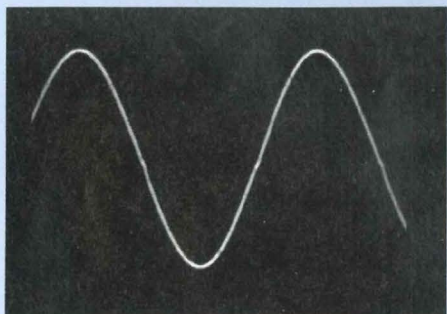
Les régulateurs IC2 et IC3 ne seront pas à équiper d'un radiateur, étant donné la faible consommation du préamplificateur. Notons que la tension de service de 18 V des régulateurs n'a pas été choisie au hasard : en effet, IC1 ne supporterait pas une différence de potentiel supérieure (surtout si vous vous contentez d'un TL081), alors que des régulateurs de valeur plus faible ne résisteraient pas aux ± 35 V auxquels ils seraient soumis.

Avant de câbler les éléments extérieurs au circuit, il est préférable de réaliser au moins la partie frontale de l'ébénisterie sur laquelle viennent se fixer les haut-parleurs et la face avant qui comporte jacks et potentiomètres.

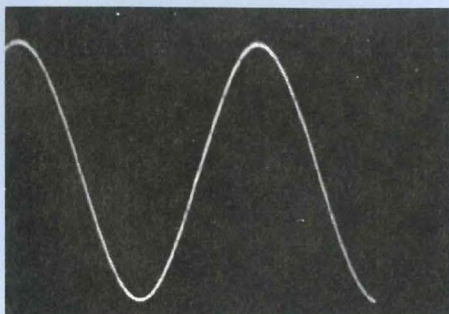
Le plan de perçage de la face avant est indiqué en figure 8a, la sérigraphie en figure 8b ; elle sera réalisée de préférence en matériau synthétique (plexiglass, époxy...) de façon à éviter les boucles de masse. En figure 8c, vous trouverez le plan de perçage de la face arrière supportant l'interrupteur M/A, le porte-fusible et le passe-fil du câble secteur.

REALISATION DE L'EBENISTERIE

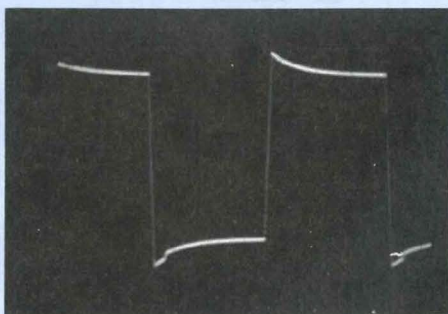
Les différents éléments de l'enceinte sont à réaliser en novopan à très forte densité de 19 mm d'épaisseur. Le tableau 2 résume tous les éléments du coffret, référencés chacun par un numéro. De nombreux revendeurs de



4. Fonctionnement de l'amplificateur en linéaire (sans Cx), la distorsion de croisement résiduelle reste apparente à très bas niveau ($V_s = 2V_{CC}$, 1 kHz)



5. Sinus 1 kHz-50 V_{CC} à pleine puissance. On remarque l'apparition de la H.F. sur l'alternance négative.



6. Signal rectangulaire 1 kHz-50 V_{CC} à pleine puissance : la puissance efficace délivrée par l'amplificateur est de l'ordre de 80 W !

ALP 503 POUR INSTRUMENTS ET SONORISATION

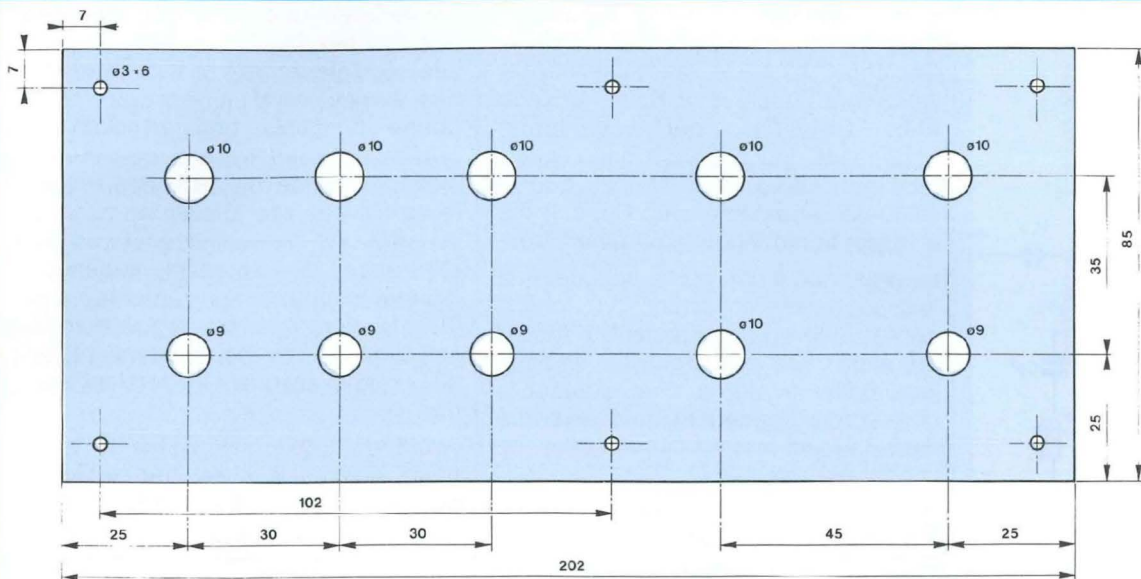


Fig. 8A : Plan de perçage de la face avant.

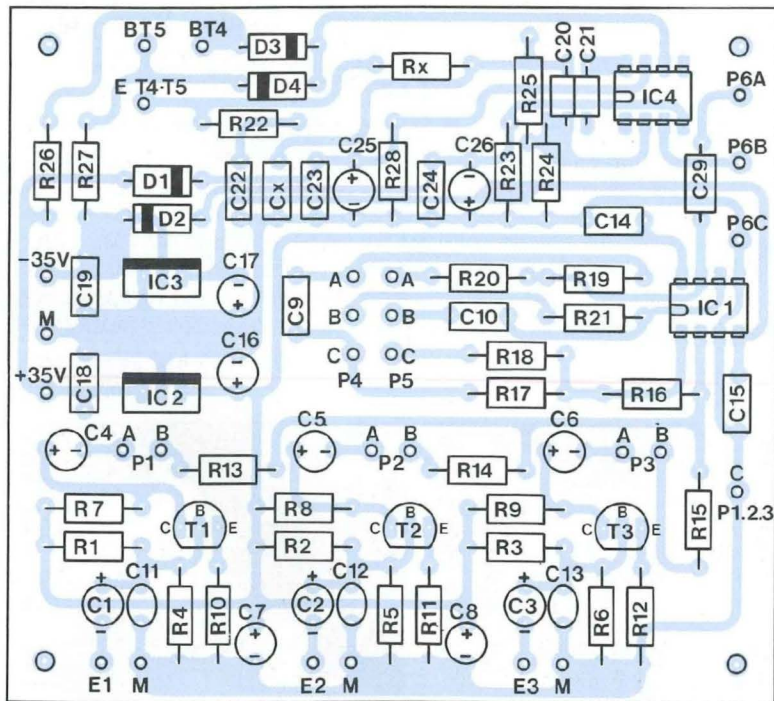


Fig. 7A : Implantation de l'ALP 503.

NOMENCLATURE

• Composants actifs

IC1 - NE5532 (TL082)
 IC2 - LM7818
 IC3 - LM7918
 IC4 - HA2645
 2 supports 8 broches
 D1 à D4 - 1N4007
 T1 à T3 - BC550C/BC549C
 T4 - BDX67C
 T5 - BDX66C
 Pd - pont 4 A/200 V

• Condensateurs

C1 à C6 - 2,2 μ F/radial/63 V
 C7, C8 - 10 μ F/radial/63 V
 C9 - 47 nF/plastique
 C10 - 4,7 nF/plastique
 C11 à C13 - 100 pF/céramique
 C14, C15 - 100 nF/plastique
 C16, C17 - 10 μ F/radial/63 V
 C18, C19 - 100 nF/plastique
 C20 - 100 pF/céramique
 C21 - 47 pF à 56 pF/
 céramique*
 C22 à C24 - 100 nF/plastique
 C25, C26 - 100 μ F/40 V/radial
 C27, C28 - 10 000 μ F/40 V
 (à cosses)
 Cx - 470 pF à 1,8 nF*
 Cp - 2,2 μ F à 4,7 μ F/non polarisé/
 100 V
 C29 - 1 μ F/non polarisé/
 100 V

• Résistances

R1 à R3 - 820 k Ω
 R4 à R6 - 51 k Ω
 R7 à R9 - 10 k Ω

AMPLIFICATEUR COMBO DE 40 W_{eff}

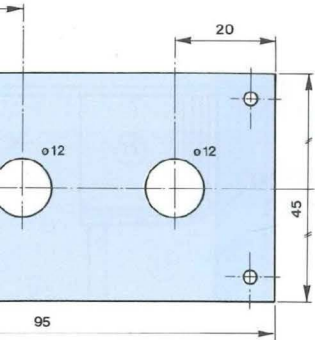


Fig. 8A : Sérigraphie de la face arrière.

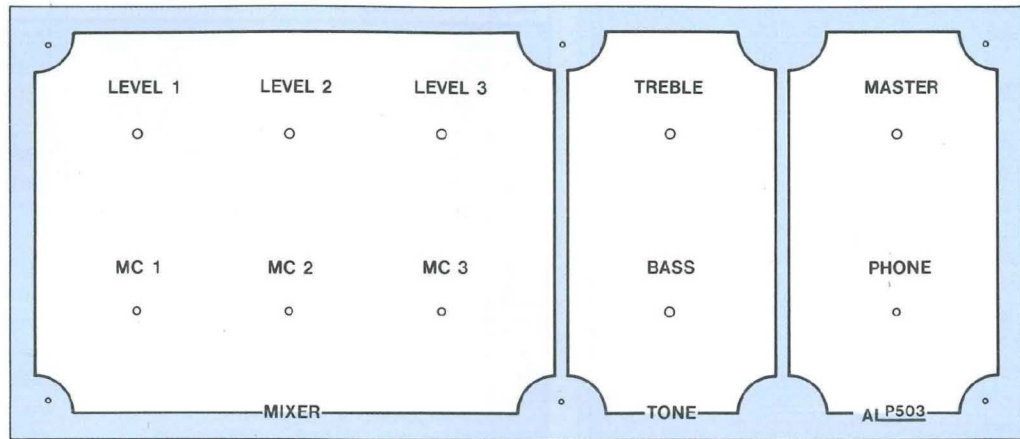


Fig. 8B : Sérigraphie de la face avant.

COMPOSANTS

- R10 à R12 - 330 Ω
- R13 à R15 - 100 k Ω
- R16 - 470 k Ω
- R17 - 10 k Ω
- R18, R19 - 10 k Ω
- R20 - 10 k Ω
- R21 - 12 k Ω
- Rx - 12 k Ω
- R22 - 10 Ω /1 W
- R23, R24 - 10 k Ω
- R25 - 68 k Ω
- R26 à R28 - 10 k Ω
- R29 - 1 k Ω
- R30 - 100 Ω
- R31, R32 - 0,47 Ω /5 W

● Potentiomètres

- P1 à P3 - 47 k Ω /B
- P6 - 10 k Ω /B
- P4 - 100 k Ω /A
- P5 - 470 k Ω /A

● Divers

- Radiateur TO3 \times 2 grand modèle (<2° C/W)
- 4 plaquettes mica isolantes pour TO3 + canons isolants
- Fusible 1 A rapide
- Porte-fusible pour châssis
- Interrupteur 1 A/250 V/2 circuits-2 positions (robuste)
- TR1 - transformateur 220 V/2 \times 24 V - 3 A (150 VA)
- H.P. (boomer, tweeter) - voir texte
- 6 boutons pour potentiomètres
- 3 embases jacks 6,35 mm mono
- 1 embase jack 6,35 mm stéréo avec commutation interne

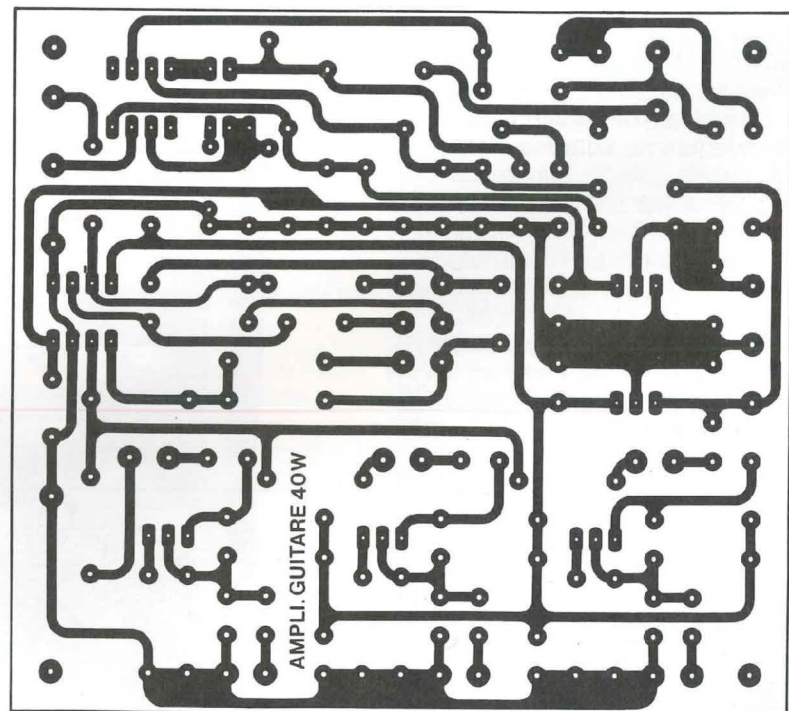


Fig. 7B : Tracé des pistes de l'ALP 503.

ALP 503 POUR INSTRUMENTS ET SONORISATION

matériaux effectuent la découpe des panneaux sur place, ce qui leur assure une parfaite régularité des bords. Le plan d'assemblage de la figure 9 devrait vous permettre de mener à bien cette partie délicate. L'ordre d'assemblage à respecter est indiqué ci-dessous :

1. Découper la partie frontale 7, les côtés 2 et 5 (pour les poignées) et le panneau arrière 1 selon les indications fournies sur la figure 9. Les cotes de perçage des haut-parleurs correspondent au kit Pro-12/202.

2. Assembler par vis et colle les quatre côtés 2 à 5.

3. Assembler le fond arrière 1 et le panneau d'évent 6 de la même façon.

4. Ajuster ensemble par vis (sans collage) les trois panneaux constituant le couloir d'aération du radiateur (11-12-13). Monter le radiateur doté des deux darlingtons, isolés galvaniquement par des plaquettes de mica. La liaison thermique sera assurée par l'application de graisse silicone entre la semelle des darlingtons, la plaquette de mica et le radiateur de résistance thermique inférieure ou égale à 2° C / W (figure 13).

5. Préparer et assembler définitivement les tasseaux de fixation de la partie frontale (qui ne sera maintenue que par vis, sans collage, afin de permettre d'éventuelles interventions de maintenance).

5. On peut alors effectuer l'habillage de l'ébénisterie qui est laissé à votre appréciation : peinture vinylique noire mate, revêtement skai ou plaquage bois. On dotera, dans tous les cas, le coffret de coins plastiques ou métalliques de protection. Veillez à placer une grille \varnothing 30 cm devant le haut-parleur, qui est l'élément le plus vulnérable aux chocs.

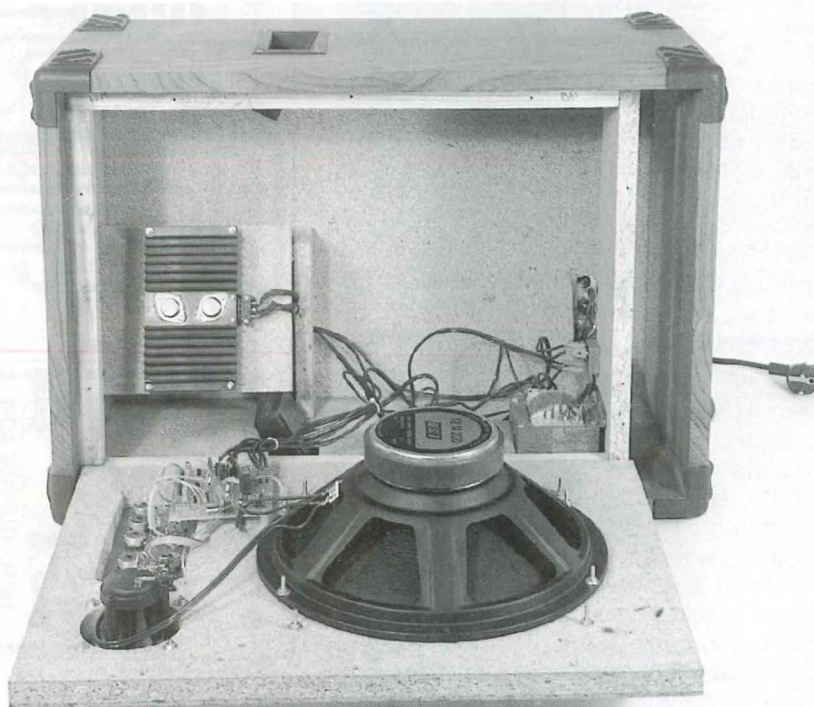
CABLAGE GENERAL DE L'AMPLIFICATEUR

Le plan de câblage de la face avant est indiqué en figure 10.

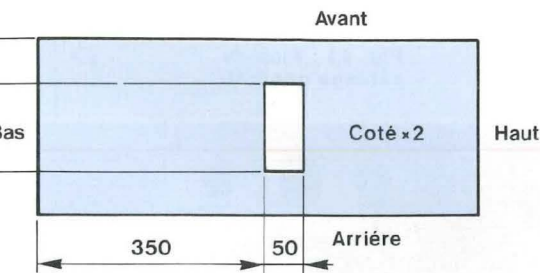
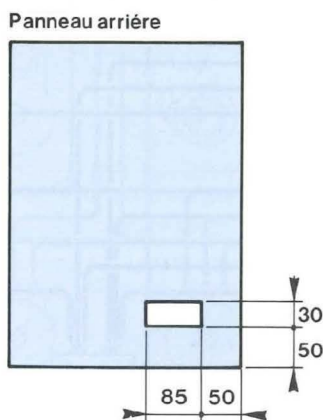
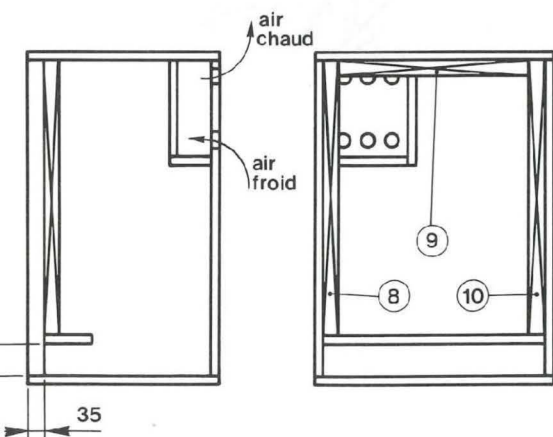
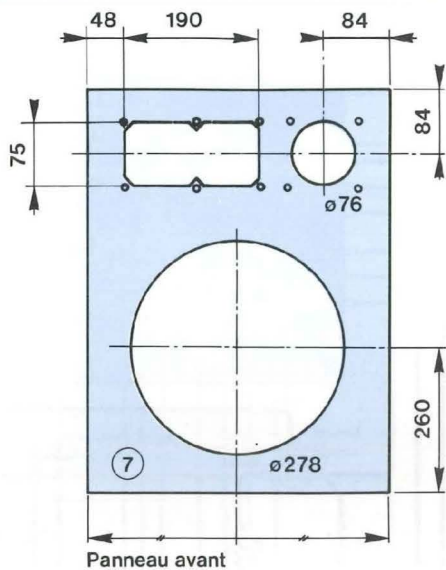
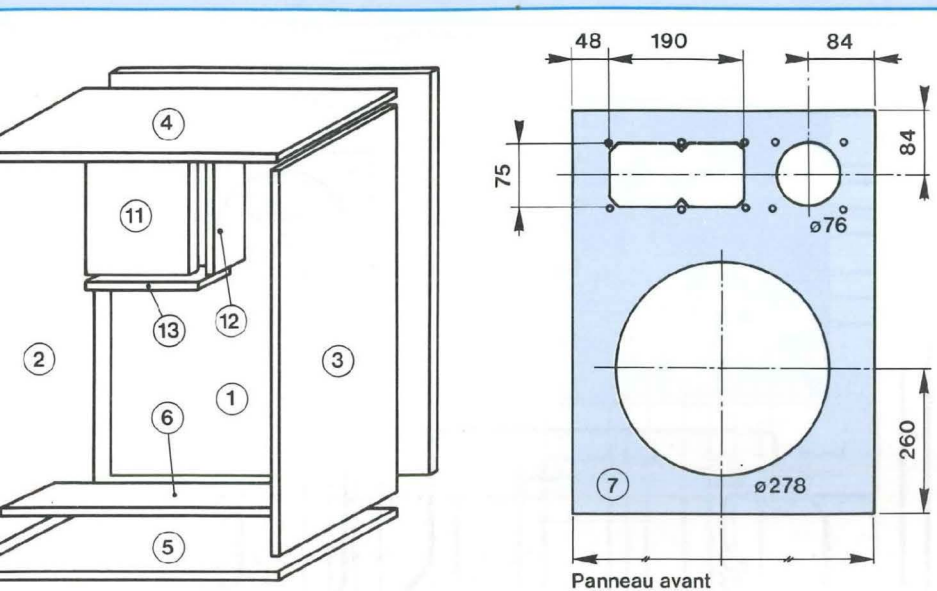
Si la face avant est réalisée en matériau conducteur (aluminium, tôle...), il est préférable d'utiliser des embases

Réf.	Nature	Dimensions	Remarques
1	Novopan 19 mm	580 x 391	fond arrière
2	Novopan 19 mm	580 x 300	côté gauche
3	Novopan 19 mm	580 x 300	côté droit
4	Novopan 19 mm	429 x 300	dessus
5	Novopan 19 mm	429 x 300	dessous
6	Novopan 19 mm	110 x 391	panneau d'évent
7	Novopan 19 mm	530 x 390	panneau avant
8	Tasseau pin	25 x 510	fixation
9	Tasseau pin	25 x 342	panneau
10	Tasseau pin	25 x 510	avant
11	Novopan 19 mm	170 x 200	caisson
12	Novopan 19 mm	200 x 65	de
13	Novopan 19 mm	189 x 65	ventilation
14	Kit Pro-12/202	\varnothing 30 cm-100 W (2 voies)	distribué par Blue-Sound. Tél. 16-1/45.88.08.08
15	Grille protection	\varnothing 31 cm	pour le boomer
16	Pattes fixation	40 x 20 (x 4)	fixation grille
17	Coins de protec.	80 x 50 (x 8)	plastiques
18	Poignées	135 x 70 (x 2)	plastiques
19	Vis à bois	35 x 4 (x 50)	tête fraisée
20	Colle à bois	500 g environ	prise normale

Tableau 2

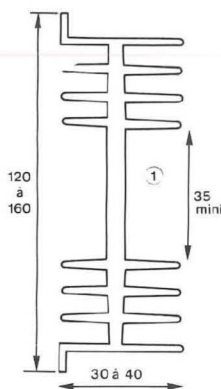
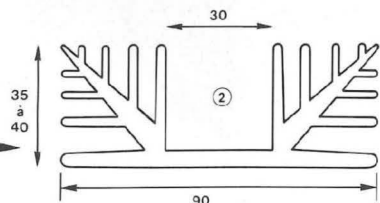


AMPLIFICATEUR COMBO DE 40 W eff



9 : Plan d'assemblage
d'isolation bass-reflex.

Fig. 13 : Dissipateurs,
largeur 75 mm
au minimum.



jacks isolées pour les entrées micro et la sortie casque.

Le châssis des potentiomètres sera relié à la masse générale de l'alimentation, en soudant directement un fil souple sur chacun d'eux.

Le plan de câblage général, indiqué en figure 11, nécessite quelques commentaires particuliers :

- au niveau du câblage de la prise casque, l'embase jack doit être stéréo afin de s'adapter à tous les types de casques. L'amplificateur étant monophonique, on reliera ensemble les deux voies gauches et droites par un strap. L'insertion de la fiche du casque doit couper le haut-parleur interne. Il faut donc que l'embase soit munie d'un interrupteur à contact fermé au repos.

Si l'interrupteur de l'embase est indépendant du circuit de sortie, on câblera la prise casque comme indiqué sur le schéma structural de la figure 6. Si, au contraire, il est inséré dans l'une des sorties actives de l'embase, on suivra les indications du plan de câblage de la figure 12.

- Ne pas oublier d'insérer les résistances R31 et R32 sur les émetteurs de T4 et T5, au niveau du radiateur.

- L'interrupteur marche/arrêt est un modèle à double circuit indépendant : le premier coupe la tension secteur, tandis que le second isole instantanément les haut-parleurs à la mise hors tension, avant que les condensateurs de l'alimentation n'aient eu le temps de se décharger dans ceux-ci. C'est le moyen le plus simple et efficace pour supprimer tout désagréable "cloc" à la mise hors tension. Notons que notre amplificateur, de par sa conception, ne fait aucun bruit à la mise sous tension. Cependant, il est important d'isoler chacune des broches de l'interrupteur avec une gaine thermo-rétractable. Il est même souhaitable de stabiliser l'ensemble des connexions avec une résine quelconque (joint silicone, pistolet à colle...). En effet, toute liaison accidentelle entre le réseau secteur et la masse du montage serait destructive pour le matériel et périlleux pour les utilisateurs.

ALP 503 POUR INSTRUMENTS ET SONORISATION

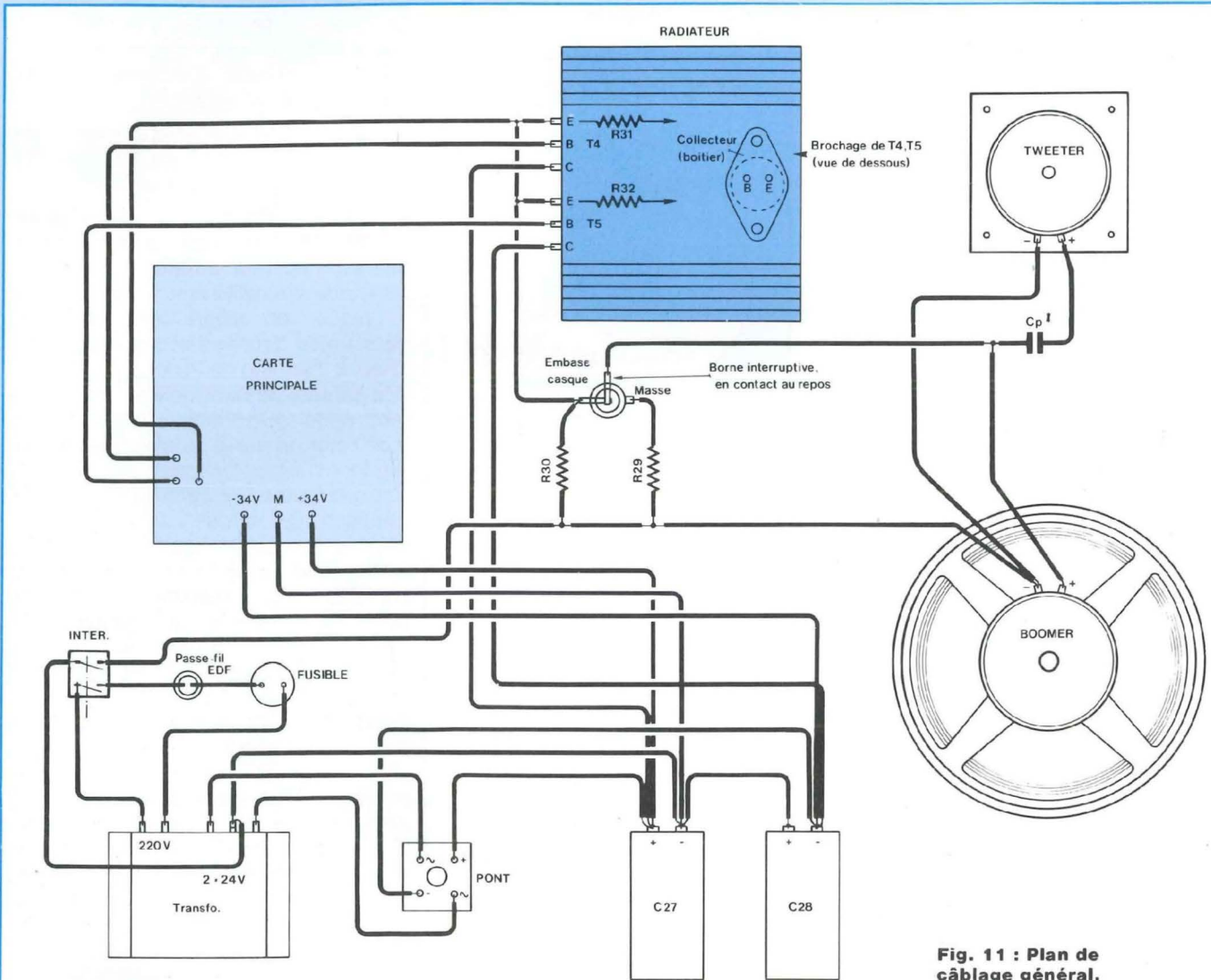


Fig. 11 : Plan de câblage général.

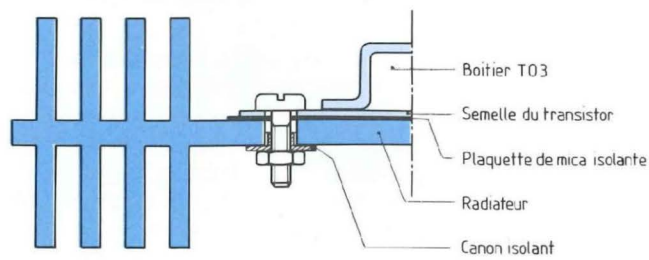
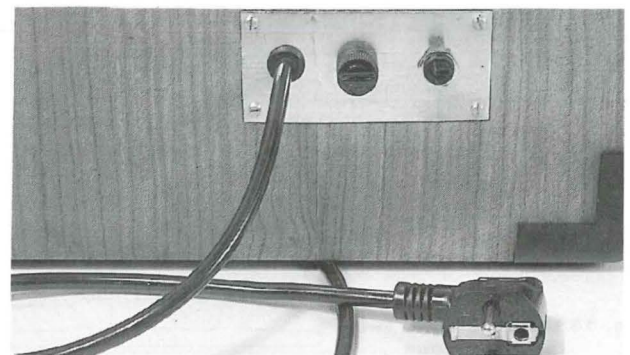


Fig. 12 : Fixation des transistors.



Mise en service de l'amplificateur à l'arrière de l'enceinte.

AMPLIFICATEUR COMBO DE 40 W eff

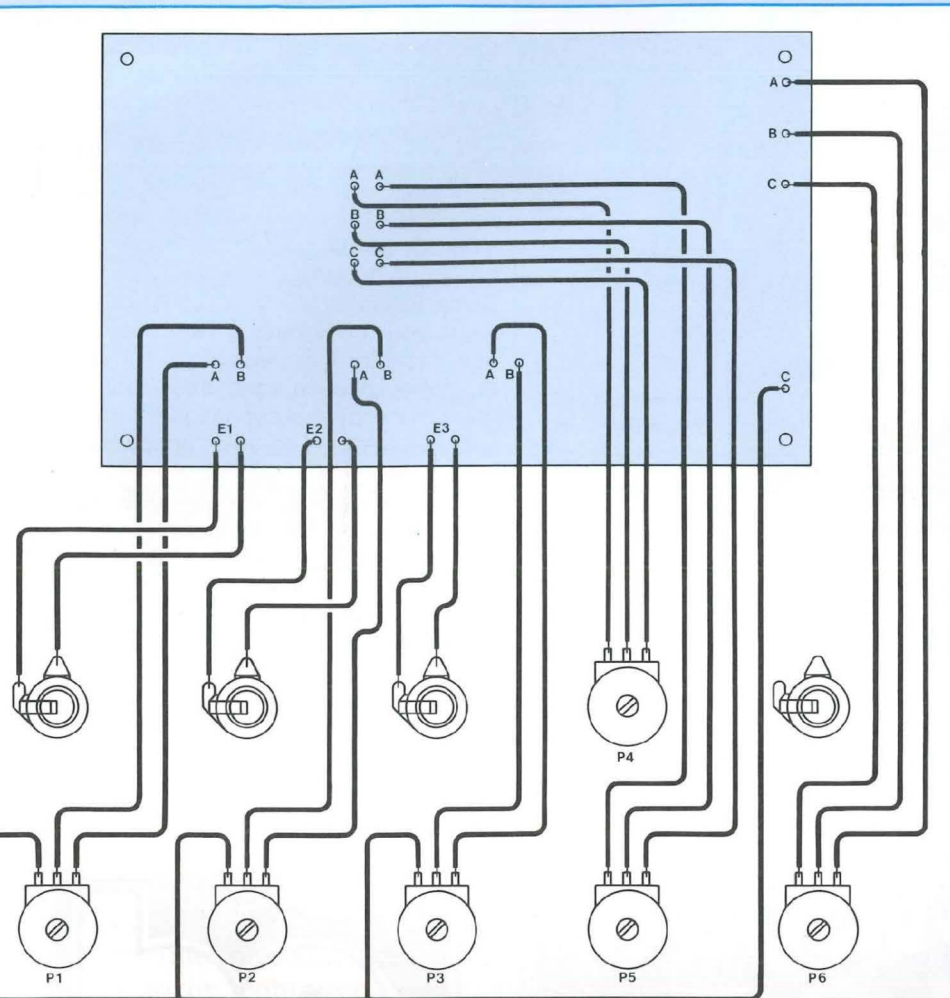


Fig. 10 : Plan de câblage de la face avant.

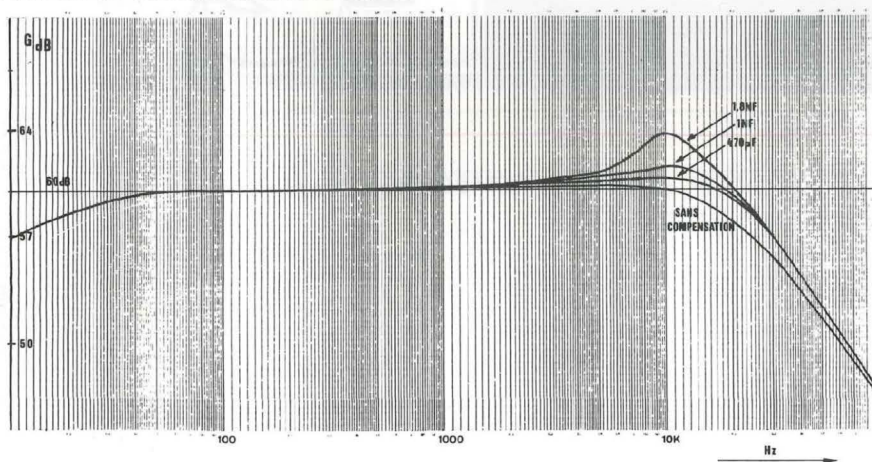


Fig. 14

MISE EN ROUTE ET ESSAIS

Après avoir câblé l'alimentation, vérifier la présence des tensions continues de ± 35 V environ. Le circuit imprimé câblé également, on vérifiera la présence des tensions ± 34 V et ± 18 V sur les broches correspondantes des circuits intégrés, qui ne seront implantés qu'après coup.

Placer les potentiomètres de niveau au minimum, les réglages de tonalité en position intermédiaire (c'est dans cette position que la réponse en fréquence est linéaire et que les corrections sont sans effet) : on ne doit entendre qu'un (très) léger souffle sur les haut-parleurs.

Augmenter progressivement le niveau général, puis les niveaux d'entrée : le souffle doit augmenter sensiblement et un léger ronflement peut se faire entendre si les jacks sont déconnectés ou les connexions trop longues. On peut alors tester l'ampli et vérifier l'efficacité du correcteur en connectant une source sur chacune des entrées E1 à E3, alternativement.

Si tout se passe bien, il ne vous reste plus qu'à profiter de votre nouvel équipement !

Dans le cas contraire, vérifier les alimentations, le câblage, les soudures et le tracé des pistes (coupures ou court-circuits). Il ne faut surtout pas oublier de relier les deux émetteurs E1 et E2 de T4 et T5 ensemble et d'isoler les transistors l'un par rapport à l'autre sur le radiateur à l'aide de canons isolants et d'une feuille de mica (figure 12).

BILAN

D'EXPERIMENTATION

On a mesuré une puissance minimale de 40 W à 1 kHz avant écrêtage. La réponse en fréquence de l'amplificateur est indiquée en figure 14, pour différentes valeurs de C_x et à 50 % de la puissance nominale. Les relevés ont été effectués avec les potentiomètres de correction en position médiane. La bande passante de la partie élec-

ALP 503 POUR INSTRUMENTS ET SONORISATION



tronique à -3 dB est meilleure que 20 Hz-20 kHz sans compensation. Les fluctuations observées entre 50 Hz et 5 kHz sont inférieures à $-0/+0,2$ dB, probablement grâce à

la sobriété de l'électronique mise en œuvre.

Quant aux performances de l'acoustique qui lui est associée, nous avons apprécié l'excellent rendement de

l'enceinte dans les basses.

Encore un détail : nous avons vanté les performances du préamplificateur quant au rapport signal/bruit, alors que le bruit de fond ne semble pas si négligeable lorsque tous les potentiomètres de niveau sont au maximum ! Il faut toutefois signaler que le gain en tension de l'amplificateur est supérieur à 60 dB, ce qui représente une amplification de 1 000 !

Cette valeur a été choisie volontairement pour conserver à l'amplificateur son caractère polyvalent. Il est ainsi adapté à des sources aussi basses qu'un microphone dynamique, tout en évitant l'emploi d'un transformateur de ligne à l'entrée.

Si vous n'envisagez que l'utilisation d'une guitare ou de sources MIDI (nous faisons allusion aux instruments purement électroniques), il est possible de diminuer R16 à 100 k Ω : le gain sera alors limité à 200, soit un peu moins de 48 dB. Vous obtiendrez alors enfin le silence, ultime prélude à la création artistique...

B. Dalstein

ABONNEZ-VOUS A

LED

Je désire m'abonner à LED (6 n^{os} par an)

(Ecrire en CAPITALES, S.V.P.)

FRANCE, BELGIQUE, SUISSE, LUXEMBOURG : 125 F AUTRES* : 175 F

NOM

PRENOM

N° RUE

CODE POSTAL VILLE

* Pour les expéditions « par avion » à l'étranger, ajoutez 50 F au montant de votre abonnement.

Ci-joint mon règlement par : chèque bancaire

C.C.P.

mandat

Le premier numéro que je désire recevoir est : N°

A retourner accompagné de votre règlement à :

Service Abonnements, EDITIONS PERIODES 1, boulevard Ney 75018 PARIS - Tél. : 44.65.80.88 poste 7315



Accessible à tous

à la recherche de l'électronique de Georges Matoré



Pour assimiler facilement les bases de l'électronique

Voici quatre tomes indispensables à tous ceux qui désirent avoir une connaissance approfondie de l'électronique, cette technologie qui nous envahit chaque jour davantage. Sans la moindre base en la matière, l'enchaînement des chapitres vous donnera un niveau d'instruction très honorable allié à un savoir-faire enviable. La première partie vous fera découvrir les phénomènes essentiels reproductibles ainsi que les lois qui les gouvernent. La seconde vous éclairera sur la dynamique du transistor, composant né en 1947 dans les laboratoires de la Bell Company. La troisième vous amènera au pays de composants, de circuits spéciaux et la quatrième dans l'exploitation de la connaissance en vous livrant à la conduite de projets.

Ces quatre tomes pour tout savoir sur l'électronique sont édités par E.M.P.S. et diffusé par Eyrolles 61, bd St Germain, 75240 Paris Cedex 05.



BON DE COMMANDE

Bon de commande à retourner à SERVICE OUVRAGES - BP 58 - 77932 Perthes Cedex - Tél. : 64 38 01 25

- Je désire recevoir « A LA RECHERCHE DE L'ELECTRONIQUE » TOME 1 au prix de 162 F, port compris
- Je désire recevoir « A LA RECHERCHE DE L'ELECTRONIQUE » TOME 2 au prix de 162 F, port compris
- Je désire recevoir « A LA RECHERCHE DE L'ELECTRONIQUE » TOME 3 au prix de 177 F, port compris
- Je désire recevoir « A LA RECHERCHE DE L'ELECTRONIQUE » TOME 4 au prix de 220 F, port compris
- Je désire recevoir « A LA RECHERCHE DE L'ELECTRONIQUE » TOME 1, TOME 2, TOME 3 et TOME 4 au prix de 720 F, port compris

NOM _____ PRENOM _____

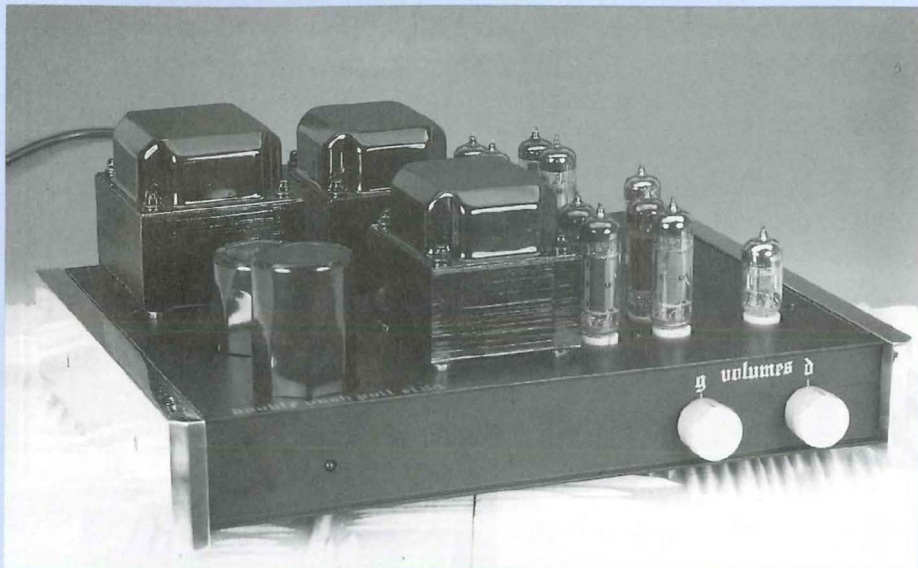
ADRESSE _____

CODE POSTAL _____ VILLE _____

Ci-joint mon règlement par : C.C.P. Chèque bancaire

AMPLIFICATEUR A TUBES

DOUBLE PUSH-PULL EL84



2^e partie

L'étude du double push-pull à tubes EL84 a fait un beau score si l'on se réfère à la fourniture des circuits imprimés mais également et surtout à la vente des transformateurs CHRETIEN (beaucoup de nos lecteurs gravent eux-mêmes leurs circuits...). Nous ne pouvions dès lors en rester à la seule publication du module tel que présenté dans notre précédent numéro et avons ainsi planché à une mise sur chassis de cette électronique.

La mécanique, bête noire des électroniciens, nécessite de travailler avec soin, précision et avec un minimum d'outils. Aussi avec une bonne dose de patience on peut parfaitement réaliser un chassis propre. Le point le plus délicat de ce prototype est l'implantation des 10 trous nécessaires au passage des supports NOVAL des tubes ECC83/EL84. Pas question de les réaliser manuellement, il faut faire appel à un emporte-pièce (et à un bon biceps !).

Mais avant tout, il faut trouver un chassis et déjà ce n'est pas facile ! Nos recherches

se sont arrêtées sur un coffret de marque IDDM portant la référence TM55360. Ce coffret est constitué d'un profilé d'aluminium en forme de U obtenu par extrusion. Il constitue la face avant, le fond et la face arrière, assurant ainsi une très grande rigidité au coffret. Son capot en aluminium est recouvert d'une peinture plastique robuste.

Les dimensions sont de 360 x 154 x 55 mm. Elles ne permettent pas de réaliser une version stéréophonique de notre Amplificateur, cependant la mise dos à dos de deux de ces coffrets est idéale pour parvenir à nos fins.

REALISATION DU CHASSIS

La mise dos à dos donc de deux coffrets permet de bénéficier d'une surface d'implantation de 360 x 308 mm sur laquelle tous les éléments vont pouvoir venir se visser (transformateurs, condensateurs de filtrage, modules électroniques).

Nous donnons en figure 1 la disposition sur le chassis des divers éléments de l'Amplificateur stéréophonique avec quelques cotes de positionnement ainsi que des diamètres de forages.

1 - Sur une feuille de calque, dessiner les transformateurs d'alimentation et de sortie à l'échelle 1. La figure 2 vous donne les cotes de ces éléments.

Découper les fenêtres de 60 x 76 mm pour le transformateur d'alimentation et 55 x 66 mm pour les transformateurs de sortie.

2 - Toujours sur du calque de préférence, reproduire deux fois la figure 3 qui représente le module électronique avec le centrage de ses 5 tubes et de ses 3 points de fixation au chassis.

3 - En fonction des indications de la figure 1, positionner sur les chassis les 5 éléments ainsi dessinés en les scotchant ou mieux encore en les collant.

4 - Repérer les trous de centrage des condensateurs de filtrage puis tracer les cercles d'un diamètre de 52 mm. Ces condensateurs sont centrés par rapport au transformateur d'alimentation.

5 - Pointer tous les trous de fixation mais également les 10 croix de centrage des tubes. **Il faut travailler avec précision.**

6 - Avec une pointe à tracer, marquer l'emplacement des 3 fenêtres des transformateurs en rayant la peinture.

7 - Enlever les morceaux de calque devenus inutiles puis forer aux diamètres indiqués en figure 1. **Un conseil :** commencer par forer tous les trous à un diamètre de 3 mm afin d'obtenir une bonne précision. Le foret glisse facilement sur l'aluminium, **ne pas utiliser de forets usés.**

8 - Comme nous l'indiquions précédemment, il n'est pas possible de réaliser proprement les 10 trous de diamètre 22 mm manuellement à la lime ronde ou demi-ronde, un emporte-pièce est recommandé. On en trouve chez tout bon quincaillier pour une somme de l'ordre de 100 F.

Celui que nous avons utilisé est d'un

POUR UNE MUSIQUE PLUS DYNAMIQUE

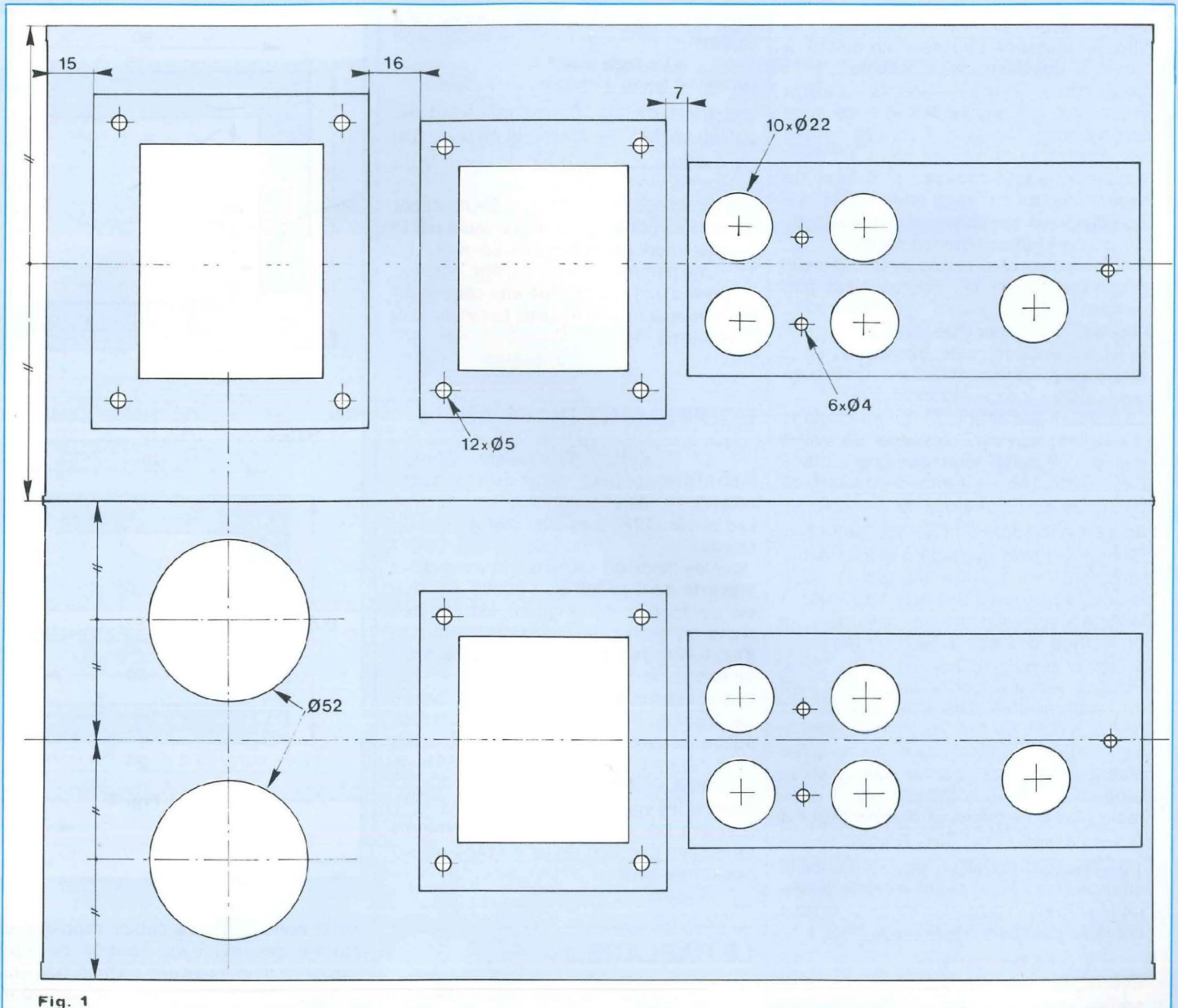


Fig. 1

diamètre de 22,5 mm.

Pour un tel diamètre, le trou de centrage de la vis est de $\varnothing 10$ mm.

Il faut donc porter les 10 trous percés à $\varnothing 3$ mm précédemment à cette nouvelle valeur.

Pour garder un maximum de précision, augmenter progressivement les perçages à $\varnothing 4$, $\varnothing 5$, $\varnothing 6$... $\varnothing 10$. Les calques de la figure 3 permettent de contrôler que les centrages restent corrects.

Les 10 perçages à $\varnothing 10$ mm réalisés, on peut alors faire entrer en action le poinçon, c'est très efficace. Vous obtiendrez alors 10 trous de $\varnothing 22,5$ mm très propres, sans bavures, du travail de pro!

9 - La découpe des 3 fenêtres est obtenue avec une scie à lame abrafil. Il suffit de percer un trou de $\varnothing 3$ mm dans l'un des angles pour laisser le passage à la lame ronde. Bien tendre cette lame ensuite, sur

son support, le reste ne demande qu'un peu de patience en suivant au mieux les limites du rectangle gravées à la pointe à tracer. On peaufine ensuite à la lime plate jusqu'à ce que le transformateur puisse descendre sans frottement par la fenêtre et vienne se fixer au chassis au moyen de ses 4 tiges filetées.

10 - Un travail identique est à prévoir pour les 2 découpes à $\varnothing 52$ mm. Avec une lime demi-ronde terminer le travail proprement

AMPLI A TUBES ELECTRONIQUES

jusqu'à ce que les deux condensateurs de filtrage puissent coulisser librement à l'intérieur des découpes circulaires.

Les deux condensateurs seront maintenus par des brides et à ce sujet une précision s'impose. Pour des raisons esthétiques, nous n'avons pas voulu faire apparaître sur le chassis les 6 trous de fixation de ces brides (6 têtes de vis), ce qui complique sensiblement la réalisation. Deux possibilités s'offrent à nous :

A) Immobiliser les brides avec une colle très forte, sinon le résultat n'est pas garanti. Nous avons échoué avec l'Araldite et la super glue...

B) Une solution reste excellente, sans être pour cela trop difficile à mettre en application.

Le coffret est muni de rainures dans lesquelles peut venir coulisser un circuit imprimé. Il suffit donc, sur une surface d'époxy de 146 x 80 mm, de tracer bien parallèles à ceux réalisés dans le chassis en aluminium deux cercles de diamètre \varnothing 52 mm. Un petit ajustage à la lime demi-ronde restera nécessaire par la suite lorsque vous aurez découpé vos ronds à la lame abrasif, afin que les condensateurs de filtrage coulisseront bien perpendiculairement vers les brides.

Pour obtenir une bonne précision quant au repérage des pattes de fixation des brides, il suffit d'y fixer les condensateurs, de leur faire traverser les ronds jusqu'au placage des pattes contre l'époxy et de repérer les trous oblongs au crayon. Il ne reste plus qu'à effectuer des perçages à \varnothing 3 ou 4 mm.

11 - Reste à travailler, pour terminer le chassis, les faces avant et arrière des deux coffrets. Toutes les indications sont données pour cela à la figure 4.

- La face arrière

Elle reçoit toutes les prises d'entrées et sorties ainsi que la prise secteur. Pour la prise secteur nous ne précisons pas de cotes, chaque lecteur pouvant choisir sa prise (ou un simple trou de \varnothing 10 muni d'un passe-fil), son interrupteur et son porte-fusible. Personnellement nous avons équipé cette partie arrière de l'appareil d'un bloc compact prise / inter / fusible.

- Les faces médianes

Les trous de \varnothing 4 et \varnothing 5 mm permettent de visser énergiquement les deux coffrets dos à dos. Les diamètres de 22 mm permettent de passer les fils de câblage

d'un coffret à l'autre, nous verrons cela plus loin.

- La face avant

Un travail limité à deux ou trois perçages. Les trous de \varnothing 10 mm reçoivent les potentiomètres de volume et celui de 5 si on le désire une diode led de contrôle de mise sous tension.

Elle n'est pas vraiment indispensable puisque ce contrôle est visualisable par le rougeoiement des tubes ECC83 et EL84 !
12 - Une parfaite finition peut être obtenue en pulvérisant à la bombe une couche de peinture noire sur le chassis (attention à la poussière !).

EQUIPEMENT DU CHASSIS

Il suffit d'y visser prises, transformateurs, condensateurs, potentiomètres et modules.

Les prises CINCH ne sont pas isolées du chassis.

Pour les modules, leur fixation **avec de la visserie de 3** se fait en 3 points. Chaque vis de 15 mm de longueur est équipée d'une entretoise de 5 mm de hauteur et d'un écrou. Ne pas bloquer les vis dans un premier temps.

Positionner chacun des modules contre les 3 pattes et ajuster afin que les tubes soient centrés au mieux sur le chassis (tout dépend à ce niveau de la précision de votre travail !).

Bloquer les vis et retirer les modules.

Afin que les canons des potentiomètres ne sortent pas trop en face avant, utiliser des contre-écrous.

LE CABLAGE

Un plan de câblage détaillé vous est proposé en figure 5. Commencer les interconnexions par les alimentations basse et haute tension. Sur le prototype, les diodes de redressement pour la haute-tension sont des BYW56 (2 A/1000 V) et pour la basse tension des MBR 1045, diodes Schotkey 10 A / 45 V en boîtier TO220. Les boîtiers TO220 permettent d'y visser des dissipateurs, ce qui est intéressant pour l'évacuation des calories, à ce niveau ça consomme et ça chauffe !

Le filtrage retenu est de 47 000 μ F pour la basse tension et 1500 μ F pour la haute tension.

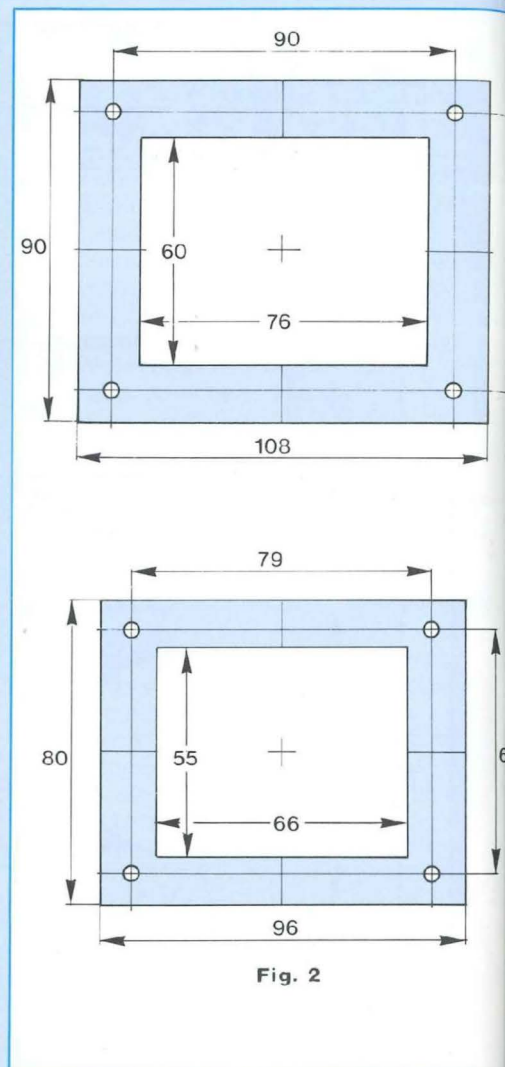


Fig. 2

Nous conseillons de câbler l'appareil en partant des modules équipés de leurs câbles d'interconnexions comme cela était indiqué dans notre précédent numéro en figure 4, page 26 (les fils sont soudés côté pistes-cuivrées).

Pour les résistances qui limitent la tension de chauffage des filaments à 6,3 V, nous avons carrément fait appel à des modèles sur radiateur de 0,22 Ω / 50 W. C'est généreux, des types 10 W ou 20 W suffisant largement. C'est pratique, ça se visse au chassis et ça dissipe beaucoup mieux vers l'extérieur.

Ne pas oublier de souder le fil qui strappe les deux bornes (-) des sorties HP, le rapport signal/bruit final en dépend.

Nous avons prévu un réglage de volume, il

POUR UNE MUSIQUE PLUS DYNAMIQUE

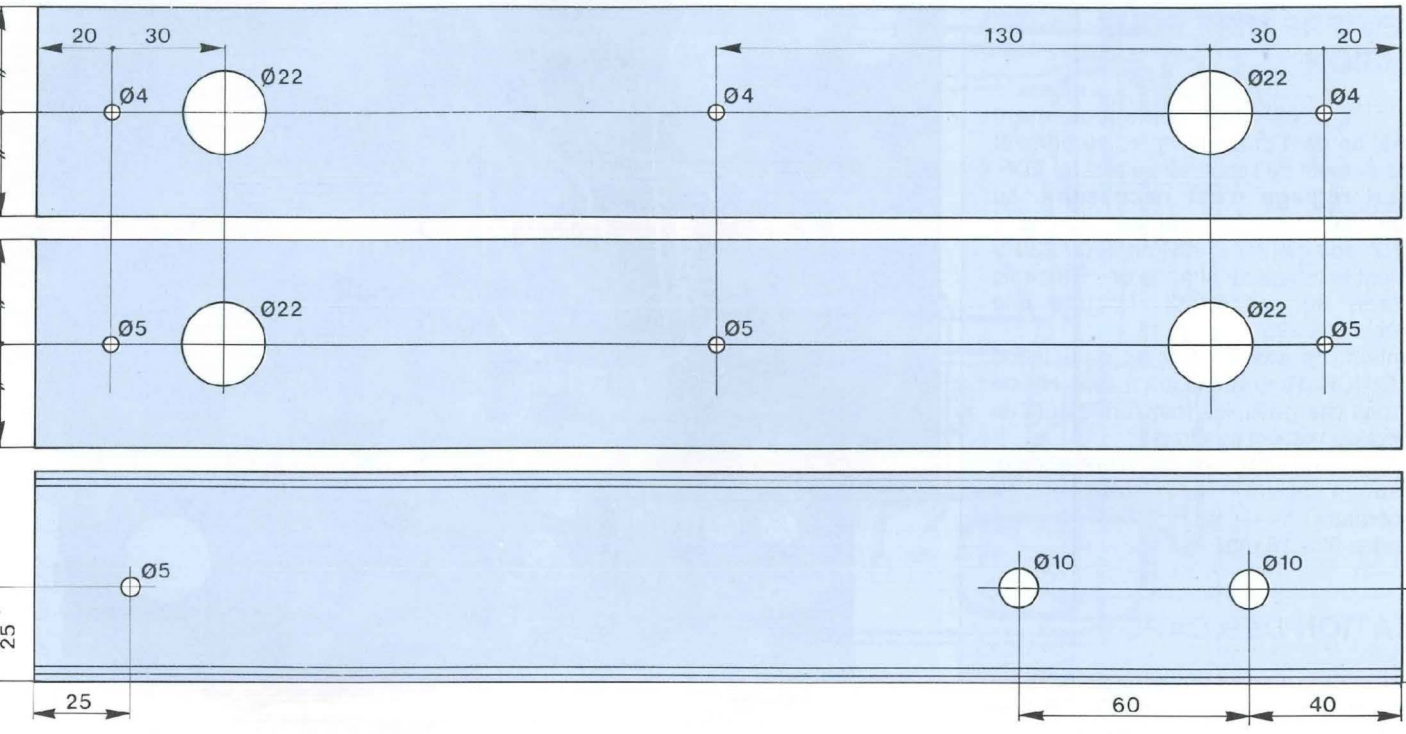
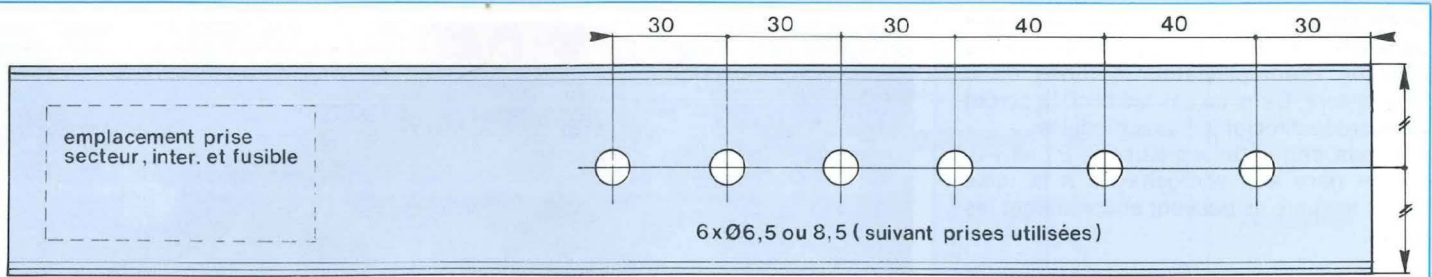


Fig. 4

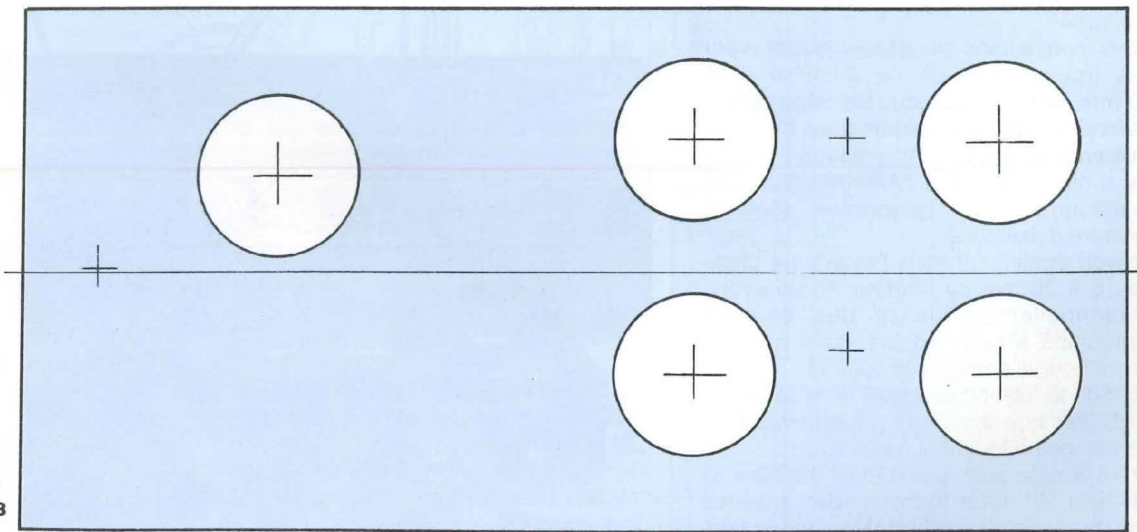


Fig. 3

AMPLI A TUBES ELECTRONIQUES

n'est cependant pas indispensable si vous attaquez cet Amplificateur de puissance par un Préamplificateur à tubes ou à transistors. Dans ce cas les blindés seront raccordés directement aux modules.

Ne pas permuter les liaisons P1 et P2, sinon gare aux accrochages à la mise sous tension. Ils peuvent endommager les EL84.

PREMIERE MISE SOUS TENSION

Le câblage minutieusement vérifié, on peut procéder alors au premier raccordement de l'appareil au réseau EDF. **Aucun réglage n'est nécessaire.** Au basculement de l'interrupteur, la haute tension doit monter à environ 320 / 330 V pendant le temps de chauffe des filaments (environ 30 secondes). Ensuite elle redescend à 295 / 300 V.

Attention, ne pas injecter de modulation aux CINCH d'entrées si les sorties HP ne sont pas chargées, les transformateurs de sortie n'apprécient pas trop !

Avant de procéder à la première écoute, laisser l'appareil se stabiliser en température.

Attendre 10 à 15 mn.

FIXATION DES CAPOTS

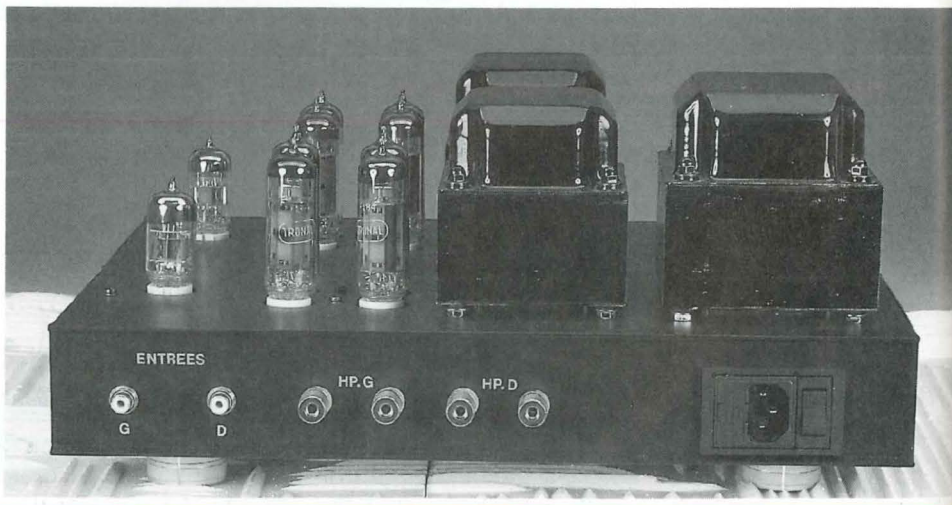
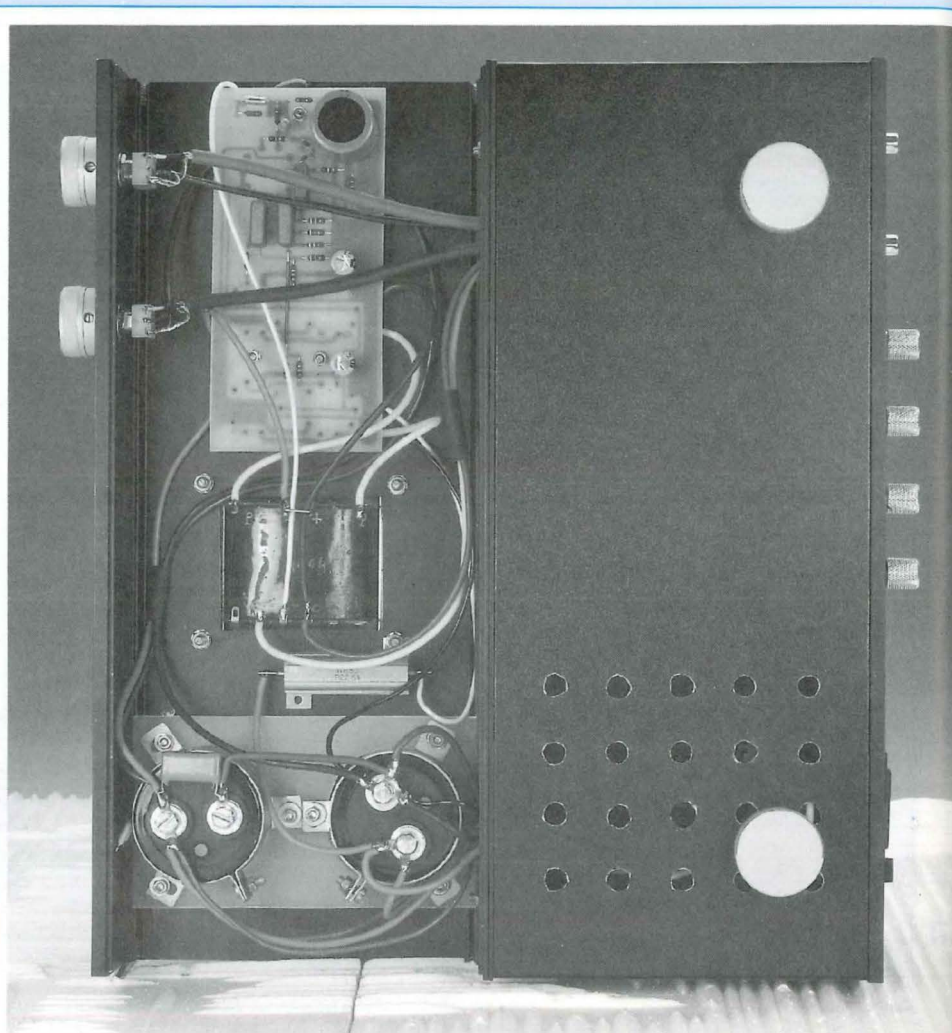
Si tout se passe correctement, on peut terminer cette réalisation en vissant les deux capots de protection sous l'appareil.

Nous conseillons de percer auparavant des trous d'aération de diamètre 8 à 10 mm au niveau du transformateur d'alimentation. C'est l'élément qui monte le plus en température, mais rassurez-vous il n'y a rien à craindre, l'Amplificateur peut fonctionner toute la journée sans la moindre défaillance.

Prévoir également sous l'appareil 4 pieds de 15 à 20 mm de hauteur. Nous avons personnellement utilisé des boutons identiques à ceux apparaissant en face avant pour le contrôle de volume.

Lors de la fixation du capot de face avant, s'assurer que les vis des condensateurs de filtrage ne touchent pas celui-ci.

Votre double push-pull d'EL84 est terminé et prêt à vous donner de grandes satisfactions d'écoute tant sa dynamique est impressionnante !



POUR UNE MUSIQUE PLUS DYNAMIQUE

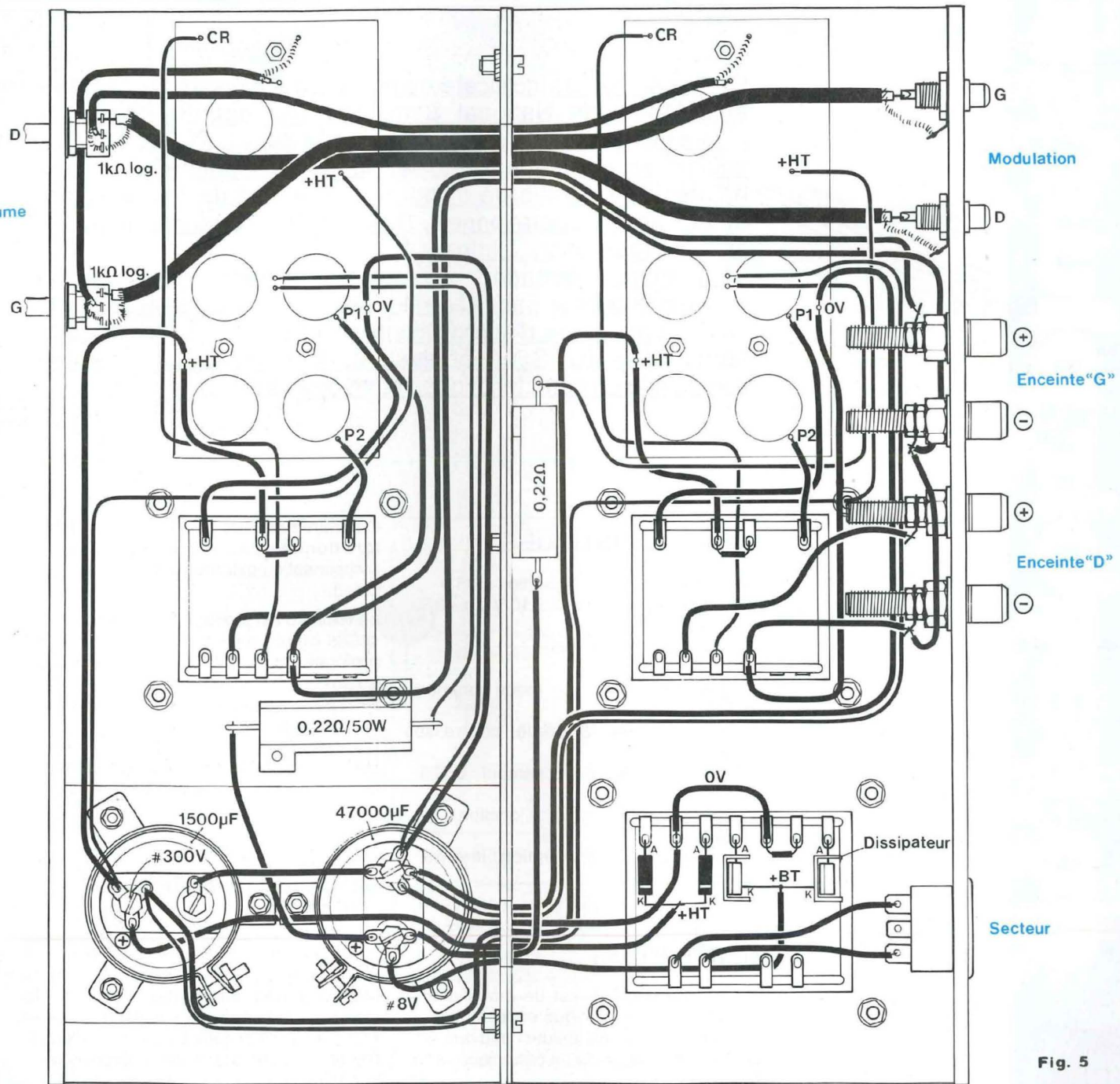


Fig. 5

UNE PETITE TOUCHE FINALE

Il s'agit simplement comme le montrent les photos de notre prototype

d'améliorer l'esthétique de l'appareil en vissant sur les côtés des flasques de 10 à 15 mm d'épaisseur en bois ou en métal.

Si vous avez travaillé proprement en suivant nos conseils, vous avez devant vous un appareil qui n'a rien à envier aux

produits distribués par les revendeurs de Hi-Fi.

La grosse différence, le coût. Le double push-pull revient à environ 3000 F contre 10000 à 15000 F pour un produit similaire dans un magasin spécialisé.

Le HA2645 de HARRIS

Des centaines d'amplificateurs en classe A utilisant les LM344H et LM144H de National Semiconductor ont été construits d'après les différents descriptifs publiés dans Led. Des lecteurs voulant en ce moment réaliser l'un de ces appareils se sont heurtés à l'impossibilité d'approvisionnement de l'un ou l'autre de ces amplis opérationnels, National Semiconductor en ayant arrêté la fabrication ... horreur !

Le principal revendeur de ces composants de la région parisienne qui est Saint Quentin Radio s'est donc penché sur le fâcheux problème d'approvisionnement et a découvert chez le fabricant HARRIS un équivalent, le HA2645 parfaitement compatible en caractéristiques et en brochage.

CARACTERISTIQUES

- Amplitude du signal de sortie : ± 35 V
- Tension d'alimentation : ± 10 V à ± 40 V
- Courant d'offset : 5 nA
- Bande passante : 4 MHz
- Slew Rate : 5 V / μ s
- Signal max d'entrée en mode commun : ± 35 V
- Protection de la sortie contre les surcharges
- Température de fonctionnement : 0°C à +75°C
- Température maximale de jonction : +175°C
- Puissance de dissipation interne : 680 mW

DESCRIPTION

Le HA2645 est un amplificateur opérationnel monolithique encapsulé dans un boîtier 8 broches, celui-ci pouvant être un T099 métallique ou un céramique MINI-DIP.

Attention aux courts-circuits pour le modèle T099, la tension négative d'alimentation - V est reliée au boîtier.

Avec une tension d'alimentation maximale de ± 40 V, le HA2645 permet de fournir un signal de sortie alternatif de dynamique impressionnante.

Contrairement aux LM344H et LM144H, il fonctionne sans condensateur de compensation externe (broches 1 et 8 des LM...).

Le HA2645 est protégé en sortie contre les courts-circuits mais la puce est également protégée en température. Une élévation anormale de celle-ci, le dépassement d'un seuil prédéterminé et l'amplificateur se met en veille (off).

On peut réduire la bande passante du HA2645 aux fréquences élevées en reliant la broche (8) à la masse au travers d'un condensateur (figure 1).

MODIFICATION DES "CLASSE A"

Modification n'est pas véritablement le bon terme puisque les circuits imprimés des différentes versions de classe A publiées ne subissent aucune transformation. Il suffit simplement d'omettre le condensateur de compensation soudé entre les broches 1 et 8.

En prenant le cas du schéma de la version 2 x 40 Weff publiée dans les N° 114 et 115, il suffit de ne pas souder C2 / 10 pF, c'est tout (figure 2).

Si on désire réduire la bande passante, ce condensateur C2 peut très bien servir à dériver la broche (8) à la masse.

LE REMPLAÇANT DES LM344H ET LM144H DE NATIONAL

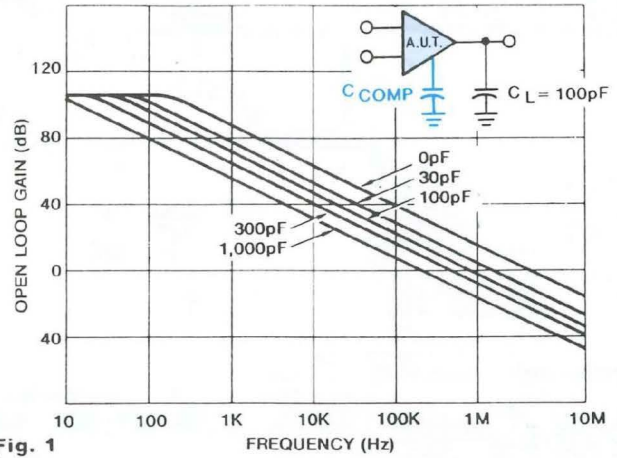
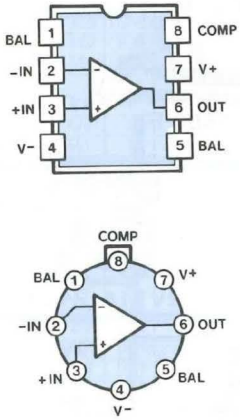


Fig. 1

NOTE: External Compensation Components are not required for stability, but may be added to reduce bandwidth if desired. If External Compensation is used, also connect 100pF capacitor from output to ground.

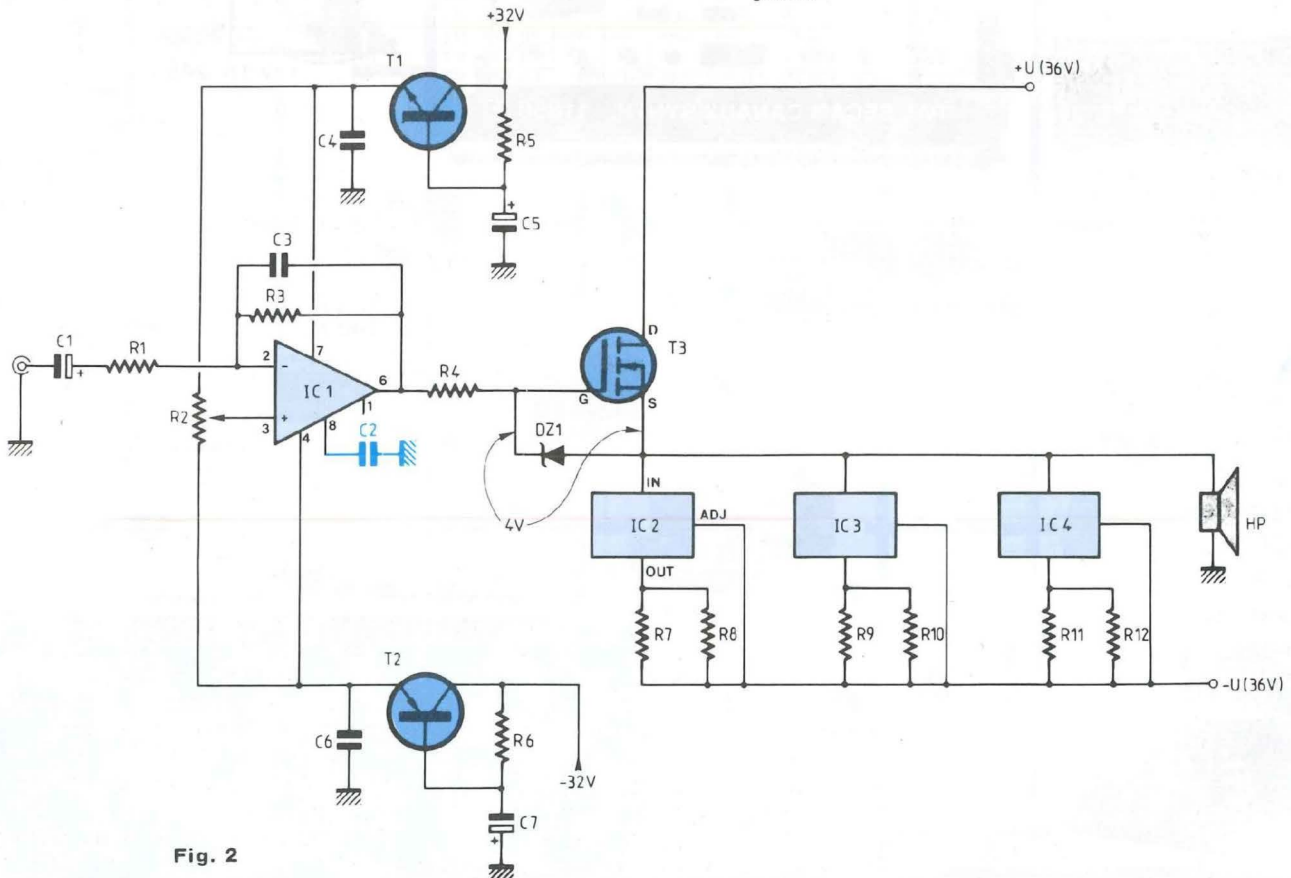


Fig. 2

elc

Construction électronique



2 x 0 - 30V 2,5A ou 0 - 60V
2,5A ou 0 - 30V 5A 3550 F
et 5V 2,5A ou 1 - 15V 1A



3 - 30V 5A 970 F



1Hz - 1MHz 1632 F

PRIX TTC



20A 1490 F



1Hz - 200KHz 1650 F

NOUVEAU AL 925

6 ou 12V
5A
en continu et alternatif 790 F



0 - 30V 10A 2750 F



0,02Hz - 2MHz 3150 F



3 - 12V 1A 245 F



0 - 30V 5A 2050 F



1Hz - 600MHz - 8Dig. 1890 F

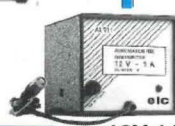


12V 2A 325 F

Ajust. de 10 à 15V



PAL SECAM CANAUX SYNTH. 11850 F



12V 1A 245 F

Cordons sili.
de 61 à 64 F



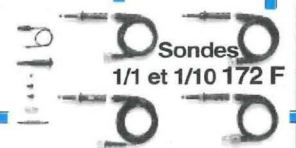
1 à 30 V 0 à 2A 925 F
et chargeur de batterie



1 à 15 V 0 à 3A 900 F
et chargeur de batteries



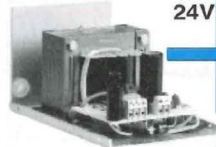
12V 1A 185 F
24V 1A 200 F



Sondes
1/1 et 1/10 172 F



3 - 15V 4A 520 F



12V 2,5A 335 F



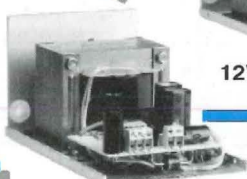
NUMERIQUES 3 1/2 digits
Config. calibre et tension
DV932 315 F DA933 325 F



Pinces



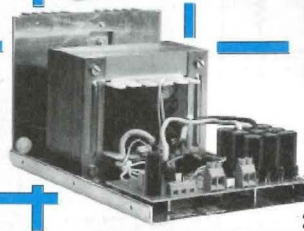
VHF - UHF 4950 F



12V 4A 425 F



Analogiques



12V 20A 1195 F

24V 10A 1150 F



LCD 3d.1/2 220 F

Je souhaite recevoir une documentation sur :
 Alim. R Alim. Fixes Générat. Sondes
 Autres produits à préciser

Nom
 Adresse

Ville

Ecrire à :
elc service 104
 59 avenue des Romains
 74000 ANNECY

☎ 50.57.30.46 - Fax 50.57.45.19

Catalogue général (Joindre 5 timbres à 2,80 F)

la qualité au sommet

En vente chez votre fournisseur de composants électroniques ou les spécialistes en appareils de mesure

INITIATION AUX AMPLIS À TUBES

de Jean Hiraga



Mieux qu'une simple initiation aurait pu le faire, cet ouvrage tant attendu évoque bien une encyclopédie didactique de l'amplification à tubes menée sous la plume alerte et à la curiosité pertinente du maître français en la matière : Jean Hiraga. Il récidive avec un sujet qu'il connaît et traite avec le même brio que "les haut-parleurs" où historique, théorie, illustrations nombreuses et inédites voisinent en parfaite harmonie. Pour tout savoir sur les tubes audio, pour saisir leur actualité encore bien chaude, il est désormais un ouvrage consacré à cette seule science. Qu'on se le dise !

"Initiation aux Amplis à tubes" de Jean Hiraga est édité par E.M.P.P.S. et diffusé par Eyrolles
61, bd St Germain, 75240 Paris Cedex 05

EMPPS

BON DE COMMANDE LIVRES

à retourner à SERVICE OUVRAGES - BP 58 - 77932 Perthes Cedex - Tél. : 64 38 01 25
Je désire recevoir "Initiation aux Amplis à tubes" au prix de 180 F port compris (6 semaines de délai).

CI-JOINT MON REGLEMENT PAR CHEQUE BANCAIRE OU POSTAL

NOM :

PRÉNOM :

ADRESSE :

CODE POSTAL :

VILLE :