

Lead

COURS N° 11 : UNE CATHODE, UNE ANODE
ET PLEIN DE GRILLES EN PLUS...

BARGRAPH POUR ANALYSEUR 16 VOIES

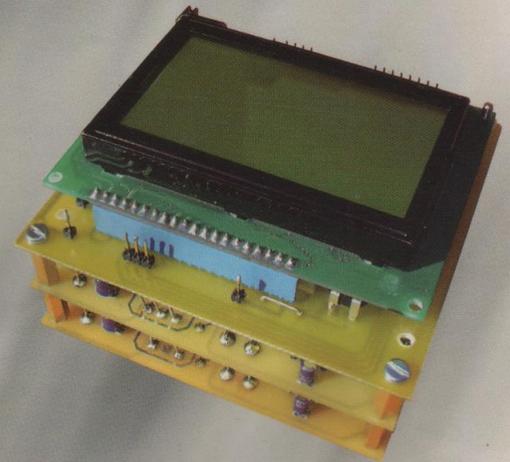
AMPLIFICATEUR MULTICANAUX GK FIVE

AMPLIFICATEUR POUR ÉCOUTE AU CASQUE

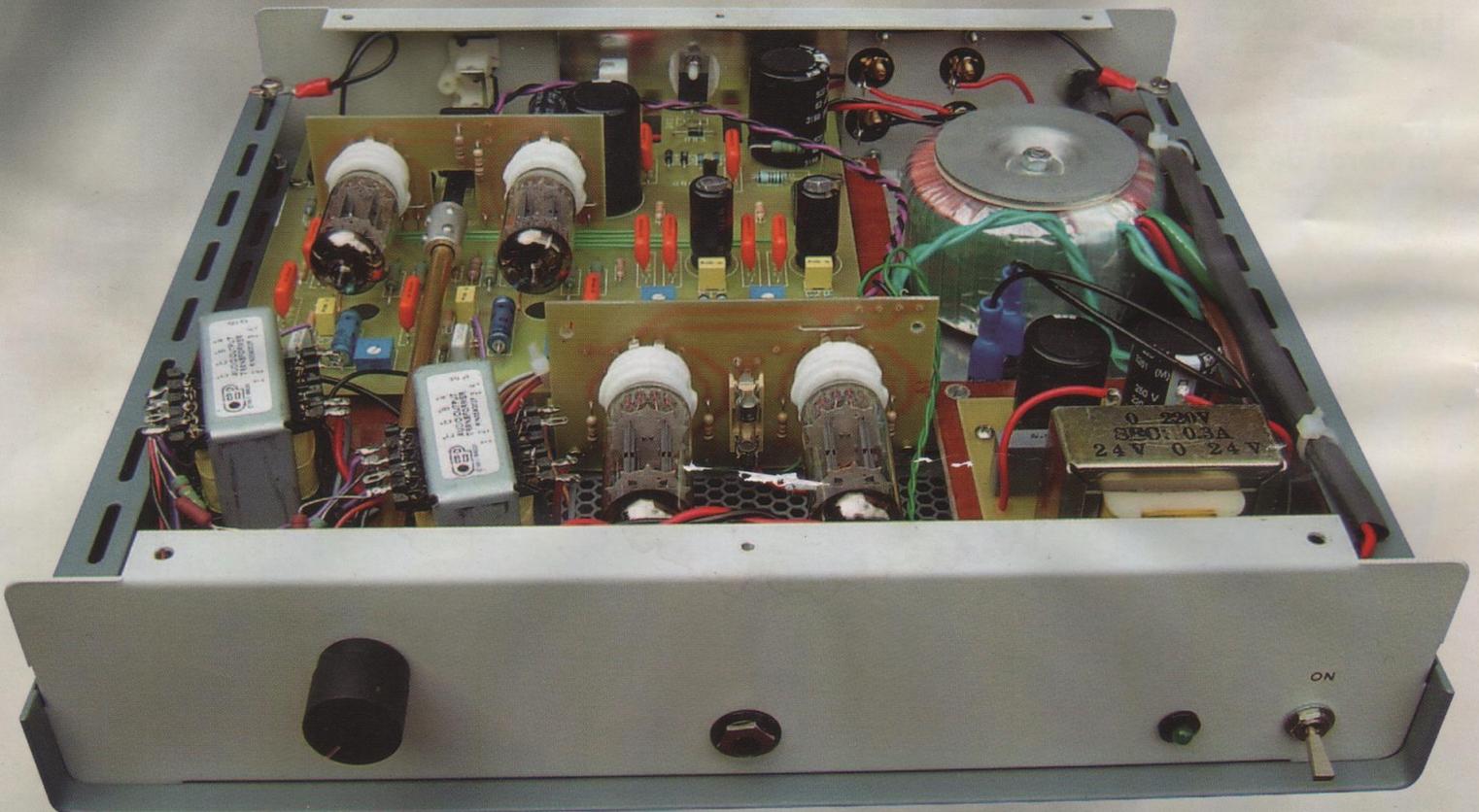
SINGLE END AVEC TRIODE/PENTODE ECL86



AMPLIFICATEUR SINGLE END AVEC ECL86



ANALYSEUR AUDIO
16 VOIES



AMPLI CASQUE A TRIODES 12DW7 ET ECC99

M 01226 - 184 - F: 4,50 € - RD



Envie d'écouter vos précieux vinyles ?

Superbe platine tourne-disque STÉRÉO à entraînement direct

NOUVEAU



Idéale pour l'audiophile :

- Entraînement direct asservi par quartz • Couple important • Démarrage rapide • Hauteur de bras de lecture réglable (0-6mm) • Bras de lecture de précision • Pleurage et scintillement < 0,09 % • Avec éclairage de la pointe de lecture • Capot de protection en acrylique fumé, coquille porte-cellule avec cellule EN-24 montée • Etc

Cellule EN-24
• Réponse en fréquence : 20 à 20.000 Hz • Type MM (aimant mobile) • Niveau de sortie : 5 mV @ 1 kHz @ 47 Kohms • Force d'appui : 1,5 g typ.

La platine avec cellule **115D.0438 249,50 € TTC**
Supplément de port de 13,00€ sur ce produit (livraison par transporteur)

AT71ELC

Cellule HI-FI d'un rapport qualité/prix exceptionnel

- Réponse en fréquence : 20 à 22.000 Hz
- Type MM (aimant mobile)
- Niveau de sortie : 3,5 mV @ 1 kHz @ 47 Kohms
- Pointe de lecture : Diamant elliptique 0,4 x 0,7 mm

La cellule AT71ELC **115D.1085 35,00 € 29,00 € TTC (*)**

Pointe de rechange **115D.1085-1 9,00 € TTC**

* : Offre valable du 1er mars au 30 avril 2004

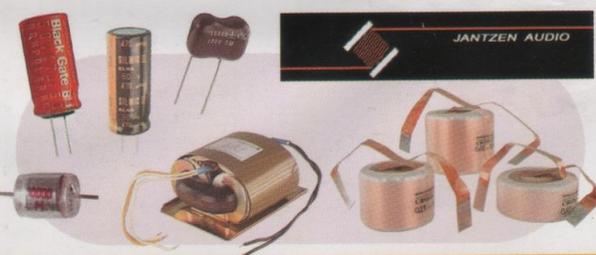
Brosse anti-statique en fibres de carbone

- Plus d'un million de fibres
- Nettoie les sillons en profondeur
- Elimine les charges d'électricité statique et la poussière

La brosse **115D.0427 7,90 € TTC**

Composants AUDIOPHILES ...

Condensateurs BLACKGATE, ELNA, Styroflex de précision, MICA argenté 1%
Transformateur type "R" - Selfs audio JANTZEN



Selectronic
L'UNIVERS ELECTRONIQUE

86, rue de Cambrai - B.P 513 - 59022 LILLE Cedex
Tél. **0 328 550 328** Fax : 0 328 550 329
www.selectronic.fr



Kits **Selectronic** pour AUDIOPHILES



Section filtre actif

- Cellules R-C à pente 6 dB cascadeables • 3 voies configurables en 6 ou 12 dB • En 12 dB : filtre LINKWITZ-RILEY vrai • Voie Médium : configurable en passe haut ou passe bande • Fréquences de coupure : au choix • Câblage réduit au strict minimum.

Section amplificateurs

- Alimentations totalement séparées pour les voies droites et gauches • 4x16 W RMS / 8 ohms, pure classe A • Technologie MOS-FET.

L'ensemble COMPLET Filtre + Ampli

115D.4250-2 4828,00€ PROMO 1650,00 € TTC

Divers

- Connectique Argentée - Isolant PTFE (Téflon) • Circuits imprimés Verre-Téflon pour les cartes filtres et amplificateurs • Utilisation de transistors soigneusement triés par paires complémentaires • Coffrets reprenant l'esthétique du GRAND MOS, pour réaliser un ensemble harmonieux (face avant massive de 10mm et radiateurs latéraux).

> Kit Triphon II Série GRAND MOS



Le **TRIPHON II** est l'évolution ultime du célèbre filtre actif 3 voies TRIPHON. Nous y avons apporté de nombreuses améliorations d'ordre technique et pratique. Il bénéficie d'une exceptionnelle conception audiophile. Pour compléter idéalement le filtre, nous avons conçu un quadruple amplificateur classe A issu du Grand Mos. Transparence et musicalité absolues.



Filtres actifs

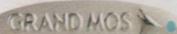
Le kit **COMPLET 115.4250 979,00 € TTC**



Amplificateurs

Le kit **COMPLET 115.4180 849,00 € TTC**

> Kit PRÉAMPLI

Série 



- Etages **Classe A** à FETs et MOS-FETs
- 7 entrées dont une RIAA et 1 symétrique
- 3 sorties dont 1 symétrique
- Télécommande IR • Etc.

Le kit **COMPLET** avec coffret **115D.8500 1420,00 € TTC**

> Kit BASIC Préamp



Basique mais tout ce qu'il y a de plus audiophile !

- Préamplificateur présenté en configuration minimum : 2 entrées commutables bénéficiant des meilleurs étages audiophiles disponibles • Entièrement à composants discrets, condensateurs haut de gamme (Styroflex, BLACKGATE), potentiomètre ALPS • Pourvu d'une entrée RIAA de très haute qualité ce préampli est idéal dans une installation simple, et / ou pour les personnes désireuses d'écouter ou graver leur disques vinyll sur PC.

Le kit **COMPLET 115D.6200 199,00 € TTC**

NOUVEAUX kits AUDIOPHILES

> Kit PRÉAMPLI PHONO

Pour cellule MC ou MD

- Impédance d'entrée adaptable
- Taux de distorsion : < 0,001%
- Respect de la courbe RIAA : < ±0,2 dB
- Circuit imprimé Verre / TÉFLON (PTFE)
- Alimentation séparée
- Condensateurs STYROFLEX, BLACKGATE, etc...

> Kit DÉSYMÉTRISEUR de LIGNE

- Sorties sur prises RCA argentées
- Alimentations séparées

Le kit **COMPLET 115D.1950-2 165,00 € TTC**

> Kit SYMÉTRISEUR de LIGNE

- Sortie 600 Ω sur XLR Neutrik • Alimentations séparées

Le kit **COMPLET 115D.1950-1 165,00 € TTC**

Selectronic
L'UNIVERS ELECTRONIQUE



NOS MAGASINS :

PARIS (Tél. 01.55.25.88.00
Fax : 01.55.25.88.01)
11, place de la Nation
75011 PARIS (Métro Nation)

LILLE
86 rue de Cambrai
(Près du CROUS)



Catalogue Général 2004

Envoi contre 5,00€
(10 timbres-poste de 0,50€)

Conditions générales de vente : Règlement à la commande : frais de port et d'emballage 4,50€. FRANCO à partir de 130,00€. Contre-remboursement : +10,00€. Livraison par transporteur : supplément de port de 13,00€. Tous nos prix sont TTC.

Led

Société éditrice :
Editions Périodes

 Siège social :
 2-12 rue de Bellevue,
 75019 Paris

 SARL au capital de 7 774 €
 Directeur de la publication :
 Bernard Duval

Led

 Bimestriel : 4,50 €
 Commission paritaire : 64949
 Tous droits de reproduction réservés
 textes et photos pour tous pays,
 LED est une marque déposée
 ISSN 0753-7409

Services :

Rédaction - Abonnements :

01 44 84 88 28

 2-12 rue de Bellevue
 75019 Paris

Ont collaboré à ce numéro :

 Rinaldo Bassi
 André Cochetoux
 Bernard Dalstein
 Bernard Duval
 Jean-Claude Gaertner
 Jean-Louis Vandersleyen

Abonnements :

 6 numéros par an :
 France : 19 €
 Etranger : 27 €
 (Ajouter 8 € pour les expéditions
 par avion)

Publicité :

Bernard Duval

Réalisation :

Transocéan SAS

Dessinateur :

Pascal Mercier

Impression :

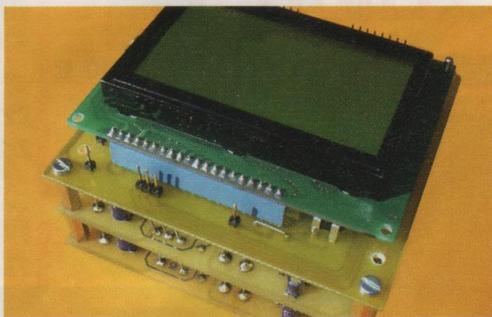
 Berger Levraut - Toul
 Imprimé en France

6
**LA CLÉ
 DE L'ÉLECTRONIQUE À TUBES ?
 (COURS N° 11)**

Une triode, c'est beau, c'est simple et cela fonctionne pas mal du tout ! Mais l'être humain est ainsi fait qu'il lui en faut toujours plus... Aussi ce cours est-il appelé « une cathode, une anode et plein de grilles en plus... ». Après la triode, nous allons donc aborder la tétrode, puis la pentode.

16
**AMPLIFICATEUR « SINGLE END »
 A TRIODE/PENTODE ECL 86**

Dans notre précédent numéro, nous vous avons proposé un amplificateur de type « Push Pull d'ECL86 ». Voici maintenant un « Single End » adoptant le même tube en complément de ce premier article. Cet amplificateur utilisant une seule ECL86 par canal permet de disposer d'une puissance de 2 x 4 Weff dans un encombrement fort réduit, sans pour autant délaissier la qualité d'écoute, ce qui est primordial.

24
**ANALYSEUR AUDIO 16 VOIES
 (2^E PARTIE)**


Associé au Bargraph LCD précédemment décrit, celui-ci permet d'obtenir un analyseur spectral dont la résolution est appréciable. Les 16 voies de filtrage ont été réparties sur deux modules de 8 voies afin d'obtenir une réalisation compacte (superposition des modules).

36
AMPLIFICATEUR POUR CASQUE


Cet amplificateur est destiné avant tout à l'écoute au casque. Il développe une puissance nominale de 100 mW sur 8 Ω, tout en affichant des spécifications dignes des meilleurs produits. Sa bande passante s'étend de 15 Hz à 30 kHz, son taux de distorsion est inférieur à 0,1 %. Une sortie haut-parleur est prévue mais considérée cette fois comme « auxiliaire ». Elle affiche une puissance nominale de 2 W pour un taux de distorsion inférieur à 0,2 %.

48
**LE GK FIVE
 AMPLIFICATEUR MULTICANAUX
 (4^E PARTIE)**

Nous allons aborder avec cette quatrième partie la description de l'amplificateur « End Millenium XP LC AUDIO » (utilisé dans cette version du GK FIVE), puis celle du châssis principal. Nous vous donnerons ensuite quelques conseils pour le câblage.

58
**PRÉAMPLIFICATEUR HOME CINÉMA
 TOUS TUBES (3^E PARTIE)**

Dans les numéros précédents, ont été décrits les principes de base du circuit KTR ainsi que son application à un pré-amplificateur stéréophonique équipé de tubes 5725 (réalisation facile et faible coût). Nous allons maintenant vous décrire un préamplificateur pour le Home Cinéma utilisant les mêmes principes développés dans les Led n°182/183.

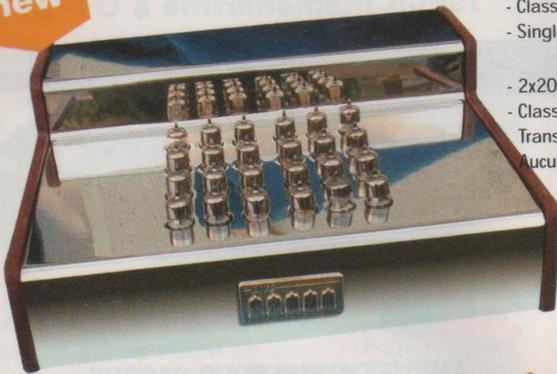
DROITS D'AUTEUR

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'auteurs. Les contrevenants s'exposent à des poursuites judiciaires avec dommages-intérêts.

Nous sommes fabricant depuis 1960
Ecoute sur haut-parleurs Supravox et enceintes Audio Linéaire

Le piano

new



> même caractéristiques que le Cristal
 - 2x12 Watts 3100 €
 - Classe A en kit
 - Single 2050 €

- 2x20 Watts 3300 €
 - Classe A PP en kit
 - Transfo de déphasage 2250 €
 - Aucun composant

Live Sound Audio

Unique au monde

>>> Le cristal 8ec86
 inédit par sa conception



les deux blocs
 3000 €

Amplificateur sans aucun composant précédant le tube final. Ce qui augmente la transparence, la profondeur de scène, précision médium aigu, dynamique exceptionnelle, rapidité surprenante dans le grave. 8 triodes en parallèle 8 watts. Bloc mono chassis haut chromé.

se fait également en kit :
 les deux blocs : 1900 €

Banc d'essai
 L'audiophile Octobre 2003 RS

soit 2140 €

avec téléc
 soit 2350 €



Recommandé
 ★★★★★
 REVUE DU SON
 DU HOME CINEMA

Meilleur prix
 HAUTE FIDÉLITÉ

- Préampli haute gamme classe A - avec ou sans télécommande
- Sortie par transformateurs basse impédance 100 ohms
- Gain 12 dB capable de driver tous les amplificateurs
- Entrée commutable par relais professionnels étanches
- 4 entrées auxiliaires - Tunerr - CD - AUX - AUX
- 1 entrée phono, sensibilité 3 millivolts
- 1 commutateur enregistrement
- Réglage de volume, bouton unique stéréo (sur demande réglable sur chaque voie)
- Sortie casque, impédance minimum 100 ohms (idéal entre 200 et 600 ohms)
- Sortie symétrique sur XLR
- Sortie doublée en asymétrique, permettant de gérer un caisson de basse (par exemple)

Banc d'essai RS Mai 2002
 Sono Musique n°30 "Haute fidélité" Septembre 2002

l'onde

Prix Monté : 1490 €

- Amplificateur double mono - 2x5 watts - classe A
- Équipé de deux triodes 6C19 d'une EC86 - d'une 5965 par canal
- Sensibilité 1,6 volts pour 5 watts
- Distorsion à 1 watt - 0,8%
- Signal / bruit - 96 dB
- Temps de montée - 3,5 microsecondes
- Transfos 18 couches sandwich 0,8 dB à 20 Hz / 0 dB à 1000Hz / 0,2 dB à 20000Hz



Banc d'essai
 L'audiophile Mai 2002

L'onde suprême 2x36 Watts
 Prix Monté : 1680 €

chopin

Prix Monté : 2225 € / Prix en kit : 1400 €



Amplificateur Stéréo
 Sans contre réaction - pure classe A
 Deux blocs mono sur le même châssis
 Tubes - 6C33 C.b - Triodes x 2 et ECC85 x 2
 Condensateurs - polypropylène, styroflex, tantale
 Résistances - faible bruit, métal 1%
 Antiparasite secteur
 Filtrage - par selfs et condensateurs de 3260 Mf par canal
 Sensibilité d'entrée - 1,5 volts / 100 K
 Temps de montée - 2 microsecondes à 20 KHz
 Mesure à 1 watt / 8 ohms - 20 Hz à 70 Kz - 0.8 dB
 Signal / Bruit - 90 dB
 Sortie - 2x 28 watts / 8 ohms
 Alimentation - 220 v

Banc d'essai
 RS 1996

new

Préampli passif à transfo

> même présentation que le GO 2001
 - 5 entrées auxiliaires commutables
 - 2 réglages de volume
 (transfos peuvent être vendus séparément 90 € l'unité)
 prix : 450 €
 en kit : 380 €

new

Le Dinosaur

2x15 watts - 4 6V6 - tétrodes - 650 €
 2x20 watts - 4 EL33 - tétrodes - 700 €



PRIX DE LANCEMENT

Amplificateur stéréo intégré pp - Cinq entrées commutables 47k - Volume potentiomètre Alps (sans étages d'entrée) - Seul un transformateur a le rôle de préamplificateur et déphaseur ultra performant

Pour plus de renseignements, contactez
 TSM - 151, rue Michel Carré 95100 Argenteuil

Tél.: 01 30 76 91 07 / Fax : 01 39 61 67 94 / site : www.audiotub.fr

Pot. Professionnel ALPS

AUDIO stéréo logarithmique
2x10K, 2x20K, 2x50K, 2x100K.
17,00€ pièce



Pot. SFERNICE P11

MONO LINÉAIRE : 470 ohms, 1K, 2K2, 4K7, 10K, 22K, 47K, 100K, 220K, 470K, 1M 7,50€
MONO LOG. : 470 ohms, 1K, 2K2, 4K7, 10K, 22K, 47K, 100K, 220K, 470K, 1M 7,50€
STÉRÉO LINÉAIRE : 2x2K2, 2x4K7, 2x10K, 2x22K, 2x47K, 2x100K, 2x220K, 2x470K, 2x1M 11,30€
STÉRÉO LOG. : 2x2K2, 2x4K7, 2x10K, 2x22K, 2x47K, 2x100K, 2x220K, 2x470K 13,90€

XLR NEUTRIK



Fiche mâle	Fiche femelle		Chassis	
	droit	Coudé	mâle	fem
3 (*)	7,50€	8,40€	4,60€	5,50€
3*	6,10€	6,90€	6,90€	7,35€
4	5,30€	8,40€	6,90€	7,35€
5	7,80€	9,50€	8,00€	12,00€
6	10,70€	10,70€	10,35€	14,50€
7	12,20€	12,20€	16,05€	19,10€

(*) mâle droit 3br
4,50€/1, 4,10€/10, 3,60€/25, 3,15€/50,
(**) femelle droite 3br
5,50€/1, 4,95€/10, 4,40€/25, 4,13€/50,

JACK 6,35 Professionnel

Mono mâle droit 6,35mm 4,30€
Mono mâle coudé 6,35mm 4,60€
Stéréo mâle droit 6,35mm 5,90€
Stéréo mâle coudé 6,35mm 8,50€
Stéréo femelle droit 6,35mm 8,80€
Stéréo châssis métal 6,35mm 7,10€



Mono pour câble 4mm 3,05€
Mono pour câble 4mm 3,05€
Stéréo pour câble 4mm 3,35€
Stéréo pour câble 4mm 3,35€



Convertisseur 12V > 220V (ou 24V > 220V)

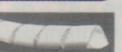
Marque Profitec
12V > 220V
ou 24V > 220V



150W max 83,00€ 1000W max 390,00€
300W max 106,00€ 3000W max (VELLEMAN) 899,00€
500W max 240,00€

Gaine torsadée

Gaines torsadées extensibles en polythène pour câbles de différentes dimensions. Sans halogène. Blanche.



SPT 125 - diam 2,0 à 13mm/ le mètre 1,20€
SPT 250 - diam 5,0 à 50mm/ le mètre 1,60€
SPT 375 - diam 8,0 à 76mm/ le mètre 2,00€
SPT 500 - diam 10,0 à 102mm/ le mètre 2,90€

Gaine tressée

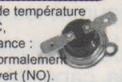
Gaine tressée expansible PLIOSIL-PET thermoplast à haute stabilité thermique exempt d'halogène.



Couleur : noir. Plage d'utilisation. Prix au mètre
3 à 8mm - PET4 1,40€ 10 à 20mm - PET10 2,00€
6 à 12mm - PET6 2,00€ 14 à 24mm - PET12 2,75€
8 à 16mm - PET8 2,00€

Protecteur thermique

Utilisation pour le contrôle automatique de température
Spécifications : gamme de 60°C à 140°C, tolérance ±5°C, supporte le 220V, endurance : 30000 cycles @ 240V AC/6A. Contact normalement fermé (NF), ou contact normalement ouvert (NO).



NO-60°C ou NF60 3,85€ NO-100°C ou NF100 3,85€
NO-70°C ou NF70 3,85€ NO-120°C ou NF120 3,85€
NO-80°C ou NF80 3,85€ NO-140°C ou NF140 3,85€

Coffrets GALAXY

Coffrets très robuste en 3 éléments assemblés par vis : façades avant et arrière en aluminium 30/10° anodisé, côtés en profilé d'aluminium noir formant dissipateur de chaleur. Fond et couvercle en tôle d'acier 10/10° laquée noir.



Dimensions en cm - LxHxProf	
GX143 12,4x4x7,3	31,00€
GX147 12,4x4x17	37,50€
GX247 23x4x17	44,00€
GX243 23x4x23	45,00€
GX248 23x4x28	44,00€
GX347 33x4x17	51,00€
GX343 33x4x23	49,00€
GX348 33x4x28	52,00€
GX287 23x4x17	50,00€
GX283 23x4x23	53,00€
GX288 23x4x28	55,00€
GX387 33x4x17	59,00€
GX383 33x4x23	68,00€
GX388 33x4x28	68,00€

Câble HP Professionnel

2x0,75mm², Cullman, type méplat 1,00€
2x1,5mm², Cullman, type méplat 2,40€
2x2,5mm², Cullman, type méplat 1,60€
2x4,0mm², Cullman, type méplat 3,50€
2x6,0mm², Cullman, type méplat 4,60€
2x1,5mm², Cullman, Cu argenté, type méplat 1,60€
2x4mm², Cullman, Cu argenté, type méplat 2,20€

Câble blindé Professionnel

GAC 1 : Gotham, 1 cond + blind, ø 5,3mm, 2,00€
2524 : Mogami, 1 cond + blindage 2,60€
GAC 2 : Gotham, 2 cond. + blind, ø 5,4mm 2,15€
2792 : Mogami, 2 cond. + blindage 2,20€
GAC 2 AES/EBU Gotham, (pour son digital) 5,50€
GAC 3 : Gotham, 3 cond. + blind, ø 4,8mm 2,45€
GAC 4 : Gotham, 4 cond. + blind, ø 5,4mm 2,75€
2534 : Mogami, 4 cond + blindage 3,35€
2965 : Mogami, type sindex ø 4,6mm par canal 3,80€

Cond. chim. haute tension SNAP

2,2µF/400V radial 0,80€ 880µF/200V Snap 5,40€
4,7µF/350V radial 1,40€ 1000µF/200V Snap 7,80€
22µF/450V radial 1,40€ 1000µF/250V Snap 13,00€
47µF/400V radial 2,60€ 2200µF/63V radial 2,75€
100µF/200V radial 2,75€ 4700µF/50V Snap 3,70€
100µF/350V Snap 3,35€ 4700µF/63V radial 3,35€
100µF/400V Snap 4,60€ 4700µF/80V Snap 9,50€
100µF/500V Snap 5,50€ 10000µF/40V Snap 7,00€
220µF/350V Snap 4,50€ 10000µF/63V Snap 8,90€
220µF/400V Snap 6,80€ 22000µF/25V Snap 8,40€
220µF/450V Snap 7,65€
330µF/400V Snap 7,50€
470µF/250V Snap 5,35€
470µF/400V Snap 12,50€
470µF/450V Snap 15,00€



Cond. chimique SIC SAFCO axial

10µF/450V axial 3,05€ 100µF/450V axial 6,10€
15µF/450V axial 3,50€ 220µF/160V axial 4,50€
22µF/450V axial 3,50€
33µF/450V axial 3,85€
47µF/450V axial 3,85€

Auto-transfo. 220/110V

Équipé côté 230V d'un cordon secteur longueur 1,30m avec une fiche normalisée 16 amp. 2 pôles+ terre, et côté 115V d'un socle américaine recevant 2 fiches plates + terre. Fabrication française.

ATNP250 250VA 2,4Kg 51,00€
ATNP350 350VA 2,8Kg 64,00€
ATNP500 500VA 3,8Kg 70,00€
ATNP1000 1000VA 8Kg 120,00€
ATNP2000 2000VA 13,5Kg 195,00€



Transistors et Circuits Intégrés

AD 818AN 5,95€ MJF 340 0,80€
AD 826AN 7,35€ MJF 350 0,80€
HA2-2645 20,00€ MPSA 06 0,40€
IRF 510 1,40€ MPSA 08 0,40€
IRF 530 1,80€ MPSA 42 0,30€
IRF 540 2,30€ MPSA 92 0,30€
IRF 840 2,75€ NE 5532AN 1,20€
IRF 930 2,30€ NE 5534AN 1,50€
IRF 9540 1,85€ OPA 445A 13,00€
IRFP 150 6,75€ OPA 604 4,45€
IRFP 240 5,00€ OPA 627 22,75€
IRFP 350 5,80€ OPA 2604 4,60€
LF 356N 1,10€ OPA 2658P 10,40€
LM 317T 0,95€ TDA 2050 5,95€
LM 317K 4,00€ TDA 1562Q 15,00€
LM317HVK 10,00€ TDA 7293 8,50€
LM 337T 1,25€ 2N 3055 1,70€
LM 395T 7,00€ 2N 3440 1,10€
LM 675T 7,05€ 2N 3904 0,50€
LT 1028 14,00€ 2N 3906 0,50€
LM 3886T 9,50€ 2N 5401 1,50€
MJ 15003 4,00€ 2N 5416 1,40€
MJ 15004 3,50€ 2N 5551 0,50€
MJ 15024 5,00€ 2SK1058 10,55€
MJ 15025 5,00€

Sonomètre digital

Réf 33 2055 Affichage digital 3 chiffres, bargraph 21 pts, de -50 à +126 db, mémoire, moyenne intégrée, indicateur « en dessous, au dessus niveau », courbe A et C, sélection mode de réponse, indicateur niveau max, sortie jack 79,00€

Composants divers

GOLD CARD 5,00€
SILVERCARD 14,00€
GREENCARD 15,00€
FUNCARD4 15,00€
FUNCARD5 15,00€
PIC 16F84-04P 7,50€
PIC 16F873-02P 13,00€
PIC 16F876-04P 11,00€
PIC 16F876-20P 14,00€
24C16 2,30€
PIC 1A 59,00€
Infinity USB + série 79,00€
Infinity USB 59,00€
CAR 04 95,00€
CAR 06 (USB) 96,00€

Programmateur

Tubes électroniques

ECC 81EH 10,00€
ECC 82 EH 10,00€
ECC 83 Sovtek 10,00€
12AX7 (EH) 12,00€
ECC 84 10,00€
ECL 82 15,00€
ECL 86 20,00€
EL 34 EH 12,00€
EL 34 EH la paire 36,00€
EL 84 (Sovtek) 6,00€
les 2 appariés EH 36,00€
EZ 81 /6CA4 15,00€
KT 88 EH la paire 69,00€

Support TUBE

NOVAL C. imprimé
Ø 22mm (1) (*) 4,60€
Ø 25mm (2) (*) 4,60€
blindé chassis (3) (*) 4,60€
chassis doré (4) (*) 4,60€
OCTAL
A cosses (5) (*) 4,60€
Pour CI (6) (*) 4,60€
A cosses doré (7) (*) 6,10€



Transfo. tube pour revue LED Fabricant ACEA ou HEXACOM

Cond. de démarrage polypropylène

1µF/450V 7,00€ 12µF/450V 10,00€
1,5µF/450V 8,00€ 16µF/450V 10,00€
2µF/450V 8,00€ 20µF/450V 11,00€
4µF/450V 10,00€ 25µF/450V 13,00€
8µF/450V 10,00€ 35µF/450V 14,50€
10µF/450V 10,00€ 50µF/450V 20,00€

Cond. SCR polypropylène 1KV

0,01µF/1000V 2,50€
0,02µF/1000V 2,50€
0,1µF/1000V 2,75€
0,22µF/1000V 2,90€
0,33µF/1000V 3,50€
0,47µF/1000V 3,80€
1,0µF/630V 4,00€
2,2µF/630V 4,50€
4,7µF/400V 4,00€
10µF/400V 8,50€

Condensateur mica argenté 500V

10pF 0,80€ 100pF 0,80€
22pF 0,80€ 220pF 0,95€
33pF 0,80€ 500pF 1,10€
47pF 0,80€ 1nF 1,20€

Adaptateur XLR/Jack/Cinch/svidéo

XLR 3br <-> XLR 3br
fem <-> fem 4,50€
mâle <-> mâle 6,50€
XLR 3br <-> Cinch
mâle <-> Cinch mâle 5,35€
fem. <-> Cinch fem. 5,35€
mâle <-> Cinch fem. 4,80€
fem. <-> Cinch mâle 4,80€

XLR 3br <-> JACK 6,35mm
mâle <-> mâle mono 5,00€
fem. <-> mâle mono 6,00€
mâle <-> fem. mono 5,30€
fem. <-> fem. mono 5,50€
fem. <-> mâle stéréo 5,50€
fem. <-> fem. stéréo 6,00€
mâle <-> mâle stéréo 6,00€

Svidéo <-> Cinch
mâle <-> fem 5,90€
fem. <-> fem 5,90€
mâle <-> fem 5,90€
Jack 6,35 <-> Jack 6,35
fem <-> fem 4,50€

Speakon 4 pôles

NEUTRIK
mâle prol. 7,50€
Chassis 3,50€

Coffrets série UC

Coffret métal, face avant anodisé de 2mm, Tôle supérieure perforée, inférieure, faces arrière et latérales non perforées. Couleur noir. Les profils d'angle en aluminium extrudé sont réversibles pour monter horizontalement ou verticalement des plaques de circuits imprimés.
UC 202H - 300x57x235mm 43,00€
UC 204H - 437x82x235mm 61,00€

Fiche DIN verrouillable 1/4 tours

	Fiche mâle	Fiche femelle	Chassis
3 br	4,00€	4,00€	3,50€
4 br	4,00€	4,50€	4,00€
5 br 180°	4,00€	4,50€	3,50€
5 br 240°	4,00€	5,00€	3,50€
8 br	4,50€	5,00€	4,50€

Tubes fluo cathode froide

Le prix est pour 1 tube + alimentation 12V
Longueur 30cm, diam 4mm
Alimentation en 12V/375mA. Existe en Blanc, Bleu, Vert, Jaune, lumière noire 15,50€
Longueur 10cm, diam 4mm
Alimentation en 12V/375mA. Existe en Blanc, Bleu, Vert, Jaune, lumière noire 15,50€

Fers Weller

Fers standards
SPI 16C - 15W/220V 33,50€
SPI 27C - 25W/220V 30,00€
SPI 41C - 40W/220V 34,00€
SPI 81C - 80W/220V 39,00€
Fers thermostatés
W 61 - 60W/220V 70,00€
W 101 - 100W/220V 83,00€
W 201 - 200W/220V 105,00€



Fers à gaz
Pyrophen junior 74,00€
Pyrophen standard 126,00€
Pyrophen Piezzo 138,00€



JBC Fer à souder 220V JBC

JBC 14ST - 11W 34,00€
JBC 30ST - 24W 27,50€
JBC 40ST - 26W 27,50€
JBC 65ST - 36W 29,90€
DS fer à dessouder 52,00€
SL2020 fer thermostaté 70,00€

Alimentation à découpage Compacte, entrée secteur 100/230VAC

V924 - 9/12/15V 1.5A - 18V/20V 1.2A - 24V 1A 25,00€
PSSM1V - 3/4,5/6/7,5/9/12V - 0.8A - 86g 22,00€
PSSM4 - 5/6/7,5/9/12/15V - 3.6A - 95x55x30mm 50,00€
PSSM5 - 12/15/18/20/22/24V - 2.3A - 67x29x74 50,00€
PSSM7 - 5V à 24V - 4.3 à 15A - miniature - 92x42x28 46,00€
PSS1212 - 12V - 1.2A miniature (f. alim.2,1mm) 19,00€
V350 - 15/16/18/19/20/22/24V 2.9A à 3.5A 415g 58,00€



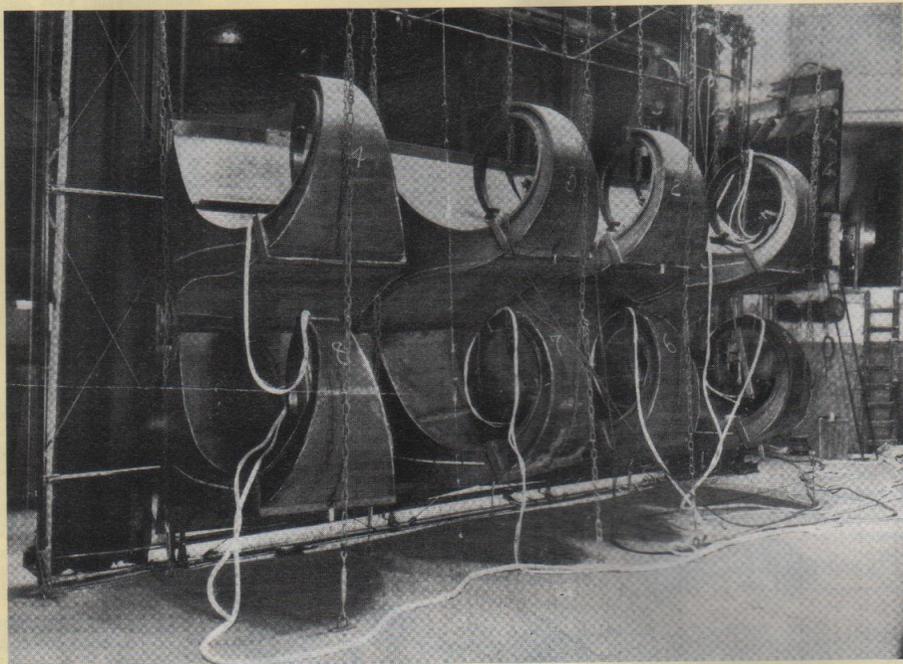
Alimentation 100/230V - 70W - 1 sortie - Livrée avec 8 fiches différentes, pour ordnat. portable, écran plat...

MODEL 0179 - 70W - 8A/5V - 7.5A/6V
7A/7V - 6.5A/8V - 6A/9V - 5.5A/10V - 5.3A/11V - 5A/12V - 4.8A/13V - 4.5A/14V - 4.2A/15V - 3.9A/16V - 3.5A/17V - 3.5A/18V - 3.3A/19V - 3.2A/20V - 3.1A/21V - 3.0A/22V - 2.9A/23V - 2.9A/24V - 79,00€

Coffrets métalliques

Dimensions en cm - HxLxProf
Face arrière et avant aluminium, coté tôle
LC630 6x10x13,2 15,00€
LC640 6x15x13,2 16,00€
LC650 6x20x13,2 16,00€
LC660 6x25x13,2 19,00€
LC730 8x10x13,2 16,00€
LC740 8x15x13,2 17,00€
LC750 8x20x13,2 21,00€
LC760 8x25x13,2 23,00€
LC830 8x10x18 16,50€
LC840 8x15x18 18,50€
LC850 8x20x18 22,00€
LC860 8x25x18 22,50€
LC870 8x30x18 25,00€
LC930 10x10x18 17,00€
LC940 10x15x18 20,00€
LC950 10x20x18 23,50€
LC960 10x25x18 24,50€
LC970 10x30x18 28,50€
LC1030 12x15x22 25,50€
LC1040 12x20x22 28,00€
LC1050 12x25x22 34,00€
LC1060 12x30x22 39,00€
LC1070 12x35x22 43,00€
Tout aluminium
80105 8x10,5x15 15,50€
80155 8x15,5x15 18,00€
80255 8x25,5x15 27,00€
8565 5,5x6,5x8,5 9,60€
85105 5,5x10,5x8,5 10,55€
85155 5,5x15,5x8,5 13,00€
8520

UNE CATHODE, UNE ANODE ET PLEIN DE GRILLES EN PLUS...



Derrière l'écran du RADIO CITY de New York en 1929... Huit pavillons Western Electric « 15A » étaient boustés par quatre amplificateurs Western « 41 » de 20 watts chacun !... Les cinq mille spectateurs ravis purent entendre parfaitement pour la première fois Al Johnson dans *Le chanteur de jazz*

Une triode, c'est beau, c'est simple, c'est rigolo et au fond, cela fonctionne pas mal du tout !.... On aurait pu en rester là, mais l'être humain est ainsi fait, il lui en faut toujours plus... La triode était à peine créée que l'on commença à lui trouver tous les défauts de la terre.

I faut bien dire, à la décharge de nos ancêtres électroniciens (on peut parler « d'ancêtres », la triode a plus de cent ans maintenant !), qu'ils n'avaient pas tout à fait tort.

LES DÉFAUTS DE LA TRIODE

Tout d'abord, le défaut de la triode réside dans son faible coefficient d'amplification : (μ). Nos triodes modernes atteignent des (μ) maximum de 100, ce qui n'était pas le cas à l'aube de la radio où (μ) était bien plus faible.

Ensuite, figurent les capacités parasites et surtout la valeur très élevée, en particulier de la capacité dite « Miller » qui multiplie la valeur de la capacité grille/anode par le coefficient d'amplification du circuit, ce qui s'écrit :

$$C = C_{ga} (1 + |A|) \text{ (voir Led n°182).}$$

Vous avez d'ailleurs pu constater l'effet des capacités parasites sur le petit montage d'essai que vous avez réalisé avec nous dans les derniers numéros de *Led* (n°181 et 182). L'importante chute dans les fréquences élevées ultrasonores dont on peut s'accommoder en BF est abso-

DE LA TRIODE À LA PENTODE

lument intolérable en HF.

Le troisième défaut de la triode est dû à sa constitution même. Le tube est entièrement tributaire de la tension d'alimentation, donc du courant qui va le traverser. Ceci aura par conséquent une forte influence sur sa pente, sa résistance interne, et donc sur le gain global du circuit.

De plus, pour « faire » de la puissance, le courant maximum que peut délivrer une triode est directement proportionnel à sa tension d'alimentation. Son coefficient d'amplification doit être faible et sa pente élevée (pas trop !) afin de diminuer sa résistance interne car :

$$\mu = \rho \cdot S \quad \text{d'où } \rho = \frac{\mu}{S}$$

ρ : en ohms et S : en mA/volt

Pour exemple, la célèbre 300B présente une résistance interne de 700 Ω , pour une pente de 5,5 mA/volt et un coefficient d'amplification (μ) de 3,85.

La non moins célèbre 845 présente une résistance interne de 1 700 Ω pour une pente de 3,10 mA/volt et un coefficient d'amplification de 5,27.

Si vous nous avez suivi depuis le début, vous comprendrez aisément que pour obtenir un coefficient d'amplification aussi faible, il faut que la grille de commande soit placée assez loin de la cathode. Comme il est nécessaire d'avoir une tension élevée sur l'anode, la tension négative sur la grille de commande (afin de tenir d'une main de fer les électrons groupés dans la charge d'espace) doit être très élevée.

Pour une 300B alimentée sous 400 volts, la tension négative de grille doit être d'environ -90 volts pour que le tube fonctionne en classe A avec une charge de l'ordre de 3 000 Ω à 3 500 Ω . La puissance utile sera de l'ordre de 10 W pour un taux de distorsion de 10 %.

Pour une 845 alimentée sous 1 000 volts, la tension négative de grille doit être de -145 volts pour que le tube fonctionne en classe A avec une charge de l'ordre de 6 000 Ω . La puissance utile sera de 25 W pour un taux de distorsion de 5 %.

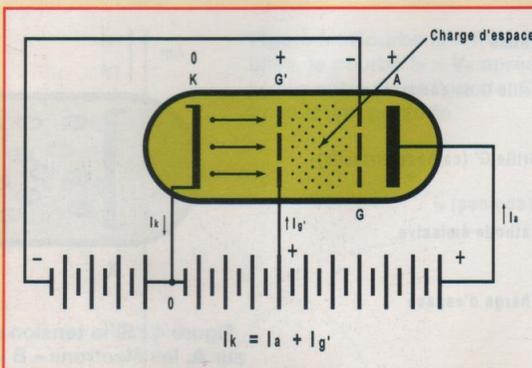


Figure 1 : Disposition schématique de la bi-grilles de Langmuir. G' portée à un potentiel positif accélère les électrons émis par la cathode K. Ceux-ci s'accumulent entre G' et G portée à un potentiel négatif. La charge d'espace est alors très importante. Tout se passe comme si on avait augmenté la surface de la cathode émissive. La grille G' est appelée « cathode virtuelle »

Vous comprenez fort bien qu'avec de telles tensions de polarisation, il est extrêmement difficile de bien « driver » des triodes de puissance.

Jusqu'en 1930, la situation semblait bloquée. En ce temps-là, le cinéma parlant faisait une entrée fracassante et pour sonoriser les énormes vaisseaux de 3 000 à 5 000 places, qui étaient monnaie courante en cette époque bénie où le cinéma était encore considéré comme un spectacle de supermarché, il fallait de la puissance. On avait bien essayé « d'assaisonner » les triodes à toutes les sauces, y compris le push-pull, mais on ne s'en sortait pas à cause de toutes les limitations évoquées plus haut.

Les constructeurs avaient déployé des efforts considérables car la radio était née. L'audio profita à l'époque des tubes d'émission, mais dépasser 20 watts avec un rendement déplorable demandait un effort énorme.

La Western Electric osa ! Les amplificateurs 41, 42 et 43A (de 1927 à 1936) pesaient pas moins de 200 kg !... Ils utilisaient un push-pull de 211 (la sœur HF de la 845) « drivé » par un ampli de puissance à triodes utilisant des 205 ou des 300B. Une autre paire de 211 était utilisée comme redresseuse !... Ce monstre délivrait l'énorme puissance de 20 watts pour une bande passante de 50 Hz à 10 kHz. Il en fallait quatre pour sonoriser la Radio City de New York dont les huit énormes pavillons 15A (115 dB d'efficacité) couvraient toute la largeur de l'écran (voir photo).

Quant à la radio, l'émission demandait des fréquences de plus en plus élevées, ce satané effet Miller bloquait tout le monde. Il fallait trouver quelque chose de toute urgence. Les Britanniques trouvèrent la solution : la première tétrode, la 8825, fut commercialisée en 1927 par la GEC. Les Américains suivirent en 1928 avec la série 22. En France, la première tétrode fut lancée en 1928 par Philips : la A442. Mais il nous faut remonter un peu en arrière pour bien comprendre la tétrode, puis la pentode, et enfin la reine des tubes de puissance audio : la tétrode à faisceaux dirigés.

UNE GRILLE EN PLUS ? POURQUOI PAS !

Le premier qui en eut l'idée portait pour nom Langmuir (encore lui !) en 1913, aux Etats-Unis.

À l'époque, le problème n'était pas l'effet Miller, mais le gain minable des tubes triodes dont l'alimentation ne pouvait pas dépasser quelques dizaines de volts, car à cette époque on ne savait pas fabriquer de la haute tension, on utilisait des batteries.

L'idée fut la suivante : si l'on introduit une grille près de la cathode et qu'on la porte à une tension positive, les électrons vont être « accélérés » par cette grille. En plaçant la grille de commande polarisée négativement entre cette grille et l'anode, les électrons vont être freinés et s'accumuler dans l'espace compris entre la grille accélératrice et la grille de commande (figure 1). Cette nouvelle charge

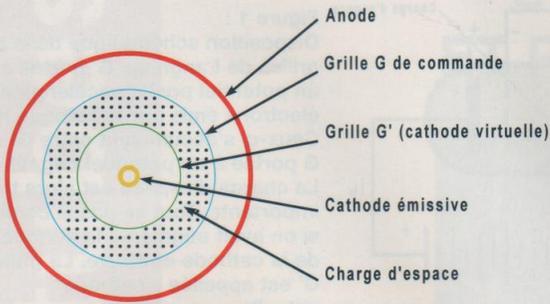


Figure 2 : Coupe verticale d'une bi-grilles

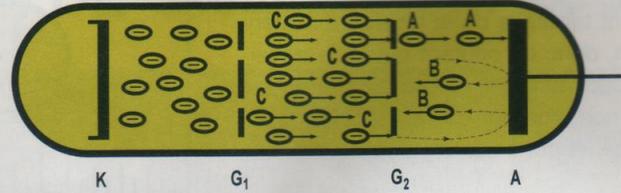


Figure 4 : Si la tension sur G2 est égale ou supérieure à la tension sur A, les électrons « B » ne peuvent atteindre l'anode et retournent vers G2. Les électrons « C » rejoindront directement G2.

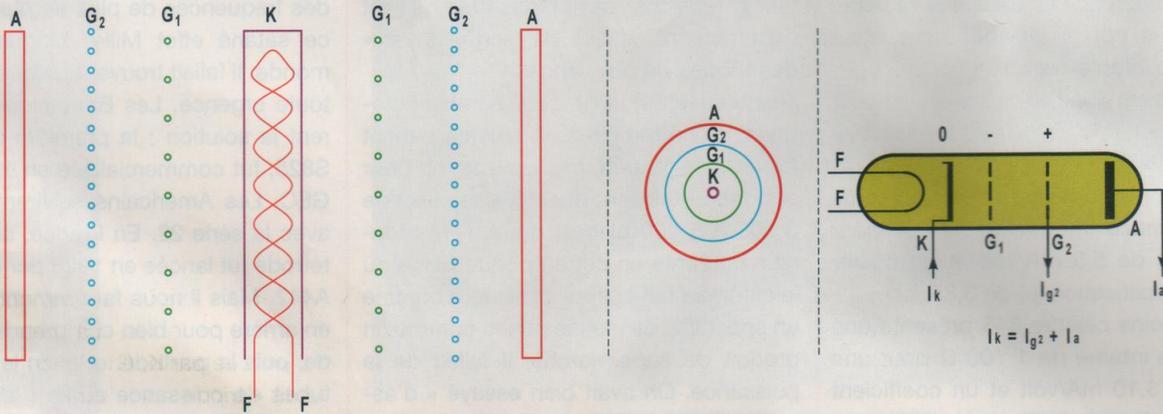


Figure 3 : Vue en plan et coupe d'une tétrode

d'espace est bien plus importante que celle qui serait produite directement par la cathode si le tube était une triode ordinaire, car le volume occupé par les électrons est bien plus important (figure 2). La grille « accélératrice » est appelée « cathode virtuelle ».

On avait ainsi réglé un problème important à l'époque : une tension très faible d'anode (de 5 à 20 volts) permettait de faire fonctionner le tube avec un coefficient d'amplification relativement important. On pouvait enfin amplifier les faibles signaux captés par une antenne de radio avec un rendement correct. Les fréquences d'émission de l'époque étant très basses, le problème des capacités parasites ne tracassait pas particulièrement les pionniers, car la bi-grilles ne résolvait aucunement le problème, bien au contraire !... La grille G de commande étant plus près de l'anode, la capacité

anode/grille grimait d'autant. Je vous rassure tout de suite, la « bi-grilles » n'existe plus de nos jours, bien qu'elle fût remise à la mode dans les années cinquante (avec des procédés modernes) afin de faire fonctionner les tubes avec des tensions de 6 ou 12 volts pour les autoradios. Pourquoi diable avoir parlé de ce tube obsolète ? Tout simplement pour vous faire comprendre la notion de « cathode virtuelle » qui nous servira à comprendre le fonctionnement de la tétrode et de la pentode.

DE LA BI-GRILLES À LA TÉTRODE

Bien que la bi-grilles ait augmenté le coefficient d'amplification du tube, tout en réduisant la résistance interne et en augmentant la pente, il faut bien avouer qu'elle eut peu de succès. Schottky, en

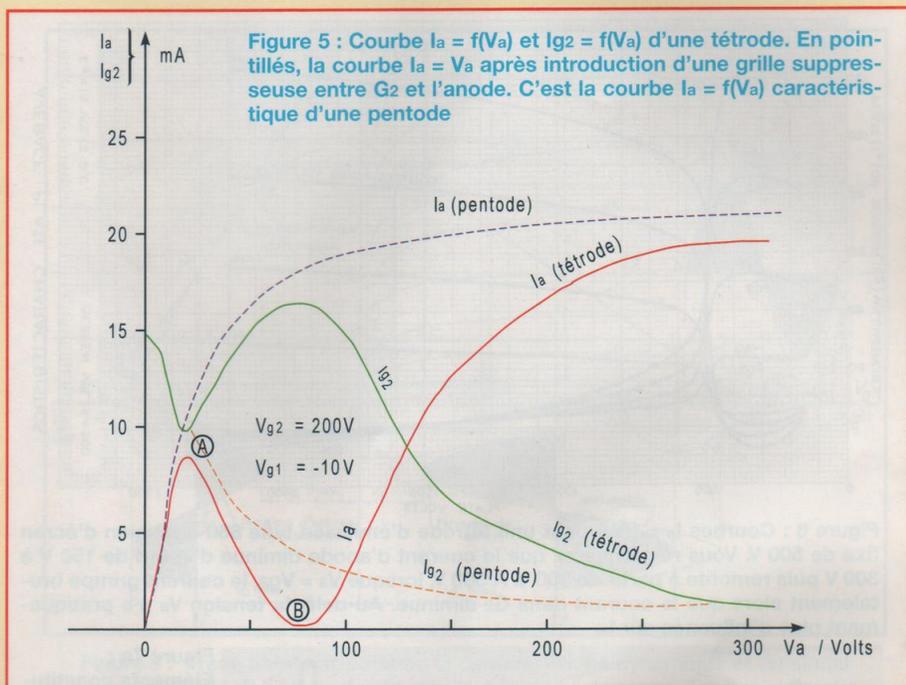
Allemagne, la perfectionna pendant la guerre de 14/18 dans le dessein d'augmenter la sensibilité des récepteurs radio utilisés sur les champs de batailles et alimentés par des batteries. Pendant ce temps, la triode se perfectionnait, les cathodes fournissaient de plus en plus d'électrons à la charge d'espace, la technique du vide était de mieux en mieux maîtrisée... Mais les fréquences d'émission montaient, montaient... Et vlan ! on se heurta de plein fouet aux capacités parasites et à l'effet Miller !... On essaya de trouver des solutions, tant mécaniques dans la construction des tubes, qu'électroniques dans l'étude des circuits, le « neutrodynage » étant le plus connu (nous en parlerons dans l'étude des circuits). Jusqu'à ce que Schottky eût une idée de génie. Puisque la capacité anode/grille est la plus gênante, essayons d'isoler le circuit d'anode du

DE LA TRIODE À LA PENTODE

circuit de grille sans empêcher les électrons de rejoindre l'anode. La solution fût une grille qui se comporterait comme un « écran » entre l'anode et la grille de commande. Schottky reprit la vieille bi-grilles et au lieu d'utiliser la grille G' comme grille accélératrice, il la polarisa négativement comme une triode classique et il appliqua sur G2 une tension positive... Cela fonctionna du premier coup : il avait créé un écran électrostatique entre l'anode et la grille. En fait, une tétrode c'est une triode dont la position de l'écran par rapport à l'anode crée une cage de Faraday qui élimine toute action électrostatique entre la grille de commande et l'anode. La GEC anglaise reprit les travaux de Schottky et commercialisa la première tétrode en 1927. Sachez que la tétrode dans sa forme originale (figure 3) n'est plus ni fabriquée ni utilisée de nos jours, mais l'étude succincte de son fonctionnement va vous permettre de comprendre la pentode et enfin la tétrode à faisceaux dirigés que vous utilisez quotidiennement dans vos amplis de puissance.

LE FONCTIONNEMENT DE LA TÉTRODE

Tout d'abord, pourquoi « tétrode » ? Tout simplement parce qu'elle possède quatre électrodes actives : la cathode, la grille de commande, la grille écran et l'anode (figure 3). Son fonctionnement est facile à comprendre. La grille écran G2 est constituée par un enroulement hélicoïdal au pas relativement serré. Tout se passe dans le tube comme si la grille écran se comportait comme l'anode d'une triode simple (K, G1, G2), car la grille de commande ne « voit » que la grille écran portée à un potentiel positif. Tout se passe alors comme dans une triode, les électrons groupés dans la charge d'espace entre la cathode et la grille de commande G1 sont contrôlés par cette dernière et se précipitent vers l'écran G2. Mais comme l'écran est une grille, emportés par leur élan, ils passent



à travers les mailles de cette dernière et là, ils se trouvent devant l'anode portée à un potentiel plus élevé que l'écran. Ils sont accélérés une seconde fois et rejoignent l'anode. Certains électrons heurtent les mailles de la grille écran et donnent naissance au courant d'écran I_{g2} . Le courant total I_k est la somme des courants I_{g2} et I_a . Ce qu'il faut retenir ce sont les points suivants :

- 1 - Ce n'est plus la tension d'anode qui contrôle le courant dans le tube.
- 2 - C'est la grille écran qui puise dans la charge l'espace et non plus l'anode.
- 3 - Les variations de courant dans le tube dépendent essentiellement de la tension fixe de l'écran et de la tension variable de la grille de commande G1.
- 4 - La tension sur G2 étant maintenue rigoureusement constante, la grille isole parfaitement l'anode de la grille de commande, il n'y a pratiquement plus d'influence de la capacité anode/grille et donc de l'effet Miller.

Nous n'entrerons pas dans l'étude théorique de la tétrode qui sortirait du cadre de nos causeries (méthode de Barkhausen), mais sachez qu'une tétrode (ceci est vrai aussi pour la pentode)

peut être assimilée à deux triodes montées en cascade. La première serait constituée par K, G1, G2, que l'on appellerait « triode équivalente ». Cette triode aurait un gain (μ_1), une pente (S_1) et une résistance interne (p_1), ce serait une honnête triode !

La seconde serait constituée par une « cathode fictive » confondue avec une grille G2 et une anode A. Cette seconde triode aurait, elle aussi, un coefficient d'amplification (μ_2), une pente (S_2) et une résistance interne (p_2).

Sachez que le coefficient d'amplification effectif d'une tétrode est :

$$\mu = \mu_1 \cdot \mu_2$$

Le coefficient d'amplification d'une tétrode atteint facilement 1 000 à 2 000, alors que la simple triode n'atteint, dans le meilleur des cas, que 100.

En dehors du coefficient d'amplification élevé, le plus spectaculaire est l'importante diminution de la capacité grille/anode qui est divisée dans un rapport de 1 000 par rapport à la triode, et ceci grâce à l'effet « cage de Faraday » de la grille écran.

Premier revers de la médaille, là où l'un des avantages de la triode (surtout les

ET SI ON PARLAIT TUBES...

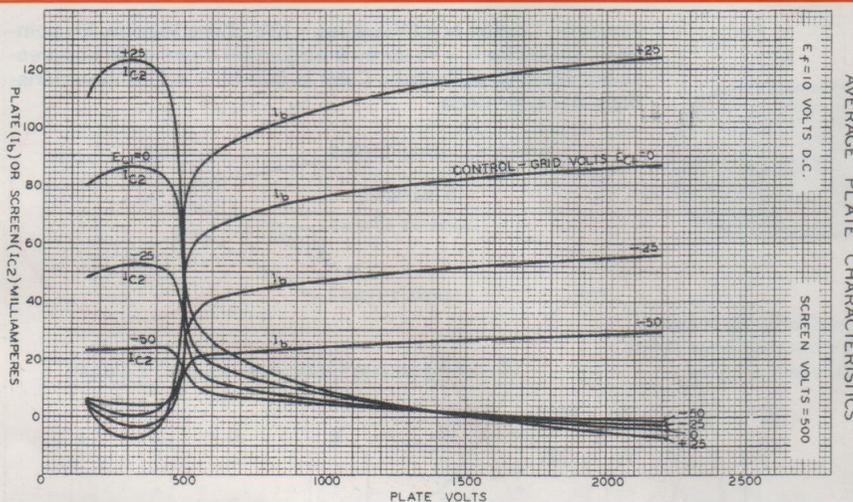


Figure 6 : Courbes $I_a = f(V_a)$ pour une tétrode d'émission type 860 à tension d'écran fixe de 500 V. Vous remarquerez que le courant d'anode diminue d'abord de 150 V à 300 V puis remonte à partir de 300 V. A 500 V, lorsque $V_a = V_{g2}$, le courant grimpe brutalement alors que le courant dans G_2 diminue. Au-delà, la tension V_a n'a pratiquement plus d'influence sur I_a .

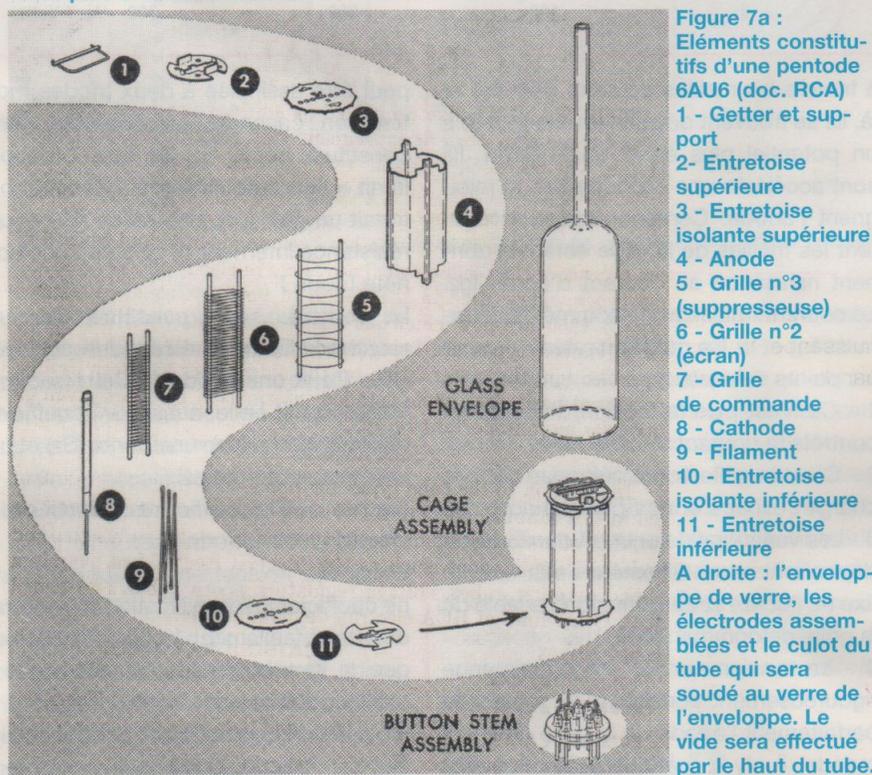


Figure 7a :
Éléments constitutifs d'une pentode 6AU6 (doc. RCA)
1 - Getter et support
2 - Entretoise supérieure
3 - Entretoise isolante supérieure
4 - Anode
5 - Grille n°3 (suppresseuse)
6 - Grille n°2 (écran)
7 - Grille de commande
8 - Cathode
9 - Filament
10 - Entretoise isolante inférieure
11 - Entretoise inférieure
A droite : l'enveloppe de verre, les électrodes assemblées et le culot du tube qui sera soudé au verre de l'enveloppe. Le vide sera effectué par le haut du tube.

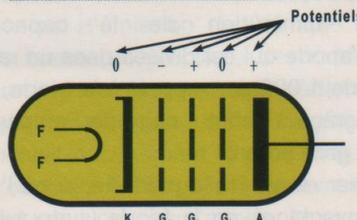


Figure 7b :
Représentation schématique d'une pentode. La grille suppressive G_2 doit se trouver au potentiel de la cathode (potentiel zéro). Elle est souvent réunie directement à cette dernière à l'intérieur même du tube.

triodes de puissance) était sa résistance interne faible, dans le cas de la tétrode (c'est aussi le cas pour la pentode), sa résistance interne grimpe à des valeurs très élevées, car la formule :

$$\mu = \rho \cdot S$$

est toujours applicable. La pente, elle, reste à peu près identique à celle d'une triode afin de maintenir l'égalité.

Si on trace la courbe $I_a = f(V_a)$ pour $V_{g1} = cte$ et $V_{g2} = cte$, on obtiendra le tracé de la figure 5. On voit nettement ce « crochet » caractéristique des tétrodes : le courant d'anode commence à croître de 0 à A, puis soudain le courant « la » diminue au fur et à mesure que la tension croît de A à B : c'est « l'effet Dynatron ». On dit que l'on entre dans une zone de résistance négative, car en effet plus la tension augmente, plus le courant diminue. Tout se passe comme si la résistance du circuit diminuait avec la tension (cet effet est employé dans certains montages qui, je vous rassure, ne concernent pas l'audio !).

Ce crochet dans la caractéristique $I_a = f(V_a)$ rend le tube pratiquement inutilisable avec des tensions normales. En effet, ce n'est qu'à partir du moment où la tension « V_a » est très supérieure à la tension « G_2 » que le tube devient utilisable. C'est pour cette raison que les tétrodes pures n'ont été employées qu'en émission de forte puissance avec des tensions de plusieurs milliers de volts (figure 6). Cette utilisation ne fut d'ailleurs que temporaire, les tétrodes furent vite reléguées au magasin des accessoires, détrônées par les pentodes et surtout, dans le cas des tubes d'émission et de puissance, par les tétrodes à faisceaux dirigés.

LA PENTODE

Cet effet Dynatron rendant la tétrode difficilement utilisable avec des tensions de plaque raisonnables, il fallait trouver une solution. Elle fut trouvée en Europe par Philips dès 1929. Le raisonnement fut le suivant : puisque les électrons ont tendance à revenir vers la grille écran,

DE LA TRIODE À LA PENTODE

empêchons-les !... Oui, mais comment ? Tout simplement en intercalant une grille supplémentaire entre l'écran et la plaque. Cette grille portée au même potentiel que la cathode doit avoir un pas suffisamment large pour laisser passer les électrons circulant à grande vitesse vers la plaque sans trop les freiner. En outre, cette grille va être un vrai barrage pour certains électrons arrachés à l'anode sous la violence des chocs. C'est ce que l'on appelle « l'émission secondaire ». Ces électrons lents, qui auraient eu tendance à se diriger vers l'écran, vont retourner sagement vers l'anode qu'ils n'auraient jamais dû quitter. Cette grille supplémentaire est appelée « grille supresseuse » (figure 7). Victoire !... On tenait enfin le tube idéal. Sa résistance interne est très élevée (de l'ordre du mégohm) son gain est énorme (4000 à 6000 pour une EF 86). La capacité grille de commande/anode est près de mille fois inférieure à celle d'une triode équivalente, on peut enfin amplifier des fréquences de plusieurs centaines de mégahertz (le gigahertz est atteint en 1938). Quant à l'amplification en puissance, les Américains prennent le train en route et sortent la UX247 en juin 1931 qui devient la célèbre 47. La triode de puissance est détrônée et des millions de postes de radio de par le monde n'utiliseront plus que ces pentodes si faciles à « driver » et au rendement élevé. Pour exemple, à l'époque, une triode 2A3 demandait une tension de 40 volts crête à crête pour obtenir avec une haute tension de 250 volts une puissance de 3 watts dans une charge de 2 500 Ω (courant 60 mA). Une 47 n'exigeait plus pour obtenir la même puissance qu'une tension de 16 volts crête à crête dans une charge de 7 000 Ω avec un courant de 37 mA, soit près de la moitié. Si vous vous reportez à la figure 5, nous avons représenté en pointillés la courbe $la = f(V_a)$ d'une pentode. Comme vous pouvez le constater le crochet « Dynatron » a complètement disparu, le courant I_{g2} descend régulièrement et se stabilise.

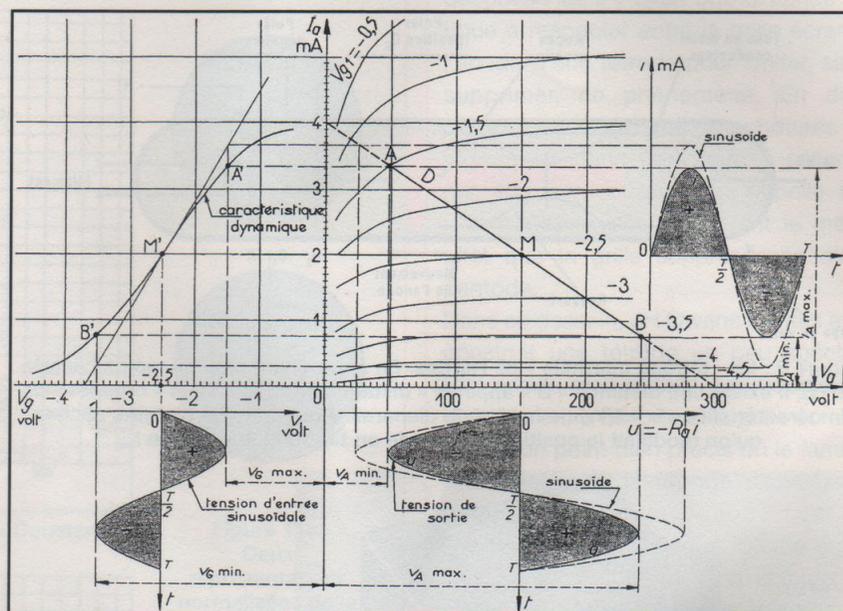


Figure 8 : Tracé point par point de la caractéristique dynamique et du signal de sortie (EF86). D : droite de charge. M, M' : point de repos. Tension de sortie crête à crête : 278 V - 48 V = 230 V. Amplification : 115. Les sinusoides en pointillés sont obtenues en remplaçant la caractéristique dynamique, A', M', B' par sa tangente en M'. Observez que la distorsion aplattit les deux alternances. H3 dominant

UTILISATION DE LA PENTODE

On n'utilise plus du tout la pentode de puissance en audio, elle a été détrônée par la tétrode à faisceaux dirigés, on verra plus loin pour quelle raison.

En revanche, la pentode en amplification de tension reste un tube remarquable et injustement oublié, la EF86 en particulier qui est le tube audio par excellence.

Nous étudierons en détails la mise en œuvre des pentodes lorsque nous étudierons les circuits. Nous avons reproduit figure 8 le réseau de caractéristiques d'une EF86. Sachez cependant dès aujourd'hui que :

- 1 - La droite de charge se place sur le réseau de caractéristiques exactement comme pour une triode.
- 2 - Pour une triode, la charge optimale ne devait pas être inférieure à trois fois la résistance interne. Pour une pentode, c'est exactement l'inverse : la charge maximale doit être environ égale au 1/10^e

de la résistance interne. Ceci est dû à la forme caractéristique du faisceau $la = f(V_a)$ à V_{g1} et $V_{g2} = cte$. Si vous observez la figure 8 sur laquelle nous avons tracé la droite de charge A/B, vous comprendrez aisément que si la résistance de charge augmentait, la droite s'inclinerait vers l'axe O/ V_a , la courbe de transfert B'M'A' prendrait une allure en « S » encore plus accentuée. La distorsion globale d'une pentode montée dans un circuit, à gain égal avec un circuit triode équivalent, est bien moins importante, bien que constituée essentiellement d'harmoniques impairs.

3 - Une pentode ne peut fonctionner correctement qu'à une seule condition : **sa tension d'écran doit être rigoureusement fixe.**

LA TÉTRODE À FAISCEAUX DIRIGÉS

Il fallait comprendre le fonctionnement des tétrodes et pentodes classiques pour aborder enfin la tétrode à faisceaux

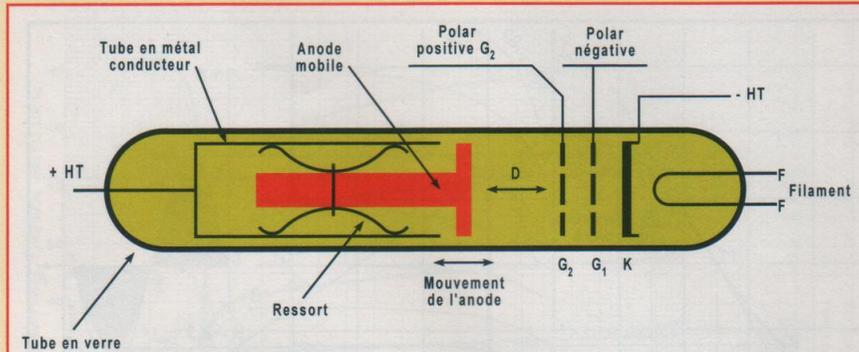


Figure 9 : La « tétrode infernale » de Harrier. En approchant plus ou moins l'anode de G₂, il existe une distance « D » appelée « distance critique » où le « crochet » de la caractéristique $i_a = f(V_a)$ de la tétrode disparaît. Pour la petite histoire, sachez qu'on modifiait la position de l'anode en tapotant sur le tube !...

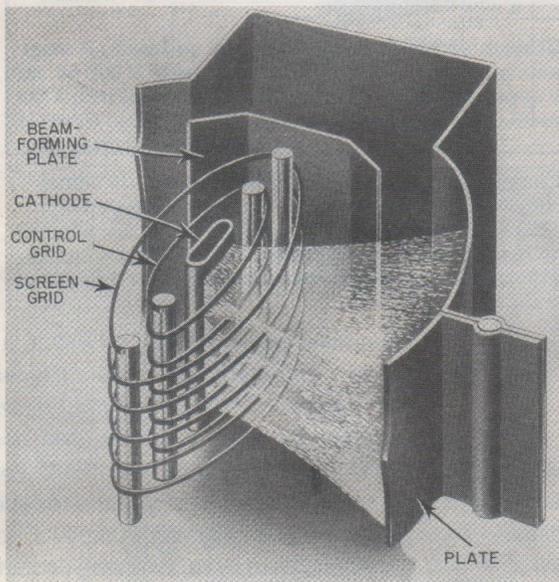


Figure 10 : Représentation « artistique » de ce qui se passe à l'intérieur d'une triode à faisceaux dirigés (document RCA). Les petits points blancs sont censés être les électrons canalisés par la « beam forming plate » (en français : « électrode de concentration »). Remarquer la forme oblongue de la cathode.

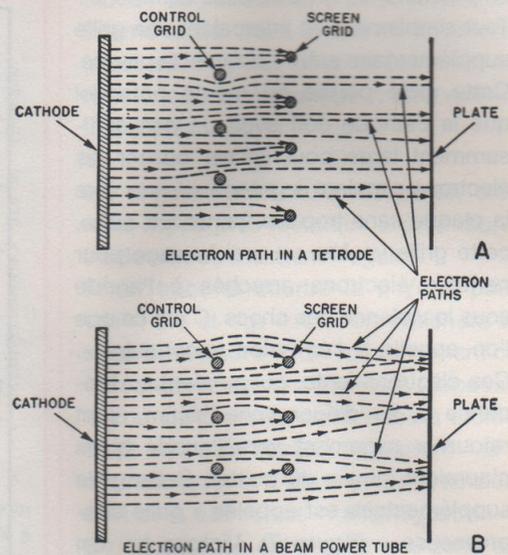


Figure 10c

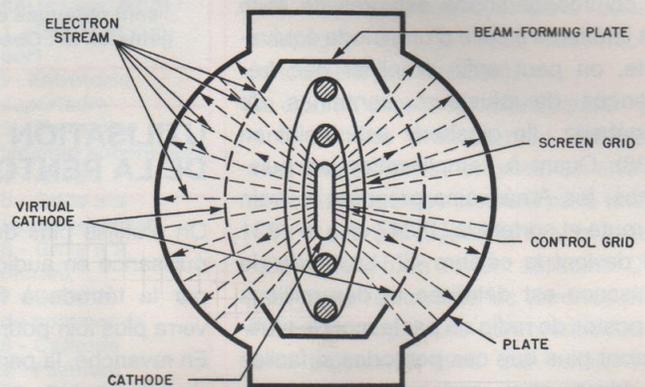


Figure 10b : Représentation schématique d'une tétrode à faisceaux dirigés (document RCA). Sur ce dessin, a été représenté en pointillés l'emplacement de la « cathode virtuelle ».

dirigés. Ce tube demande une infernale précision dans sa construction et bien des différences dites « subjectives » tiennent à la rigueur d'assemblage de ce tube. Et pourtant, malgré les difficultés, lorsque l'équipe de Shade à la RCA présenta la « maman » de toutes les tétrodes à faisceaux dirigés en 1936, la 6L6, ce fut une véritable révolution. Le tube de puissance quasi parfait était né et soixante ans après il est loin d'être détrôné. Toutes les tétrodes à faisceaux dirigés

construites durant ces soixante années ont suivi le gabarit de Shade qui reste le même quelle que soit la puissance du tube. Les puissantes KT88, 6550, KT90, KT99 ne sont que des super 6L6. La 6L6 elle-même a donné naissance à une lignée incroyable de près de cent références dont les célèbres KT66, 5881, 7581... Soixante-quatre années après sa création, la tétrode à faisceaux dirigés est loin d'être obsolète et si, en audio, l'utilisa-

tion des tubes doit perdurer, il y a gros à parier qu'une fois la mode des triodes de puissance passée, seules les tétrodes à faisceaux dirigés resteront en lice pour encore soixante ans. Peut-être... Nous sommes en 1934, les pentodes de puissance ont révolutionné l'audio. Cependant à la RCA, Shade et son équipe n'étaient pas satisfaits, la pentode avait plein de défauts. Son taux de distorsion était beaucoup plus faible que celui d'une triode à puissance égale,

DE LA TRIODE À LA PENTODE

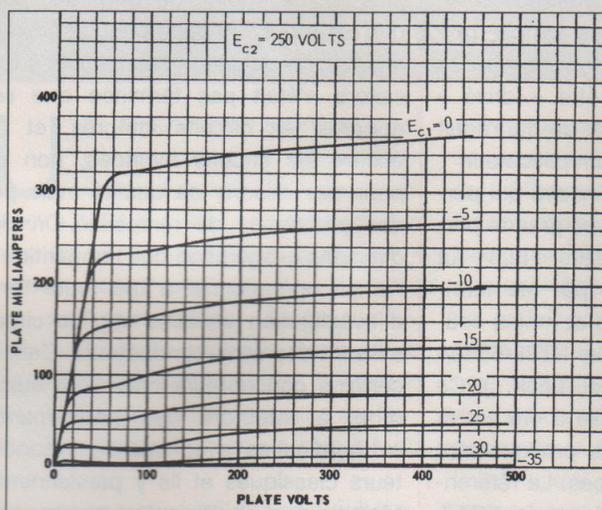


Figure 11a : Caractéristiques $I_a = f(V_a)$ à $V_{g1} = \text{Constante}$ et $V_{g2} = 250$ volts de la 6550s

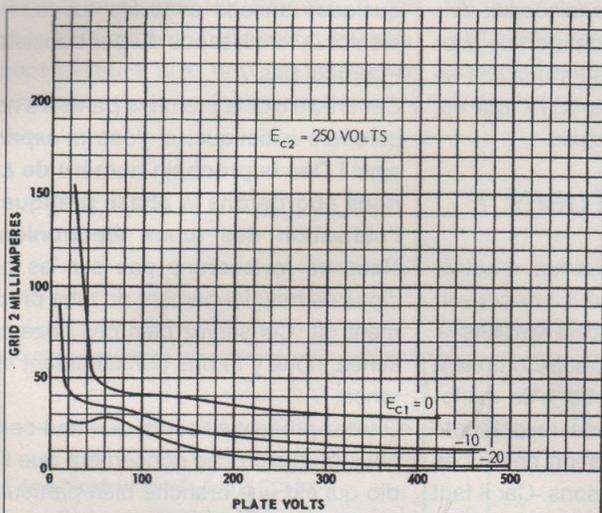


Figure 11b : Courant de la grille G2 maintenu à une tension constante de 250 volts en fonction de V_a et V_{g1}

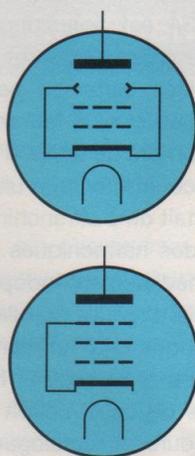


Figure 11c : Deux représentations normalisées de la tétrode à faisceaux dirigés. Dans une tétrode à faisceaux dirigés le « supprimeur » est toujours relié intérieurement à la cathode.

mais essentiellement constitué d'harmoniques 3. D'autre part, Shade constata que le pas de la grille écran et celui de la grille de commande étant différents, certains électrons avaient tendance à aller frapper directement l'écran et ne rejoignaient pas l'anode. Ces électrons-là étaient donc perdus et ne servaient qu'à augmenter le courant d'écran qui s'échauffait au détriment du rendement du tube. En allant plus loin, il constata que les électrons, qui comme chacun sait sont des « êtres fantasques », suivaient parfois des trajectoires bizarres,

contournant les grilles, sautant par-dessus les isolants, s'aventurant là où ils n'auraient jamais dû aller ! L'équipe de la RCA était convaincue qu'un tube idéal restait à créer, un tube au rendement égal ou supérieur à celui de la pentode, aussi facile à « driver » que cette dernière, mais qui aurait les mêmes qualités que la triode en terme de distorsion harmonique, donc de caractéristique de transfert.

Pendant ce temps, JH Owens Harries, en Grande-Bretagne, avait étudié à fond le problème de l'émission secondaire et

découvert qu'il y avait une distance critique à respecter entre la grille écran et l'anode d'une tétrode pour limiter, sinon supprimer, ce phénomène. En deux mots : les électrons secondaires se regroupent dans une zone à potentiel nul, formant ce que l'on appelle une « cathode virtuelle » et ayant le même effet que la grille supprimeuse d'une pentode.

Dans ce dessin, JH Owens Harries avait construit une tétrode un peu spéciale. Son anode était mobile. En modifiant la distance entre l'anode et la grille écran, il y avait un point bien précis où le fameux « crochet » de la tétrode disparaissait (figure 9).

Dans le plus grand secret, Shade entreprit de modifier la 48 sans changer sa référence afin de ne pas éveiller les soupçons de la concurrence. Tout d'abord, il donna à la grille écran le même pas que celui de la grille de commande afin de limiter le courant de cette dernière, puis il plaça la plaque à la distance critique. Soudainement, en 1935, l'idée de génie. Puisque les électrons ont tendance à s'échapper dans tout l'espace contenu entre les électrodes, forçons ces farfelus à suivre une voie étroite et un sens unique. Plaçons à la hauteur de la cathode virtuelle deux plaques de concentration portées au potentiel de la cathode, lesquelles seront une véritable barrière et forceront les électrons à suivre un faisceau dense et dirigé. La tétrode à faisceaux dirigés était née (figure 10).

La première 6L6 fut lancée en 1936, et se révéla une véritable bombe. En moins d'un an, elle balaya les dernières triodes qui étaient encore utilisées pour le « son de qualité ». Le pari de Shade était tenu. Le taux de distorsion d'une tétrode à faisceaux dirigés à puissance égale est bien plus faible que celui d'une triode mais est constitué, comme pour cette dernière, essentiellement d'harmoniques pairs. En push-pull, deux 6L6 permettaient d'obtenir en classe AB1 25 watts, avec une haute tension de l'ordre de 350 volts et une tension d'attaque crête

à crête de 45 volts seulement, là où il fallait quatre 2A3 alimentées sous 300 volts, avec une tension d'attaque de plus de 120 volts crête à crête. Quant aux 211 employées par la Western, elles fonctionnaient sous plus de 1 000 volts, avec une tension d'attaque de l'ordre de 200 volts crête à crête.

UTILISER LES TÉTRODES À FAISCEAUX DIRIGÉS

Rassurez-vous, nous étudierons en long, en large et dans tous les sens, l'art et la manière d'utiliser les tétrodes à faisceaux dirigés lorsque nous étudierons les circuits de puissance. Sachez simplement aujourd'hui que, comme pour les pentodes, la stabilité de la tension de l'écran est primordiale... sauf si le tube est utilisé en ultra linéaire ! Ne vous inquiétez pas, nous verrons tout cela. En **figure 11**, vous trouverez les caractéristiques $I_a = f(V_a)$ à V_{g1} et $V_{g2} = \text{constante}$ de la célèbre 6550A/KT88, ainsi que sa représentation schématique.

Avant de nous quitter, il nous faut encore parler d'une série de tubes très utilisés en audio : les fausses vraies pentodes.

LES FAUSSES VRAIES PENTODES

Il faut attendre les années cinquante pour voir réapparaître les pentodes en audio : les célèbres EL84 et EL34. Ce sont de « vraies fausses pentodes » ou de « fausses vraies pentodes » au choix ! Pourquoi ? Tout simplement parce que la grille écran est, ici aussi, bobinée dans le même plan que la grille de commande et que la grille supprimeuse est placée exactement à la distance critique. Le résultat ? Un tube intermédiaire entre la tétrode à faisceaux dirigés et la vraie pentode, surtout en termes de distorsions. Lorsque Mullard lança l'EL34 fin 1953, ce fut essentiellement pour contourner le brevet RCA de la tétrode à faisceaux dirigés et surtout pour créer un tube concurrent de la KT88/6550A à

faible prix. En effet, la construction de l'EL34 est beaucoup plus simple que celle d'une 6550A et ce tube qui a des qualités certaines peut être « drivé » beaucoup plus facilement, ce qui réduit le nombre de tubes d'un amplificateur.

Grâce au montage ultra linéaire qui permettait de s'affranchir d'une grande partie des harmoniques impairs, l'EL34 fut immédiatement adoptée par les fabricants d'amplis populaires et moins coûteux que ceux utilisant des KT88/6550A (Marantz 8A, 8B, 9, Fisher, Leak...). Ce tube de construction facile a été et est toujours au catalogue de pratiquement tous les fabricants de tubes. La référence américaine de l'EL34 est la 6CA7. Sous certaines 6CA7, se cache en réalité une structure de tétrode à faisceaux dirigés, ce qui fait qu'elles sont particulièrement recherchées pour leurs qualités en audio. C'est le cas de la KT77 qui est devenue très rare et onéreuse.

ET LES AUTRES TUBES ?

C'est vrai, il existe beaucoup d'autres types de tubes. Du jour où fut découvert le principe de la « cathode virtuelle », sont nés les heptodes et autres tubes à multiples électrodes. Nous n'en parlerons pas car la finalité de la présente série de cours est l'utilisation des tubes pour la reproduction des sons. Car il faut bien le dire, malgré leurs défauts, les tubes restent aujourd'hui pratiquement imbattables dans le seul secteur de l'électronique qui nous passionne : l'audio.

La déferlante d'appareils à tubes proposés aujourd'hui à l'audiophile en constitue la preuve, surtout depuis l'apparition des sources numériques. Il faut, en effet, bien admettre que la plage dynamique et surtout ce que les Anglo-saxons appellent le « soft clipping », littéralement la « saturation en douceur » des tubes est pour l'instant irremplaçable. Je dis bien pour le moment, car les transistors n'ont pas dit leur dernier mot. Il leur est arrivé la même mésaventure qu'aux tubes, en

plus rapide (moins de vingt ans, alors que les tubes ont vécu près de soixante ans !). L'investigation des circuits à transistors n'était pas terminée que sont apparus les circuits intégrés, et pire encore les circuits hybrides, non pas pour des raisons de qualité mais pour des problèmes de rentabilité. On peut dire sans exagération que l'apparition de l'ampli opérationnel a tué toute forme d'investigation sérieuse sur les circuits utilisant des semi-conducteurs. Cela dit, certains concepteurs cherchent aujourd'hui à atteindre des performances extraordinaires avec des semi-conducteurs classiques et ils y parviennent... Mais ils sont seuls, isolés, comme nous l'étions nous-mêmes il y a encore quelques années avec les tubes. Pour bientôt la renaissance du pur transistor ? Pourquoi pas ?

Cet article clôt la première partie de notre parcours initiatique, si j'ose m'exprimer ainsi ! **Dès le prochain numéro de Led, nous aborderons la phase pratique de l'utilisation des tubes électroniques.** Nous ne reviendrons pas sur les principes de fonctionnement du tube proprement dit. Conservez bien ces onze causeries, nous y ferons constamment référence.

Gardez présent à l'esprit que tout ce que nous étudierons ne concernera que l'audio qui est une branche bien particulière de l'électronique générale : le tronc est commun, mais les applications en termes de circuits divergent souvent ! Par exemple, certains phénomènes dont il faut absolument tenir compte en haute fréquence nous laisseront froids comme le marbre, à nous qui nous occupons de basse fréquence. À l'inverse, d'autres phénomènes, dont les concepteurs de circuits haute fréquence se fichent éperdument, seront pour nous absolument cruciaux !

J'espère ne pas vous avoir trop ennuyé avec cette première partie et vous donne rendez-vous au prochain numéro de Led.

À bientôt
Rinaldo Bassi

DE LA TRIODE À LA PENTODE

RETOUR SUR NOTRE PRÉCÉDENTE CAUSERIE

Une malencontreuse erreur s'est glissée lors de la transcription du texte de notre dernière cours (*Led* n°183). Il a été écrit page 8 que tous les phénomènes dits « subjectifs » ne sont pas mesurables... Aïe!... Il fallait lire « **sont mesurables** ». Ce qui signifie, bien entendu, le contraire exact de ce qui a été transcrit. *Errare humanum est...* Cette erreur bien humaine me permet cependant de préciser plus à fond cette idée...

Il existe en audio une masse de phénomènes qui semble, à première vue, défier le bon sens. Par exemple, le son bizarre de certains préamplificateurs ou amplificateurs aux taux de distorsion harmonique et d'intermodulation à

peine mesurables ou, à l'inverse, ces appareils aux performances modestes qui diffusent des sons d'une qualité incontestable.

Dans tous les cas, ces phénomènes sont mesurables et quantifiables. Ceci demande parfois des procédures de mesures complexes et difficiles à mettre en œuvre, mais une fois que la cause du phénomène a été cernée et définie, plus rien n'empêche de la mesurer. Il faut savoir que l'électronique et l'acoustique sont des sciences exactes et qu'aucun phénomène miraculeux ou incantatoire n'intervient dans le résultat final. L'électronique audio et l'électroacoustique doivent traiter des signaux extrêmement complexes, bien loin des sages sinusoïdes et autres

signaux rectangulaires qui sont la base de la majorité des essais classiques.

Par exemple, atteindre une bande passante à tomber à la renverse est une satisfaction fabuleuse pour le créateur du circuit, mais ce dernier a-t-il songé aux distorsions d'intermodulation « transitoires » qui vont inmanquablement apparaître justement à cause de cette bande passante trop large ?... Distorsion d'intermodulation « transitoire », dites-vous ? Eh oui ! Elle existe, elle est redoutable et qui plus est extrêmement difficile à mesurer !... C'est pour cela que personne n'en parle... Nous, nous en parlerons dans nos prochains articles et apprendrons à la « museler »... Du moins, je l'espère !

SERVICE CIRCUITS IMPRIMÉS

Support verre époxy FR4 16/10 - cuivre 35 µm

Circuits professionnels Kappa Industries

	Qté	Circuits percés et étamés Prix	Total
* Amplificateur Single End à ECL86			
- Carte amplificatrice (2 voies)		12,50 €	
- Carte alimentation		6,10 €	
* Préampli à triodes 5725 (pour home cinéma)			
- Carte à trous métallisés		125,00 €	
* Amplificateur pour écoute au casque			
- Carte de base		28,00 €	
- Carte ECC99		5,70 €	
- Carte 12DW7		3,20 €	
- Carte redresseur		3,60 €	
* Analyseur audio à 16 voies			
- Carte affichage		9,50 €	
- Carte filtres 8 voies (à trous métallisés)		14,00 €	

Frais de port et emballage 1,60 €
Total à payer €

NOM :

PRÉNOM :

N° : RUE

CODE POSTAL :

VILLE :

Paiement par CCP par chèque bancaire par mandat

libellé à l'ordre de

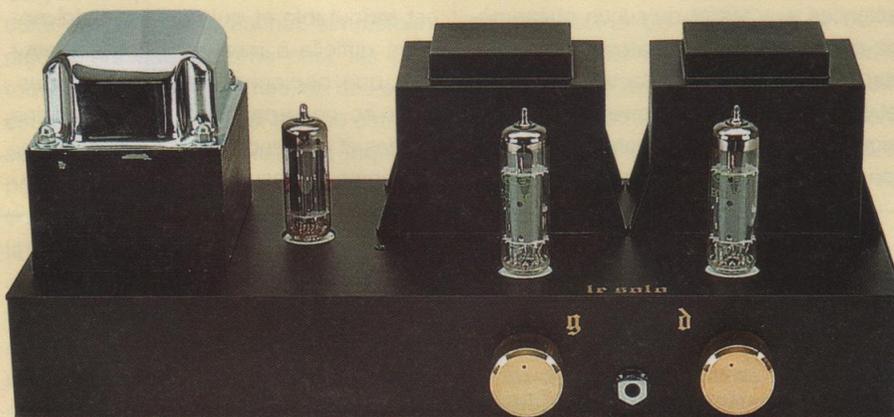
EDITIONS PÉRIODES

2-12 rue de Bellevue 75019 Paris

Tél. : 01 44 84 88 28

AMPLIFICATEUR « SINGLE END » AVEC ECL86

Dans notre précédent numéro, nous vous avons proposé un amplificateur de type « Push Pull d'ECL86 ». Voici maintenant un « Single End » adoptant le même tube en complément de ce premier article. Cet amplificateur utilisant une seule ECL86 par canal permet de disposer d'une puissance de 2 x 4 Weff dans un encombrement fort réduit, sans pour autant délaissier la qualité d'écoute, ce qui est primordial.



Bien que cette puissance puisse paraître modeste, elle permet déjà d'offrir une excellente écoute dans un salon de 30 m² si l'amplificateur est chargé par des enceintes à haut rendement. Mais mieux encore, l'association des deux appareils pilotés par un filtre actif (celui du Led n°163, par exemple) permet d'accéder à la biamplication active de vos enceintes. Alors là, c'est un « plus » incontestable, un grand pas en avant de franchi dans le confort d'écoute. La suppression des filtres passifs métamorphose l'écoute d'une chaîne hi-fi, tant au niveau de la précision que de la dynamique.

LE TUBE ECL86

Le tube ECL86 fait partie de la série des tubes Noval, 9 broches, comme les

ECC83 et EL84 que nous connaissons bien maintenant. De ce fait, le chauffage filament s'effectue en 6,3 V (avec une consommation de 0,3 A) aux broches 4 et 5. Nous donnons en **figure 1** le brochage vu de dessous de l'ECL86.

CARACTÉRISTIQUES NOMINALES

Pour la Triode

- Tension anodique : 250 V
- Tension grille 1 : -1,9 V
- Courant anodique : 1,2 mA
- Coefficient d'amplification : 100
- Pente : 1,6 mA/V

Pour la Pentode

- Tension anodique : 250 V
- Tension grille 2 : 250 V
- Tension grille 1 : -7 V
- Courant anodique : 36 mA
- Courant grille 2 : 6 mA
- Pente : 10 mA/V
- Résistance interne : 48 kΩ

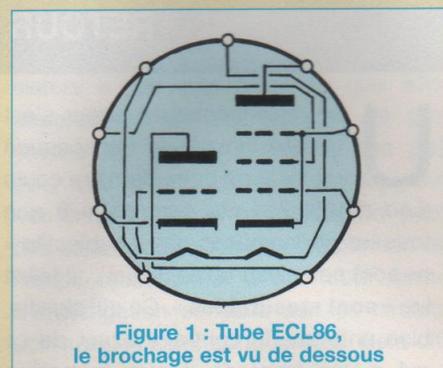


Figure 1 : Tube ECL86, le brochage est vu de dessous

UTILISATION DE L'ECL86

Le schéma complet d'un amplificateur de puissance vous est proposé en **figure 2**. Il peut fournir une puissance de 1 Weff avec un taux de distorsion inférieur à 0,5 %, 2 Weff avec 0,9 % de distorsion, celle-ci s'élevant à 2 % à 3 Weff. Rappelons que c'est seulement au seuil des 3 % de distorsion que l'oreille décelle une anomalie.

LE SCHÉMA RETENU

Le signal est appliqué à la grille de la triode par l'intermédiaire d'un potentiomètre P1 qui sert au dosage du volume sonore, tout en chargeant cette entrée.

La cathode est polarisée par les résistances série R1 et R2. La résistance R1 est découplée par un condensateur C1 de forte valeur afin de transmettre sans atténuation les basses fréquences.

Un rapide calcul nous permet de vérifier nos dires, en appliquant l'éternelle relation !

$$f_c = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}, \text{ soit :}$$

$$f_c = \frac{1}{6,28 \cdot 1,8 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-6}}$$

$$f_c = \frac{1}{1130,4 \cdot 10^{-3}}$$

$$f_c \approx 0,88 \text{ Hz}$$

Figure 2

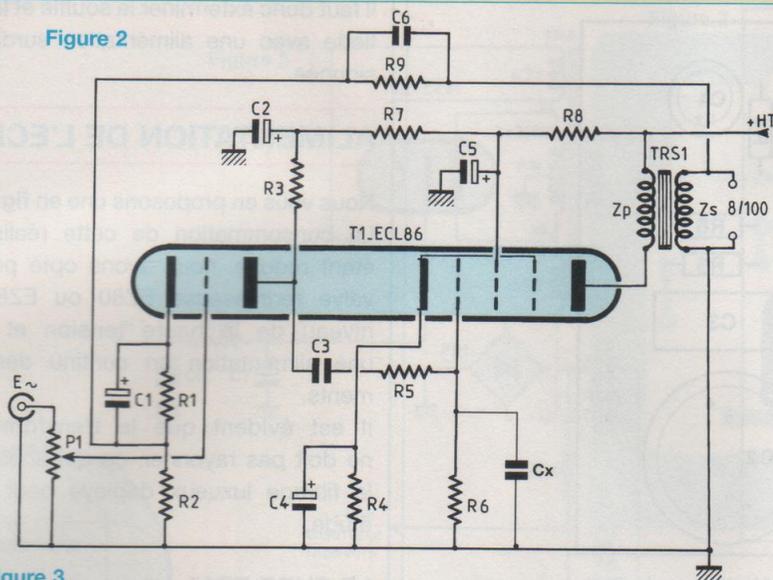
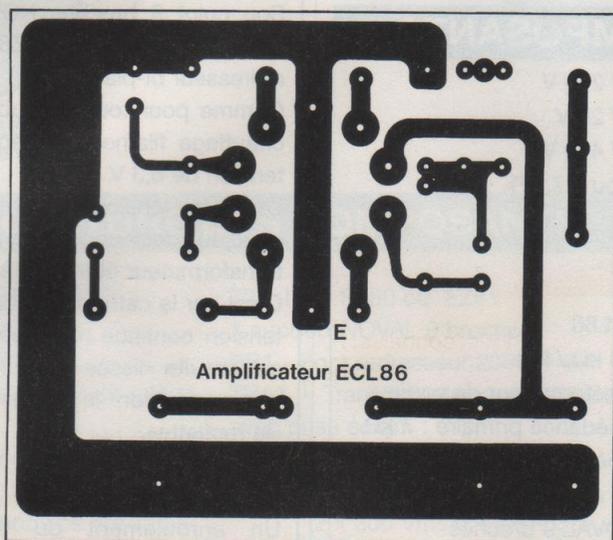


Figure 3



Le rôle du condensateur C1 est important, car c'est lui qui fait le tri entre tensions continues et alternatives. Il permet de stabiliser le potentiel de la cathode qui ne dépend plus alors que du seul courant anodique.

Le point commun de R1 et R2 reçoit la cellule de rétroaction R9/C6. Le rapport de R9/R2 détermine le gain en tension de l'amplificateur alors que l'action de C6 se manifeste aux hautes fréquences en atténuant la suroscillation qui apparaît sur les paliers positifs et négatifs des signaux carrés.

L'anode est chargée par la résistance R3 qui permet d'y appliquer la haute-tension issue de la cellule de filtrage R7/C2.

Le signal audio appliqué sur la grille de la triode est récupéré amplifié sur son anode mais en opposition de phase.

Cependant, cette anode étant portée à un potentiel positif très élevé, un condensateur de liaison C3 est indispensable pour bloquer le continu et ne transmettre que le signal B.F. (qui est lui alternatif) à la grille de la pentode.

Comme avec l'utilisation de l'EL84, une résistance série est insérée avec C3 afin

de s'affranchir de tout risque de mise en oscillation de l'étage de puissance.

La grille est chargée par la résistance R6 reliée à la masse et découplée par le condensateur Cx dont nous verrons l'utilité lors des essais.

La cathode de la pentode est polarisée par la résistance R4, résistance découplée par le condensateur C4.

En appliquant la relation ci-dessus, nous constatons que la fréquence de coupure (d'atténuation) f_c intervient à 8,84 Hz.

La deuxième grille de la pentode (grille écran) est polarisée en haute tension par la cellule de filtrage R8/C5.

La troisième grille (grille supprimeuse) dont le rôle est de supprimer les « incartades » des électrons arrivant sur l'anode, doit être polarisée très négativement, pour que son action soit énergique. Elle est de ce fait reliée à la cathode lors de la fabrication du tube, à l'intérieur de l'enveloppe.

L'anode est chargée par le transformateur de sortie dont l'impédance primaire est de 7 k Ω .

Le secondaire de TRS1 permet d'y raccorder deux impédances très différentes : 8 Ω et 100 Ω .

L'impédance de 8 Ω est, bien entendu, réservée à une enceinte à haut-rendement ou à un haut-parleur large bande. L'impédance de 100 Ω est destinée à un casque.

La société ACEA, qui distribue le transformateur de sortie de cet amplificateur, laisse au lecteur le choix de sa deuxième impédance de sortie. Par curiosité, nous avons testé notre « Single End » avec des impédances de 100 Ω , 300 Ω et 600 Ω .

LE MODULE

Le circuit imprimé

Le dessin des pistes cuivrées vous est proposé en **figure 3** à l'échelle 1.

De grosses pastilles ont été prévues au niveau du support NOVAL, les forages devant être conséquents pour permettre le passage des neuf pattes.

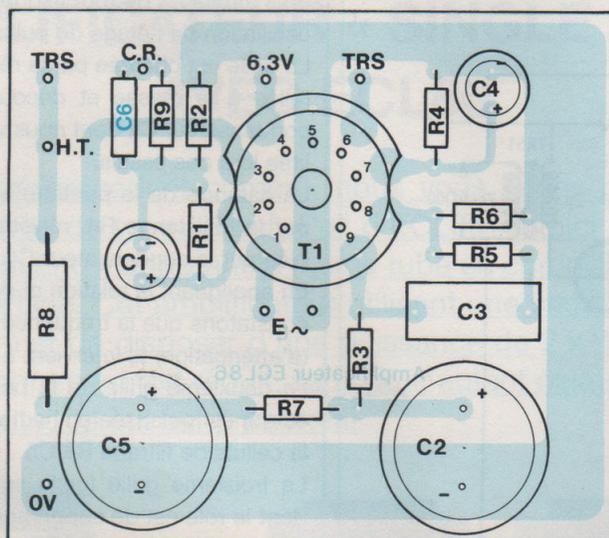


Figure 4 : le support NOVAL est à souder côté pistes cuivrées

NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

MODULE AMPLIFICATEUR

Résistances à couche (ou couche métal) $\pm 5\%$ 1 W

- R1 - 1,8 k Ω
- R2 - 100 Ω
- R3 - 220 k Ω
- R4 - 180 Ω
- R5 - 1,5 k Ω
- R6 - 470 k Ω
- R7 - 10 k Ω / 1 W
- R8 - 2,7 k Ω / 2 W
- R9 - 1,2 k Ω

Condensateurs sorties radiales

- C1 - 100 μ F / 25 V
- C2 - 100 μ F / 400 V

- C3 - 220 nF / 250 V
- C4 - 100 μ F / 25 V
- C5 - 100 μ F / 400 V
- C6 - 2,2 nF (ou 2,7 nF)
- Cx - 330 pF

Divers

- T1 - Tube ECL86
- P1 - Pot. 100 k Ω / log.
- TRS1 - Transformateur de sortie
 - Impédance primaire : 7 k Ω
 - Impédances secondaires : 8 Ω / 100 Ω
- 1 support NOVAL 9 broches
- 8 picots à souder

Le câblage des éléments

Le plan d'insertion des composants représenté **figure 4**, associé à la nomenclature, doit vous permettre un sans faute, vu le peu d'éléments à souder au circuit imprimé.

Il est évident que pour une réalisation stéréophonique, deux modules identiques sont à câbler.

Le support du tube NOVAL est à souder côté pistes cuivrées.

Les interconnexions

Mis à part les picots réservés à l'alimen-

tation de l'ECL86 (H.T. - 0 V - 6,3 V), restent ceux du transformateur de sortie TRS1 et ceux pour l'entrée de la modulation. A ce niveau, utiliser du câble blindé pour relier le module au potentiomètre de volume.

Nous en avons terminé avec le module amplificateur, reste à voir un point très important, celui de son alimentation.

Si un peu de bruit est tolérable lors d'une écoute avec des enceintes acoustiques, il devient vite une agression avec un casque collé aux oreilles.

Il faut donc exterminer le souffle et la ronflette avec une alimentation surdimensionnée.

ALIMENTATION DE L'ECL86

Nous vous en proposons une en **figure 5**. La consommation de cette réalisation étant réduite, nous avons opté pour la valve redresseuse EZ80 ou EZ81 au niveau de la haute tension et pour une alimentation en continu des filaments.

Il est évident que le transformateur ne doit pas rayonner, ce qui anéantirait le filtrage luxueux déployé pour cette étude.

LE TUBE EZ81

Son culot 9 broches NOVAL vous est dévoilé en **figure 6**. L'EZ81 est un tube redresseur bi-plaque.

Comme pour tous les tubes NOVAL, le chauffage filament s'effectue sous une tension de 6,3 V.

La haute tension alternative est appliquée aux deux anodes, le point milieu du transformateur étant mis à la masse.

C'est sur la cathode qu'est récupérée la tension continue redressée, tension qui est ensuite «lissée» par un filtrage énergétique en π dont le rôle est de minimiser «la ronflette».

LA BASSE TENSION

Un enroulement du transformateur délivre une tension alternative de 6,3 V. Cette tension est redressée par un pont de diodes, puis filtrée énergiquement par quatre condensateurs. La tension continue à vide est de l'ordre de + 9 V. La résistance R11 permet de la descendre à une tension proche de + 6,3 V en charge.

LE MODULE

Le circuit imprimé

Une implantation vous est proposée en **figure 7**. Les dimensions de la plaquette sont identiques à celles du module amplificateur.

Ici encore les 9 pastilles destinées au

Figure 5

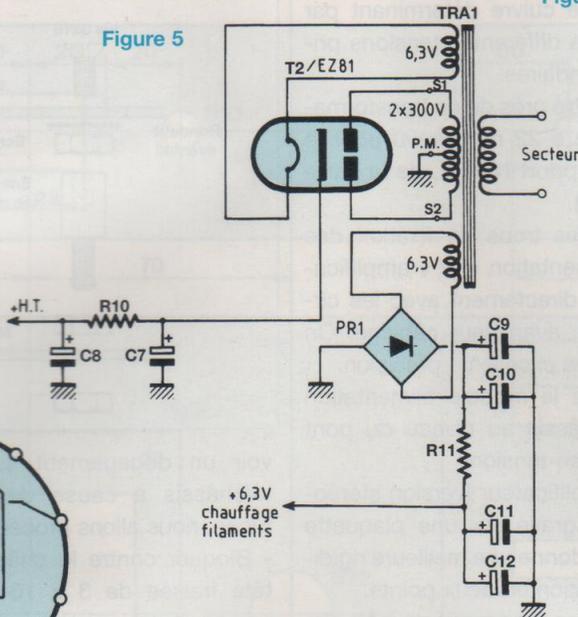


Figure 7

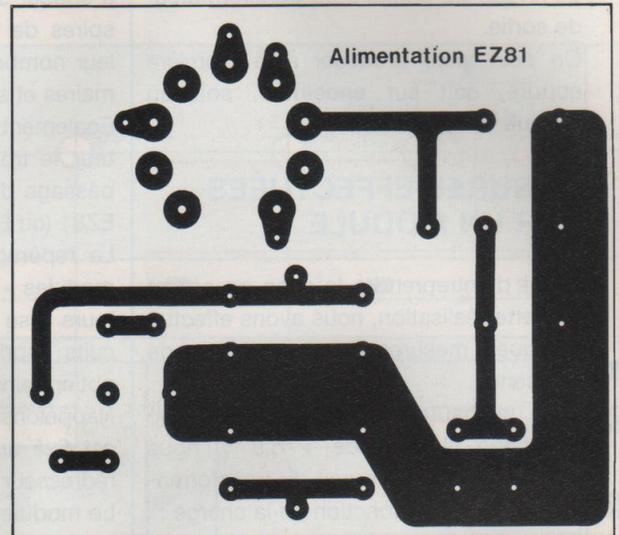
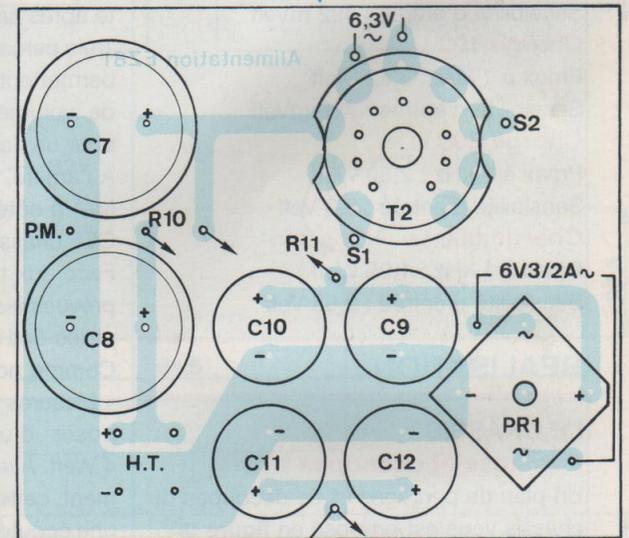


Figure 8 : le support de tube et le pont sont soudés côté pistes



(filaments ECL86)

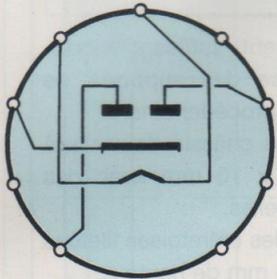


Figure 6 : tube EZ81, le brochage est vu de dessous

NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

MODULE ALIMENTATION

Condensateurs

C7, C8 - 100 μ F / 400 V

C9, C10, C11, C12 - 4 700 μ F / 16 V

Divers

R10 - Résistance bobinée sur radiateur 470 Ω / 25 W

R11 - Résistance bobinée sur radiateur 0,1 Ω / 25 W

T2 - Tube EZ80 ou EZ81

1 support NOVAL 9 broches

PR1 - Pont redresseur 200 V / 4 A

TRA1 - Transformateur alimentation avec prise écran

- Primaire : 230 V

- Secondaires : 2 x 280 V

(2 x 300 Vmax) + 2 x 6,3 V

Picots à souder

soudage du support NOVAL ont un diamètre important.

Le câblage des éléments

L'insertion des composants vous est donnée en **figure 8**.

Attention à l'orientation des condensateurs électrochimiques polarisés.

Le pont de diodes PR1 et le support NOVAL sont soudés côté pistes cuivrées.

Le pont sera vissé contre la surface métallique du châssis pour assurer son refroidissement tout en immobilisant le module. Ici encore attention aux pola-

rités (+) et (-). Le (+) est repéré par un angle cassé pratiqué dans l'enveloppe plastique.

Ne pas oublier les interconnexions aux résistances bobinées R10 et R11 qui seront vissées au châssis lors de la mise en coffret.

PREMIERS ESSAIS

Quelques interconnexions sont nécessaires au préalable entre les modules, au niveau des alimentations H.T. et B.T.

Charger les sorties du ou des transformateurs (écoute mono ou stéréo), de préférence celles en 8 Ω , par des haut-parleurs.

Mettre les potentiomètres de volume à 0 (sens contraire des aiguilles d'une montre pour la rotation).

Mettre sous tension.

Les filaments rougissent, puis environ 1 min plus tard ou c'est le silence ou un accrochage strident se fait entendre.

Pour le neutraliser, il suffit de croiser le câblage des deux fils d'interconnexions

au niveau du primaire du transformateur de sortie.

On peut alors procéder à la première écoute, soit sur enceintes, soit au casque.

MESURES EFFECTUÉES SUR UN MODULE

Avant d'entreprendre la mise en coffret de cette réalisation, nous avons effectué quelques mesures sur un module de puissance.

Avec une haute tension de + 296 V et un chauffage filament de + 6,9 V, nous avons relevé aux bornes du transformateur de sortie en fonction de la charge :

Charge 8 Ω

Pmax à 1 kHz : 3,96 Weff

Sensibilité d'entrée : 492 mVeff

Charge 100 Ω

Pmax à 1 kHz : 3,42 Weff

Sensibilité d'entrée : 720 mVeff

Charge 300 Ω

Pmax à 1 kHz : 2,80 Weff

Sensibilité d'entrée : 2,3 Veff

Charge 600 Ω

Pmax à 1 kHz : 1,95 Weff

Sensibilité d'entrée : 2,68 Veff

RÉALISATION

LE CHÂSSIS

Perçages et découpes

Un plan de perçages et de découpes du châssis vous est proposé en **figure 9**.

Les fenêtres de 50 x 10 mm permettent le passage des cosses des transformateurs de sortie moulés de marque A.C.E.A.

Nous ne mentionnons pas les quatre perçages pour la fixation des boîtiers. Il suffit de plaquer ceux-ci contre le châssis, de repérer les trous à forer au crayon à papier et de poinçonner le centre des cercles.

Le transformateur d'alimentation surdimensionné est centré sur le côté gauche du châssis.

Une fenêtre de 64 x 56 mm permet le passage de la carcasse munie de cosses

à souder sur laquelle sont enroulées les spires de fil de cuivre déterminant par leur nombre les différentes tensions primaires et secondaires.

Egalement centré près de ce transformateur, le trou de \varnothing 22 mm prévu pour le passage du support NOVAL de la valve EZ81 (ou EZ80).

Le repérage des trous de fixation des modules « alimentation » et « amplificateurs » se fait directement avec les circuits imprimés, avant leur câblage. On obtient ainsi une excellente précision.

Rappelons que le module alimentation est fixé au châssis au niveau du pont redresseur basse-tension.

Le module amplificateur (version stéréophonique) est gravé sur une plaquette unique, ce qui donne une meilleure rigidité après sa fixation en deux points.

Trois perçages en face avant de \varnothing 10 mm permettent d'y fixer les potentiomètres de volume et la prise casque (prévue pour un Jack 6,35).

A l'arrière, nous retrouvons l'interrupteur M/A à côté de sa prise secteur (embase CEE châssis mâle 3 broches).

Face aux transformateurs de sortie sont prévues les fixations des prises Cinch et celles des sorties HP.

Comme nous l'avons vu au paragraphe « Mesures », la sortie 8 Ω permet de disposer d'une puissance de près de 4 Weff. Avec des enceintes à haut rendement, cette puissance est suffisante pour une écoute domestique confortable dans une pièce de 30 m².

Finition du châssis

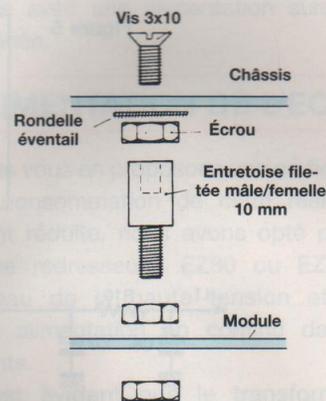
Les trous et les découpes pratiqués dans le châssis n'ont pu être obtenus sans laisser quelques traces (foret qui dérape, mauvais coup de lime...).

Pour gommer ces petits « bobos » et donner une finition « Pro » à cette réalisation, il est utile de peindre le châssis en pulvérisant deux à trois couches de peinture.

Fixation du module amplificateur

Nous allons munir le châssis de deux pattes de fixation comme indiqué en **figure 10**. Parce que nous devons pré-

Figure 10 : Patte de fixation du module



voir un dégagement suffisant module/châssis à cause des supports de tubes, nous allons procéder ainsi :

- Bloquer contre le châssis deux vis à tête fraisée de 3 x 10 mm avec des écrous et des rondelles.

- Y visser ensuite des entretoises filetées mâle/femelle de 10 mm de hauteur.

- Visser des écrous dans les filetages opposés.

La hauteur ainsi obtenue permet aux supports NOVAL de venir affleurer le dessus du châssis lors de la fixation du module amplificateur.

EQUIPEMENT DU CHÂSSIS

C'est le moment d'y fixer transformateurs, prises, résistances bobinées, interrupteur et potentiomètres.

Les potentiomètres auront leur axe coupé à environ 15 mm du canon fileté (cette longueur dépend du bouton de commande utilisé). Pour que les canons filetés ne soient pas apparents en face avant, utiliser des contre-écrous.

Les prises Cinch sont à isoler du châssis.

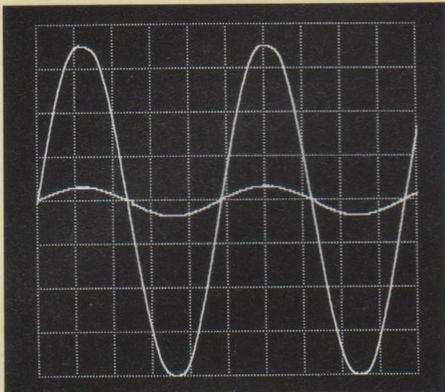
INTERCONNEXIONS

L'alimentation

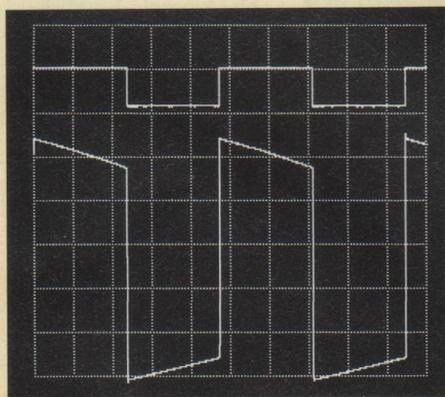
• En partant de la prise secteur !

- Relier l'une des cosses de la prise châssis mâle secteur (sauf celle réservée à la terre !) à l'interrupteur unipolaire M/A.

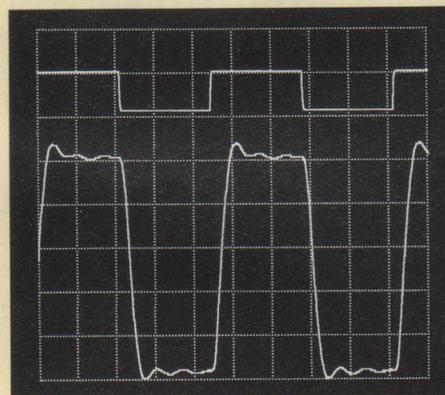
- Repartir de l'autre cosse de l'inter vers le primaire 220 V du transformateur d'alimentation (cosse 2).



Oscillogramme 1 :
sinusoïde à 1 kHz à l'écrêtage



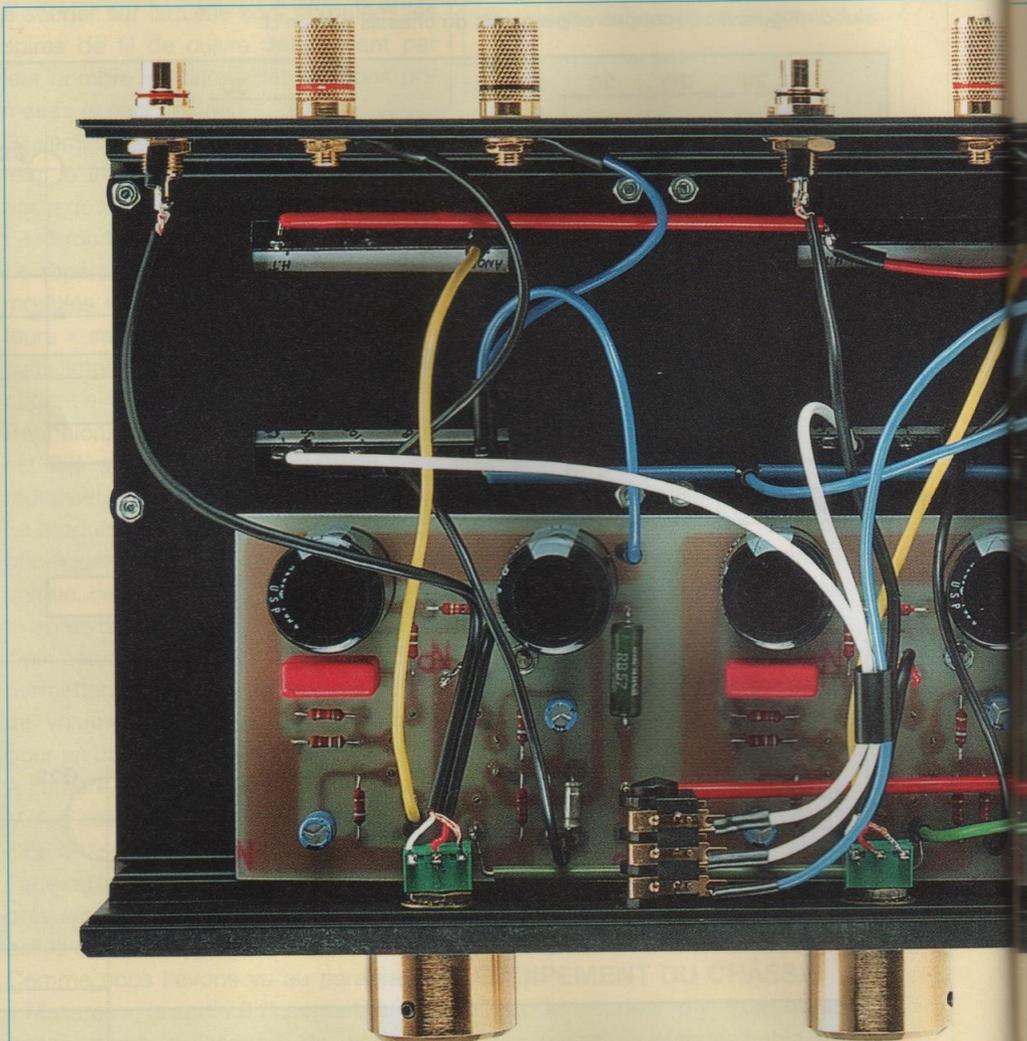
Oscillogramme 2 :
carré de fréquence 100 Hz



Oscillogramme 3 :
carré à 10 kHz, temps de montée 6 μ s

cosses 0 Ω des transformateurs de sortie. Avec du fil de câblage de différentes couleurs réaliser les interconnexions suivantes :

- Picots + H.T. des modules amplificateurs. Avec du fil de couleur rouge, aller rejoindre les cosses «H.T.» des transformateurs de sortie.



- Picots TRS des modules amplificateurs. Avec du fil de couleur jaune, aller rejoindre les cosses «Anode» des transformateurs de sortie.

- Picots 0 V des modules amplificateurs. Avec du fil de couleur bleue, aller rejoindre les cosses «0 Ω » des transformateurs de sortie.

- Picots C.R. des modules amplificateurs. Avec du fil de couleur noire, aller rejoindre les cosses « 8 Ω » des transformateurs de sortie.

- Picots 6,3 V des modules amplificateurs. Avec du fil de couleur verte, aller rejoindre le picot + 6,3 V du module alimentation.

- Relier les cosses 0 Ω et 8 Ω des transformateurs de sortie aux prises HP vis-

sées à l'arrière du châssis.

- Avec du câble blindé, connecter les prises Cinch aux potentiomètres de volume (cosses extrêmes).

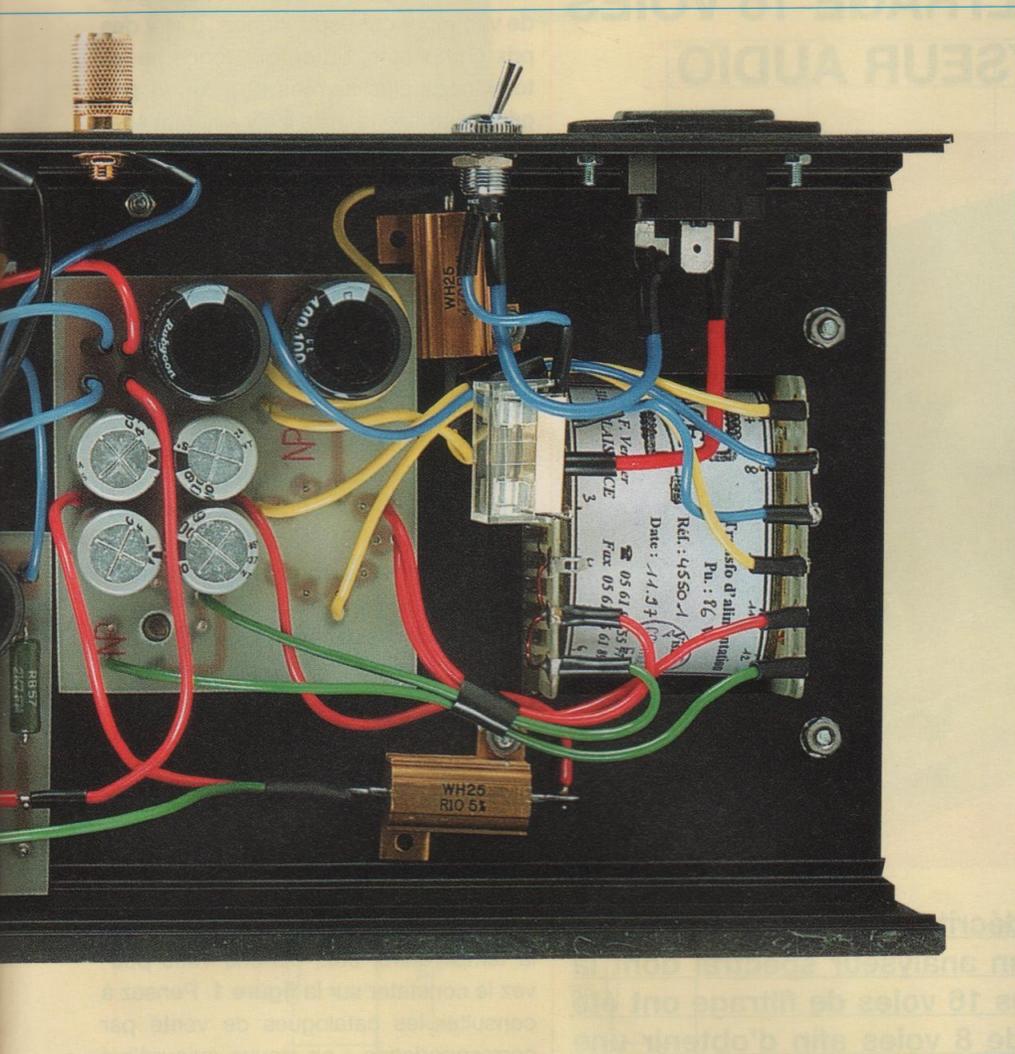
- Toujours avec du blindé, repartir des potentiomètres (cosse centrale pour le point chaud) vers les picots E~ des modules amplificateurs.

Il ne reste plus qu'à câbler la prise casque stéréo en fonction du modèle que vous trouverez chez votre distributeur, en partant des cosses 0 Ω , 100 Ω (300 Ω /600 Ω) des transformateurs de sortie.

OSCILLOGRAMMES

- L'oscillogramme 1 montre une sinusoïde

SINGLE END AVEC ECL86



de fréquence 1 kHz à la limite de l'écrêtage. La charge est de 8Ω et la puissance dissipée de 3,96 Weff.

- L'oscillogramme 2 montre un carré à la fréquence de 100 Hz. Il est propre et montre que ce petit amplificateur est plein d'énergie, ce que confirme l'écoute.

- L'oscillogramme 3 montre un carré à la fréquence de 10 kHz. Les paliers sont propres et le temps de montée est de $6 \mu\text{s}$.

Le condensateur dans la cellule de rétroaction est un 2,2 nF. En portant celui-ci à 2,7 nF, il est possible de supprimer les petites surtensions sur les plateaux positifs et négatifs.

- L'oscillogramme 4 est également un carré à la fréquence de 10 kHz. Nous

avons uniquement supprimé le condensateur Cx de 330 pF soudé aux bornes de R6.

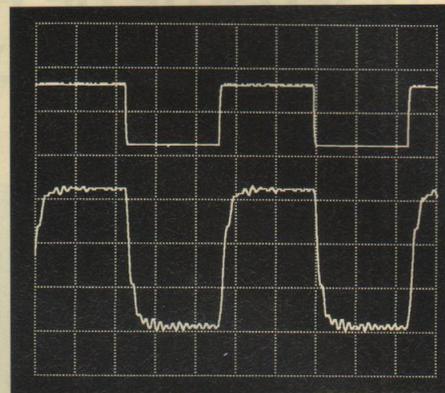
- L'oscillogramme 5 est toujours à la même fréquence de 10 kHz, sauf qu'ici le signal est prélevé sur une charge de sortie du transformateur de 100Ω .

- Idem pour l'oscillogramme 6, le signal est prélevé sur la charge de 300Ω .

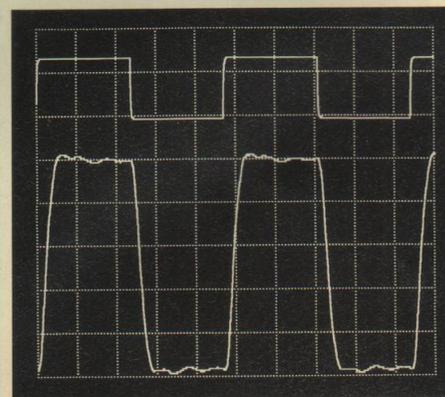
La réponse en fréquence de ce petit amplificateur est excellente.

NOTA

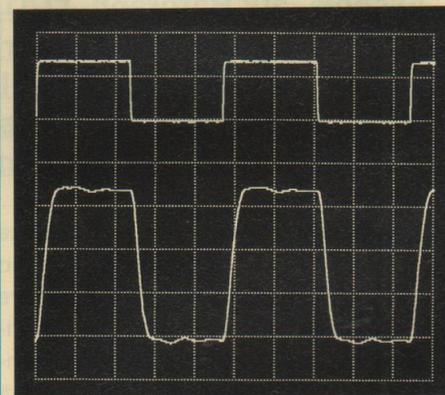
Lors d'une écoute au casque, il est indispensable de déconnecter les sorties HP. Nous n'avons pas, volontairement, prévu de commutation $8 \Omega/100 \Omega$ pour simpli-



Oscillogramme 4 : carré à 10 kHz, sans condensateur Cx



Oscillogramme 5 : carré à 10 kHz sur charge de 100Ω



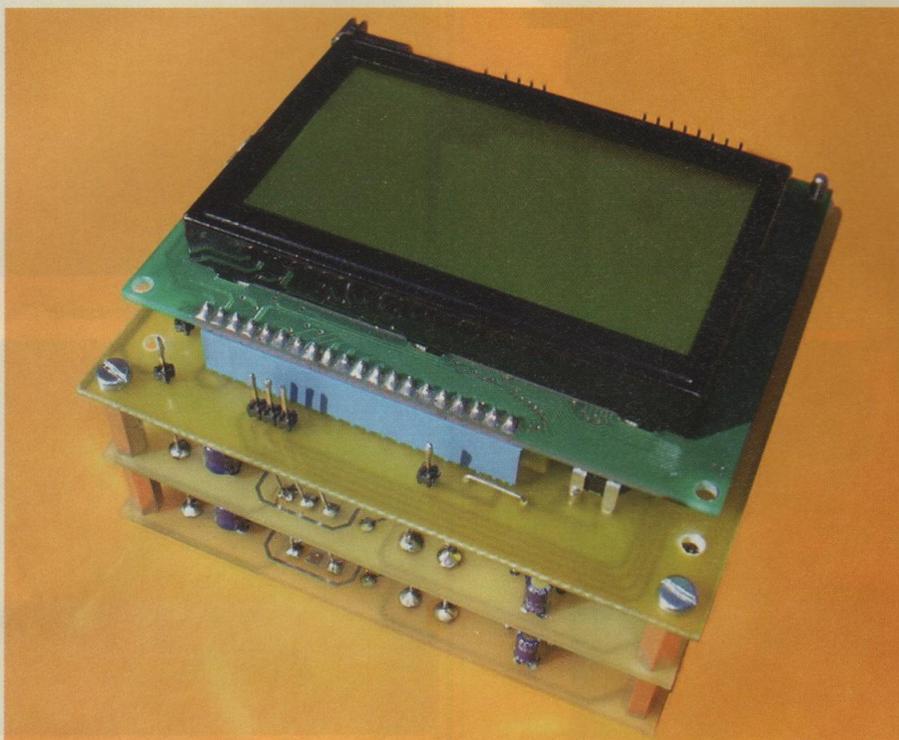
Oscillogramme 6 : carré à 10 kHz sur charge de 300Ω

fier le câblage. Libre à vous d'en prévoir une avec un inverseur, ce qui est facilement réalisable à l'arrière de l'appareil.

Pour cette réalisation, un boîtier en aluminium de $45 \times 442 \times 153 \text{ mm}$ peut être avantageusement utilisé. Il est au catalogue de Radiospares (code 226-101).

Bernard Duval

DISPOSITIF DE FILTRAGE 16 VOIES POUR ANALYSEUR AUDIO



Associé au Bargraph LCD décrit dans notre précédent numéro, il permet d'obtenir un analyseur spectral dont la résolution est appréciable. Les 16 voies de filtrage ont été réparties sur deux modules de 8 voies afin d'obtenir une réalisation compacte (superposition des modules).

En général, le coût final de ce type d'appareil dépend essentiellement du nombre de bandes de fréquences utilisées, avec une progression exponentielle. En effet, l'augmentation du nombre de fréquences requiert des composants dont les tolérances sont de plus en plus serrées. De surcroît, ces composants sont très difficiles à trouver localement. Il existe actuellement des filtres à capacités commutées performants et très simples à utiliser. Certains sont même disponibles pour l'amateur ! Cependant, le prix de revient de chaque cellule de fil-

trage est assez dissuasif. Après réflexion, nous nous sommes dirigés vers une solution qui permet d'obtenir des filtres sélectifs à moindre coût.

UNE SOLUTION ANALOGIQUE CLASSIQUE MAIS EFFICACE

Avec des techniques analogiques, il n'y a qu'une solution pour obtenir des cellules de filtrage sélectives et précises : il faut des amplificateurs rapides associés à des composants passifs de précision. Actuellement, on trouve facilement des

résistances à 1 % dans les catalogues de vente par correspondance... et à des prix compétitifs. En ce qui concerne les tolérances plus serrées (0,1 %), le prix grimpe en flèche mais il n'y a aucun souci de disponibilité non plus. Il est parfois nécessaire de les commander en quantité, mais dans notre cas toutes les valeurs de résistances sont normalisées et cette contrainte n'est plus un problème.

Par contre, la recherche de condensateurs de précision relève du parcours du combattant. Et quand on arrive à en dénicher, leur coût est souvent prohibitif. Ce constat désespérant nous a conduits à prendre la décision suivante :

1. Nous n'utiliserons que des condensateurs de la série E12 (à 5 %).
2. Les filtres utiliseront deux condensateurs en parallèle.
3. Les condensateurs seront vérifiés avec un multimètre doté de la fonction capacimètre.

Si vous en avez déjà un, vous pourrez réaliser votre analyseur à moindre frais ! Dans le cas contraire, c'est l'occasion de vous équiper d'un matériel qui vous sera très utile à l'avenir. D'autant plus que ces appareils possèdent des possibilités étendues : mesure des inductances, de la température, etc., comme vous pouvez le constater sur la **figure 1**. Pensez à consulter les catalogues de vente par correspondance : on trouve aujourd'hui des multimètres performants à des prix bien inférieurs aux condensateurs de précision nécessaires pour cette réalisation !

NORMALISATION DES FRÉQUENCES

La réponse spectrale d'un signal audio est composée d'une quasi-infinité de fréquences dont le niveau est variable. En pratique, pour simplifier les procédures de mesure et permettre la lecture directe des résultats sur un banc de test, on utilise des fréquences normalisées. Le domaine des fréquences audio, qui s'étend de 20 Hz à 20 kHz, a été divisé

ANALYSEUR SPECTRAL A 16 VOIES



Figure 1

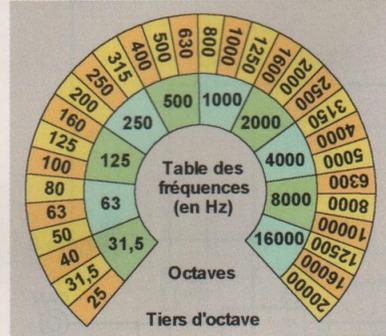


Figure 2

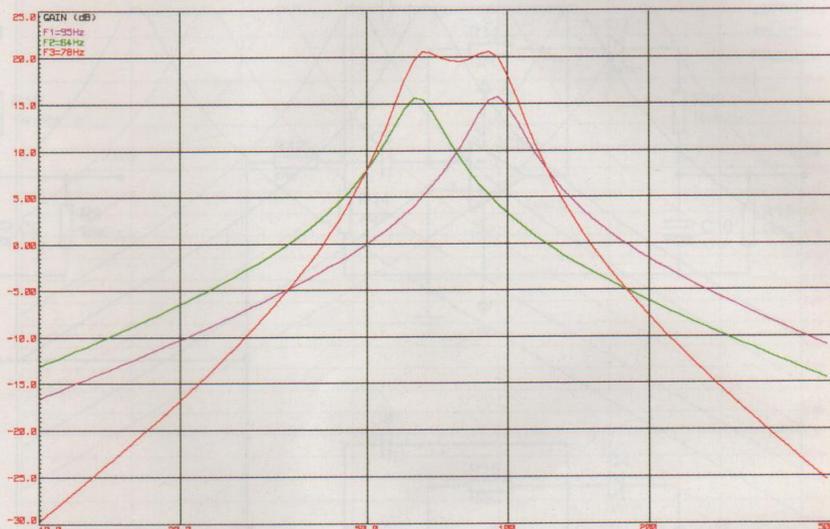
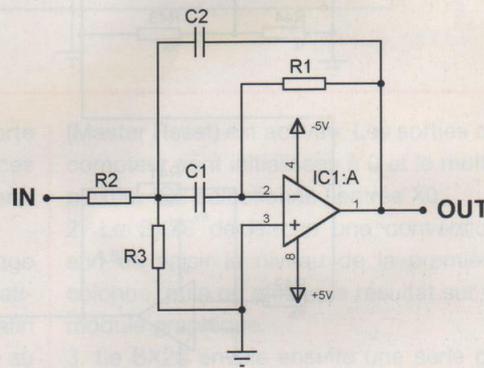
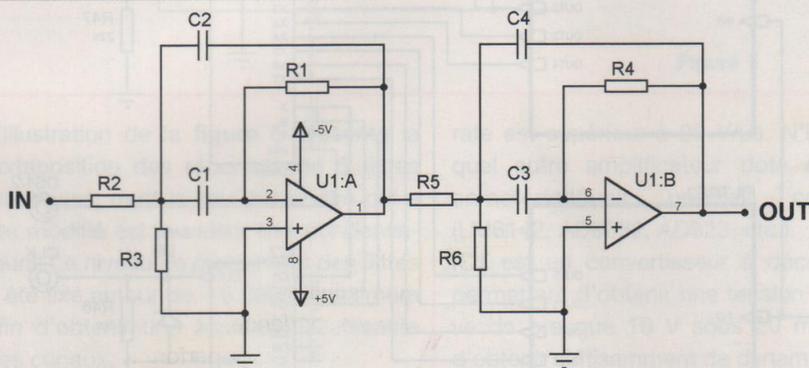


Figure 4

Figure 3a :
Filtre passe-bande à deux cellules

Figure 3b :
Filtre à une seule cellule



en bandes d'octaves ou de tiers d'octaves (**figure 2**). Réaliser un analyseur 30 voies nous a paru inabordable avec des moyens limités. Sans parler du prix de revient d'un tel appareil. Nous avons donc choisi 16 bandes de fréquences réparties entre 20 Hz et 20 kHz. Il s'agit des valeurs indiquées en jaune, le canal 20 Hz ayant été rajouté pour couvrir toute l'étendue de la bande audio.

CRITÈRES DE CHOIX DU FILTRE PASSE-BANDE

Dans le cas idéal, un filtre est un disposi-

tif qui est transparent pour les fréquences situées dans sa bande passante, et opaque à toutes les autres : c'est donc une fenêtre dans le domaine fréquentiel.

Dans la réalité, un filtre analogique laisse toujours passer des composantes extérieures à sa bande passante, ce qui conduit les concepteurs à utiliser des structures complexes assez délicates à mettre en œuvre dès qu'il s'agit d'augmenter la sélectivité.

Une cellule utilisant deux filtres placés en série est proposée en **figure 3a**. Elle permet d'obtenir une bonne sélectivité

moyennant une légère ondulation dans la bande passante.

L'illustration de la **figure 4** indique la réponse individuelle des filtres et la courbe résultante. Cette solution conviendrait particulièrement bien pour des besoins professionnels, mais le coût et la complexité d'une telle réalisation nous ont semblé démesurés ! Les coefficients de qualités mis en jeu et l'influence mutuelle de chacun des filtres rendent les réglages particulièrement délicats.

Finalement, le filtre classique présenté en **figure 3b** donne encore de bons résultats sous réserve de limiter sa sélectivité.



Figure 5

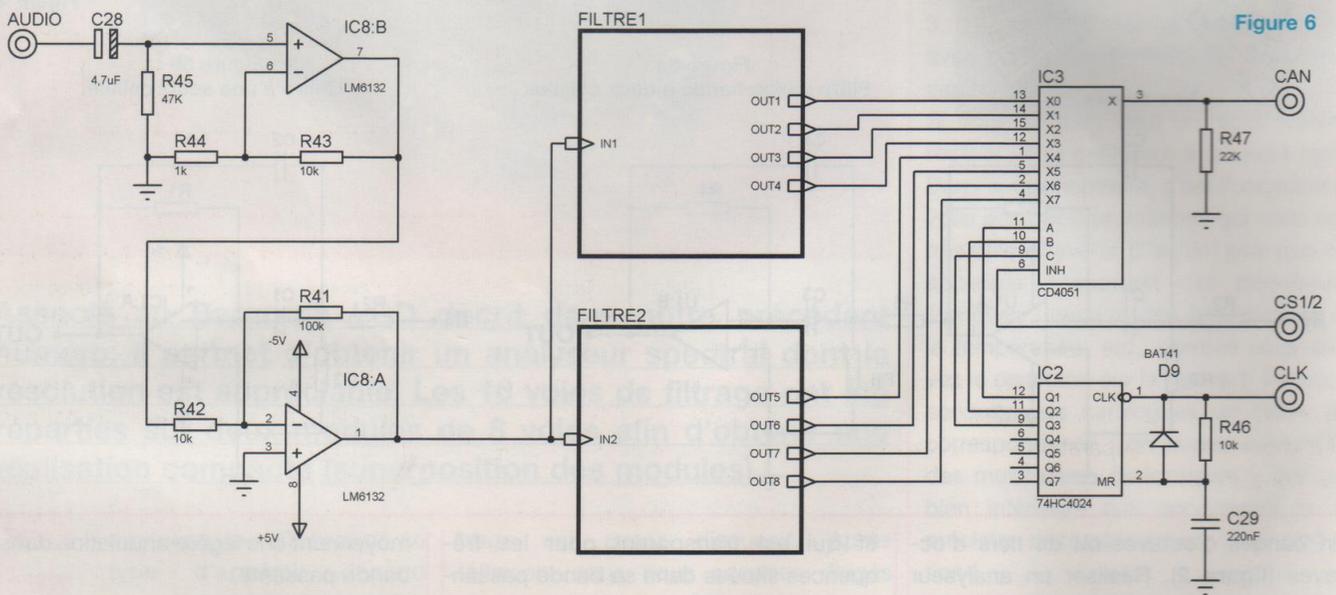
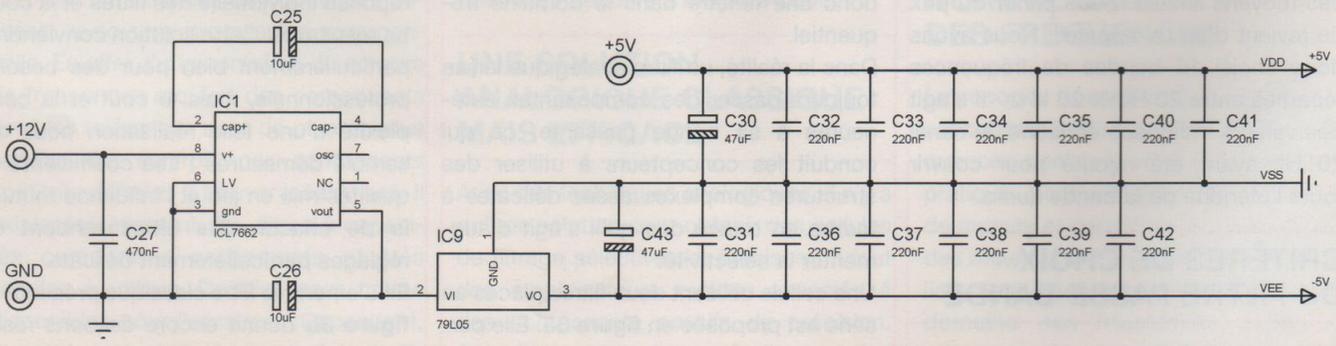


Figure 6



ANALYSEUR SPECTRAL A 16 VOIES

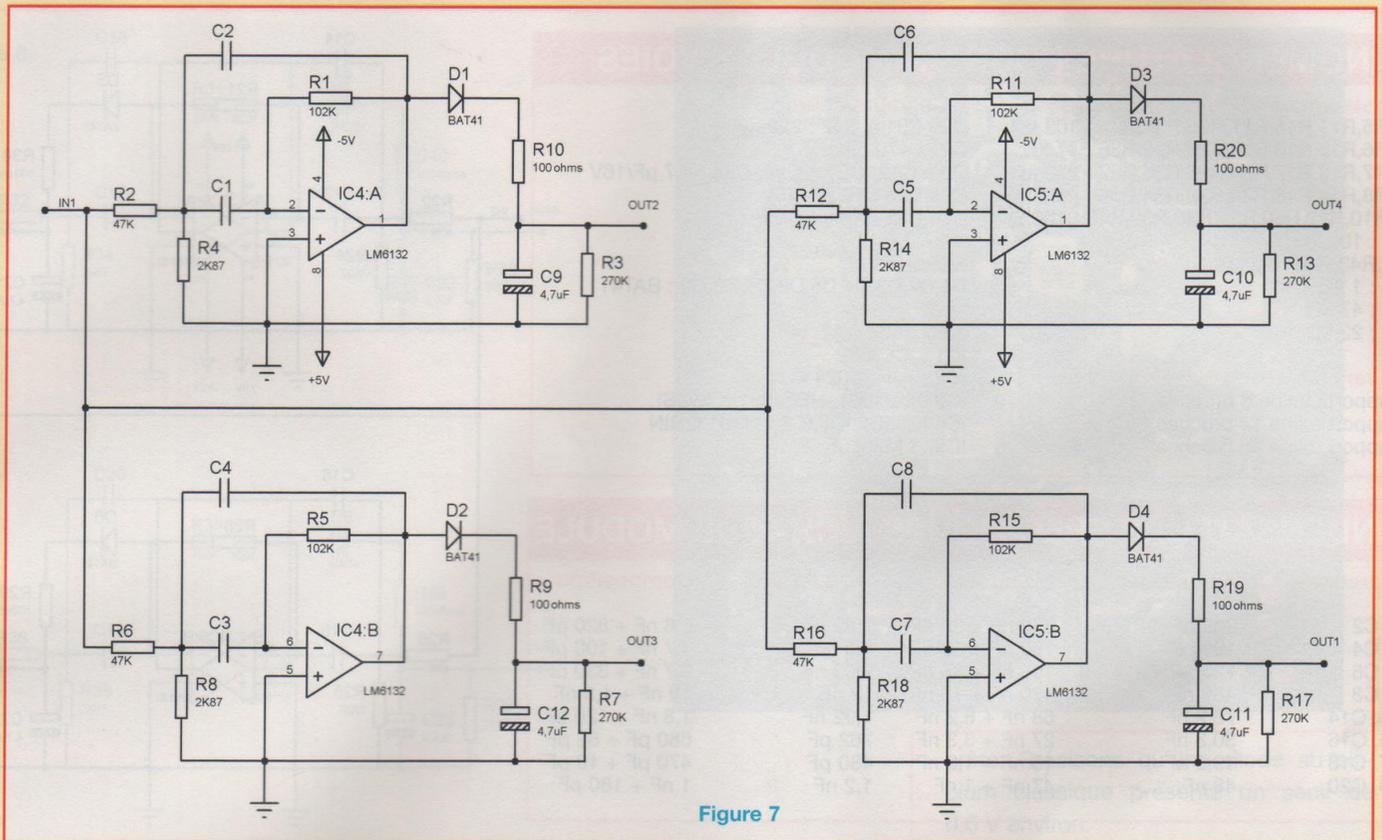


Figure 7

L'illustration de la **figure 5** présente la juxtaposition des réponses de 8 filtres identiques, dont le seul paramètre qui a été modifié est la valeur des condensateurs. Le niveau de croisement des filtres a été fixé autour de -5 dB du maximum afin d'obtenir une séparation suffisante des canaux.

SCHÉMA D'UN MODULE DE FILTRAGE À 8 VOIES

Pour limiter la densité du schéma structurel, une vue d'ensemble du module est proposée en **figure 6**. Les filtres ont été scindés en deux blocs de quatre cellules dévoilés sur les **figures 7** et **8**. La source audio est amplifiée par 100 avec IC8 avant d'attaquer les huit filtres en parallèle. Si nécessaire, les résistances R42 et R44 pourraient être réduites de moitié afin d'atteindre un gain total de 400. Tous les amplificateurs sont des modèles de technologie « rail to rail » dont le slew-

rate est supérieur à 20 V/ μ s. N'importe quel autre amplificateur doté de ces caractéristiques pourrait convenir (LM6142, AD8032, AD823, etc.).

IC1 est un convertisseur à découpage permettant d'obtenir une tension négative de presque 10 V sous 20 mA, afin d'obtenir suffisamment de dynamique au niveau des filtres analogiques. La tension de sortie de IC1 est dirigée sur un régulateur LM79L05 afin d'obtenir une tension de sortie stable de -5 V. La logique de multiplexage utilise une seule horloge CLK, qui assure alternativement l'initialisation et l'incréméntation du compteur de cet étage est assez simple. Précisons que la constante de temps du réseau [R46-C29] est de l'ordre de 2 ms.

1. Le SX28 envoie préalablement une impulsion d'horloge de durée suffisante (supérieure à 5 ms). Le condensateur C29 peut alors se charger au-delà de la tension de seuil de IC2 et l'entrée MR

(Master Reset) est activée. Les sorties du compteur sont initialisées à 0 et le multiplexeur IC3 sélectionne l'entrée X0.

2. Le SX28 déclenche une conversion afin de saisir le niveau de la première colonne, puis on affiche le résultat sur le module graphique.

3. Le SX28 envoie ensuite une série de quinze impulsions inférieures à 1 ms afin d'incrémenter le compteur et de sélectionner successivement les autres entrées de IC3. A chaque impulsion, une nouvelle conversion est réalisée et la colonne suivante est affichée.

Les sorties des filtres sont dirigées vers un détecteur de crête réalisé autour d'une diode Schottky et d'un condensateur. La résistance de 100Ω n'est prévue que pour éviter des pointes de courant lors de transitions brutales au niveau de la source audio. Enfin, la présence d'une diode Schottky dont la tension de seuil n'est que de $0,3$ V (BAT41) permet d'augmenter la sensibilité du détecteur de

NOMENCLATURE POUR UN MODULE 8 VOIES

• Résistances à 1% (ou mieux 0,1%)

R1, R5, R11, R15, R21, R25, R31, R35 : 102 kΩ
 R2, R6, R12, R16, R22, R26, R32, R36 : 47 kΩ
 R3, R7, R13, R17, R23, R27, R33, R37 : 270 kΩ
 R4, R8, R14, R18, R24, R28, R34, R38 : 2,87 kΩ
 R9, R10, R19, R20, R29, R30, R39, R40 : 100 Ω
 R41 : 100 kΩ
 R42, R43, R46 : 10 kΩ
 R44 : 1 kΩ
 R45 : 47 kΩ
 R47 : 22 kΩ

• Divers

6 supports tulipe 8 broches
 1 support tulipe 14 broches
 1 support tulipe 16 broches

• Condensateurs

C29, C31 à C42 : 220 nF
 C27 : 470 nF
 C9 à C12, C21 à C24, C28 : 4,7 μF/16V
 C25, C26 : 10 μF/16V
 C30, C43 : 47 μF/16V

• Diodes

D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9 : BAT41

• Circuits intégrés

IC1 : ICL7662
 IC2 : 74HC4024
 IC3 : CD4051, HEF4051 (CMOS)
 IC4, IC5, IC6, IC7, IC8 : LM6132BIN
 IC9 : LM79L05

CONDENSATEURS SPÉCIFIQUES À CHAQUE MODULE

Références	Module 1	Composition	Module 2	Composition
C1, C2	303 nF	270 nF + 33 nF	7,62 nF	6,8 nF + 820 pF
C3, C4	192 nF	180 nF + 12 nF	4,8 nF	4,7 nF + 100 pF
C5, C6	120 nF	100 nF + 18 nF	3,03 nF	2,7 nF + 330 pF
C7, C8	480 nF	470 nF + 10 nF	12 nF	10 nF + 1,8 nF
C13, C14	76,2 nF	68 nF + 8,2 nF	1,92 nF	1,8 nF + 120 pF
C15, C16	30,3 nF	27 nF + 3,3 nF	762 pF	680 pF + 82 pF
C17, C18	19,2 nF	18 nF + 1,2 nF	480 pF	470 pF + 10 pF
C19, C20	48 nF	47 nF + 1 nF	1,2 nF	1 nF + 180 pF

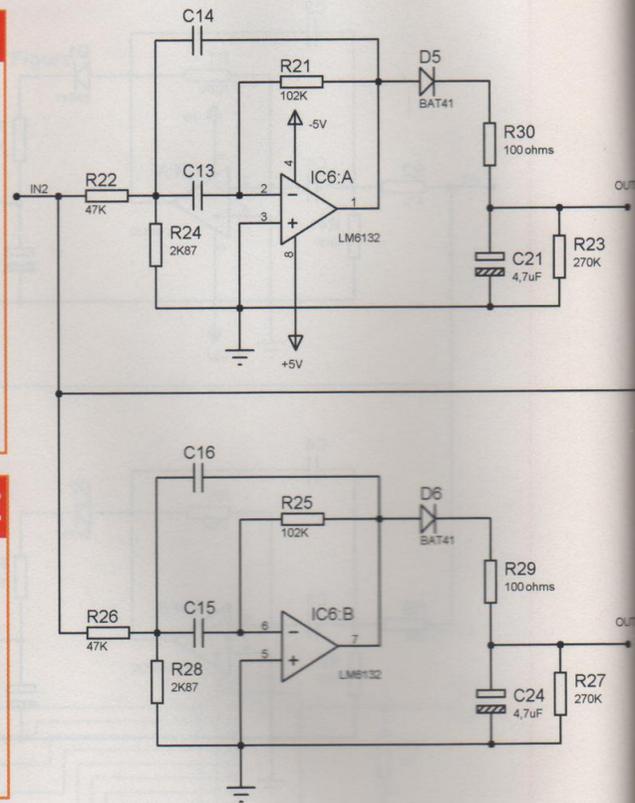
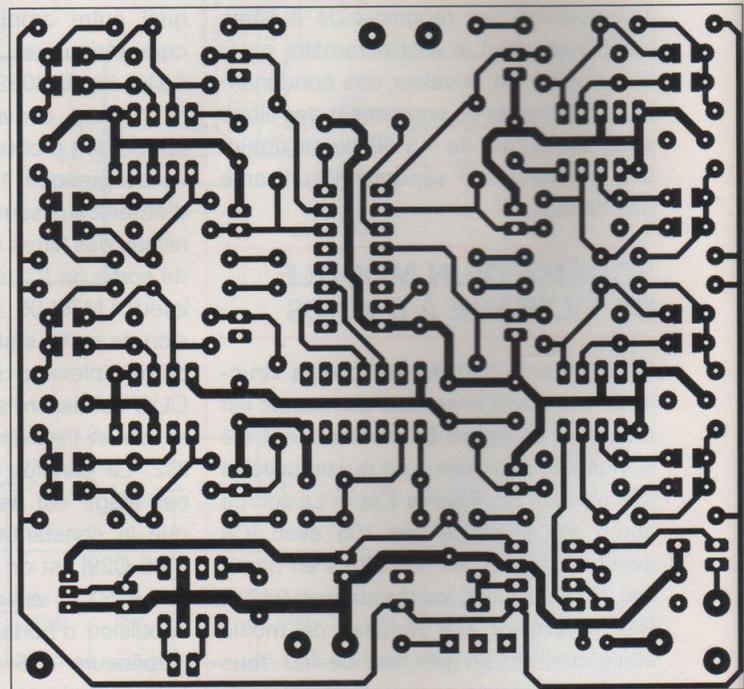
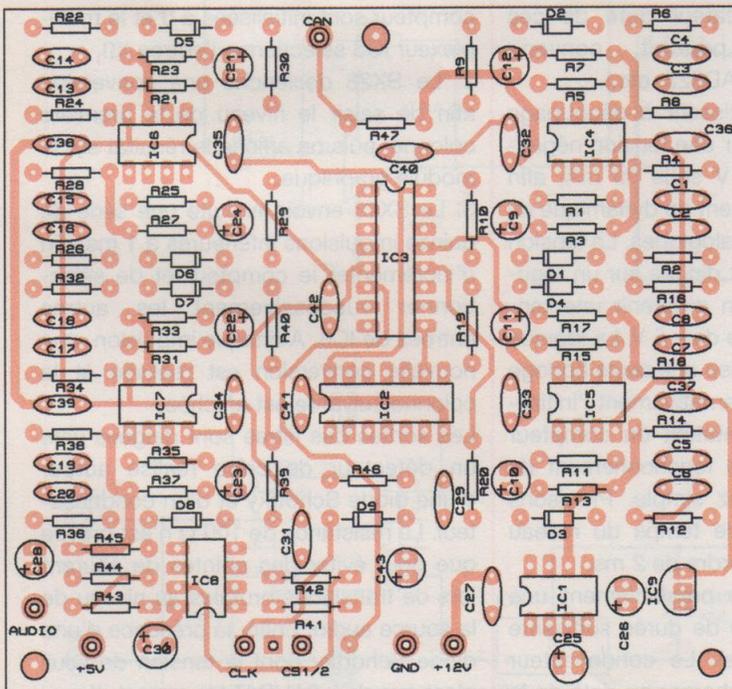


Figure 11

Figure 9



ANALYSEUR SPECTRAL A 16 VOIES

Figure 8

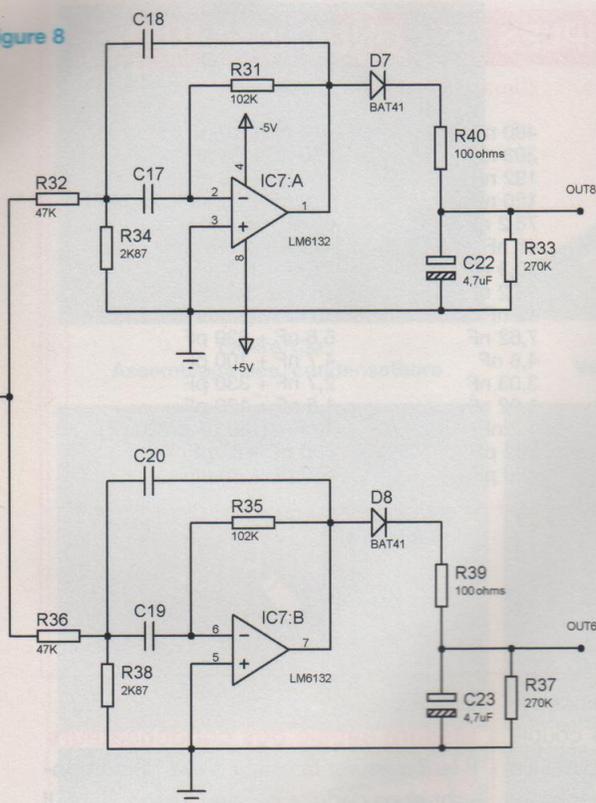
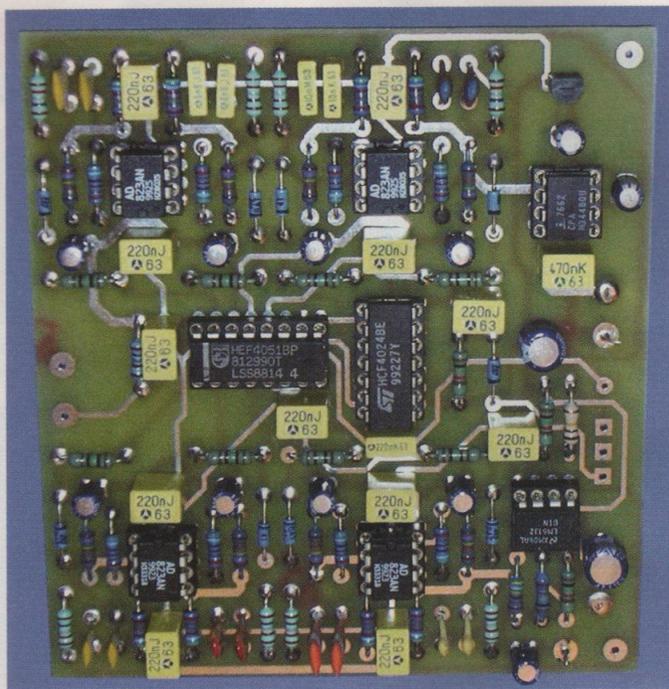
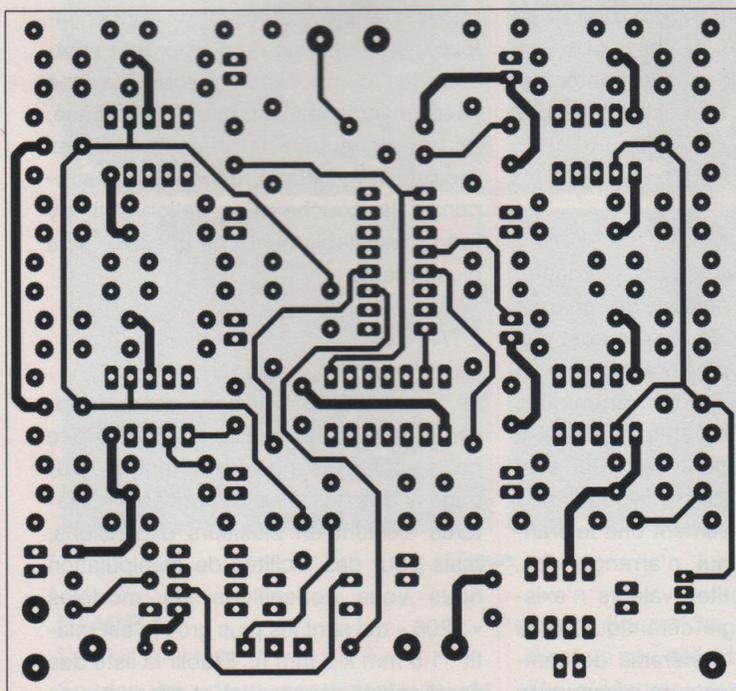


Figure 10



crête. Précisons qu'une diode au silicium classique présente un seuil de 0,6 V environ.

RÉALISATION PRATIQUE

Le circuit étant imprimé sur un support double-face, le tracé des pistes de la face inférieure est indiqué en **figure 9** et le tracé des pistes de la face supérieure est indiqué en **figure 10**. Le plan d'implantation des composants de la **figure 11** montre une bonne densité de composants. Pour vous aider dans cette réalisation un peu délicate, le service « circuits imprimés » de Led vous propose ce circuit imprimé dans la technologie des trous métallisés. Ce procédé de fabrication assure automatiquement les liaisons entre les deux faces du circuit, ce qui permet un soudage facile des composants sur une seule face. L'étamage du circuit par le fabricant simplifie encore le soudage. Précisons que les condensateurs qui déterminent la fréquence centrale de chaque filtre doivent être câblés en dernier. Nous leur consacrerons un paragraphe spécifique.



Figure 12a : Condensateurs au pas de 5,08 mm

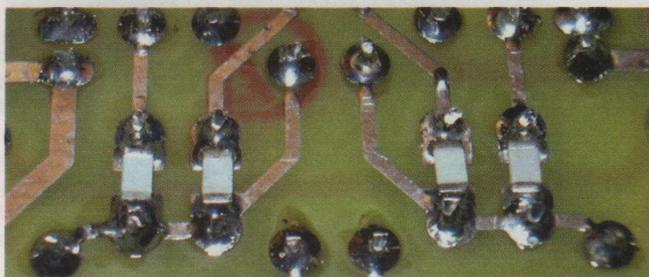


Figure 12b : Condensateurs « CMS » d'ajustage

COUPLES DE CONDENSATEURS

Fréquence	Capacité requise	Combinaison
20 Hz	480 nF	470 nF + 10 nF
31,5 Hz	303 nF	270 nF + 33 nF
50 Hz	192 nF	180 nF + 12 nF
80 Hz	120 nF	100 nF + (18 nF à 22 nF)
125 Hz	76,2 nF	68 nF + 8,2 nF
200 Hz	48 nF	47 nF + 1 nF
315 Hz	30,3 nF	27 nF + 3,3 nF
500 Hz	19,2 nF	18 nF + 1,2 nF
800 Hz	12 nF	10 nF + (1,8 nF à 2,2 nF)
1,25 kHz	7,62 nF	6,8 nF + 820 pF
2 kHz	4,8 nF	4,7 nF + 100 pF
3,15 kHz	3,03 nF	2,7 nF + 330 pF
5 kHz	1,92 nF	1,8 nF + 120 pF
8 kHz	1,2 nF	1 nF + (180 pF à 220 pF)
12,5 kHz	762 pF	680 pF + 82 pF
20 kHz	480 pF	470 pF + 10 pF

Tableau 1

À PROPOS D'UNE RÉALISATION ARTISANALE DES CIRCUITS

Si vous préférez réaliser vous-même vos circuits imprimés, il est souhaitable de souder en priorité les supports de circuits intégrés pour IC1 à IC8, afin d'accéder facilement aux broches qui demandent une soudure sur la face supérieure.

Ensuite, on peut passer aux résistances et aux diodes, les condensateurs n'étant soudés qu'à la fin. Chaque fois qu'un condensateur est mis en place, veillez à vérifier s'il y a une connexion à souder sur la face supérieure.

Le cas échéant, il suffit de le surélever légèrement pour y accéder avant de souder la face inférieure. Avec un circuit à trous métallisés, ce problème ne se pose pas !.

SÉLECTION DES CONDENSATEURS DE FILTRAGE

C'est probablement la phase la plus délicate de cette réalisation ! Le **tableau 1**

indique pour chacune des fréquences la valeur de capacité requise et le couple de condensateurs à placer en parallèle pour obtenir cette valeur avec précision. Le circuit imprimé est prévu pour recevoir un condensateur au pas de 5,08 mm sur la face supérieure (**figure 12a**) et un composant CMS sur la face inférieure (**figure 12b**). Précisons que l'obtention de chaque couple nécessite quelques étapes :

ETAPE 1 Approvisionnement

Il faut dans un premier temps se procurer la valeur la plus élevée de chaque couple. Choisissez de préférence des condensateurs du type « Plastique ». Certains condensateurs céramiques dérivent beaucoup trop en fonction de la température, notamment ceux qui sont prévus uniquement pour le découplage. Ces derniers ont également une tolérance très large, ce qui n'arrange rien. Evidemment, les petites valeurs n'existent qu'en technologie céramique, et si on a le choix, il est préférable de commander des condensateurs céramiques spécifiquement prévus pour le filtrage.

ETAPE 2

Mesure initiale des condensateurs

Il faut mesurer la valeur réelle du composant et en déduire la valeur manquante. Il peut être judicieux d'effectuer un tri entre différentes valeurs proches si vous disposez d'un stock suffisant de condensateurs. On a vite fait de s'y perdre : scotchez les composants retenus sur une feuille et indiquez leur valeur à proximité. Avant d'effectuer la mesure, étamez préalablement leurs broches afin de supprimer la couche d'oxydation qui s'y forme inévitablement. La mesure sera plus précise.

ETAPE 3

Commande des CMS

Le terme « CMS » désigne des composants montés en surface, c'est-à-dire qu'ils sont bruts, ne comportant ni enrobage ni broches. Ces composants miniatures existent en plusieurs dimensions, mais pour des facilités de manipulation nous vous conseillons les modèles « 1206 » qui sont les plus gros (c'est relatif : 1,5 mm x 3 mm !). Etablir la liste des composants nécessaires et effectuer une commande.

ANALYSEUR SPECTRAL A 16 VOIES

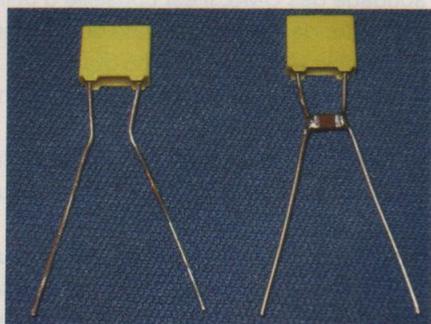


Figure 13a :
Assemblage des condensateurs



Figure 13b :
Vérification de la valeur finale

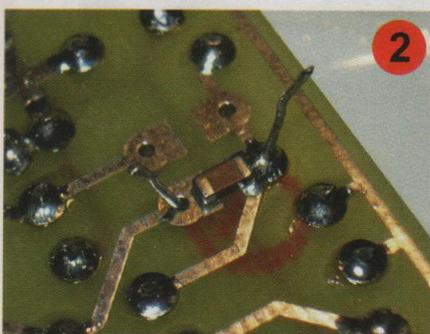


Figure 14

ETAPE 4

Vérification de la valeur finale

Souder les deux condensateurs de chaque couple en parallèle comme indi-

qué en **figure 13a**.

C'est un peu délicat mais il est préférable de s'assurer que la combinaison convient (**figure 13b**) avant de les monter

sur le circuit imprimé. Toutefois cette étape pourrait être shuntée, à vous de décider....

Pour terminer avec un exemple concret, prenons le cas de C7 et C8 qui doivent être étalonnés à 480 nF.

Il y a peu de chances pour que l'association [470 nF + 10 nF] donne satisfaction, car il faut compter sur une dérive de la valeur réelle du condensateur de 470 nF. Admettons qu'après mesure de ce composant, on trouve 452 nF :

$$480 - 462 = 18 \text{ nF}$$

Il faut dans ce cas commander un condensateur CMS de 18 nF !

Evidemment, ce cas de figure est idéal, puisqu'on trouve ici une valeur normalisée.

Dans le cas contraire, dirigez-vous simplement sur la valeur la plus proche. Il est parfaitement inutile d'utiliser deux CMS en parallèle pour parvenir au résultat final, car un léger écart avec la valeur souhaitée à peu d'incidence sur le résultat final !

En effet, le condensateur CMS ne participe qu'à hauteur de 10 % ou 20 % de la valeur totale : l'impact d'une légère variation à ce niveau est alors diminué dans les mêmes proportions.

Signalons également qu'une différence de valeur entre les deux condensateurs d'un même filtre (par exemple C7 et C8) peut entraîner un écart de gain de la cellule. Cet écart de gain pourrait être corrigé en modifiant légèrement la valeur de la résistance d'entrée du filtre (prévue initialement à 47 kΩ), car cette résistance ne joue que sur le gain global du filtre et n'influence pas sa fréquence.

Bien entendu, il faudra disposer d'un GBF associé à un oscilloscope pour évaluer le gain de chaque étage.

SOUDAGE DES CONDENSATEURS SUR LE CIRCUIT IMPRIMÉ

Il suffit de respecter la procédure illustrée sur la **figure 14** pour que cette opération ne paraisse pas trop fastidieuse. Pour le

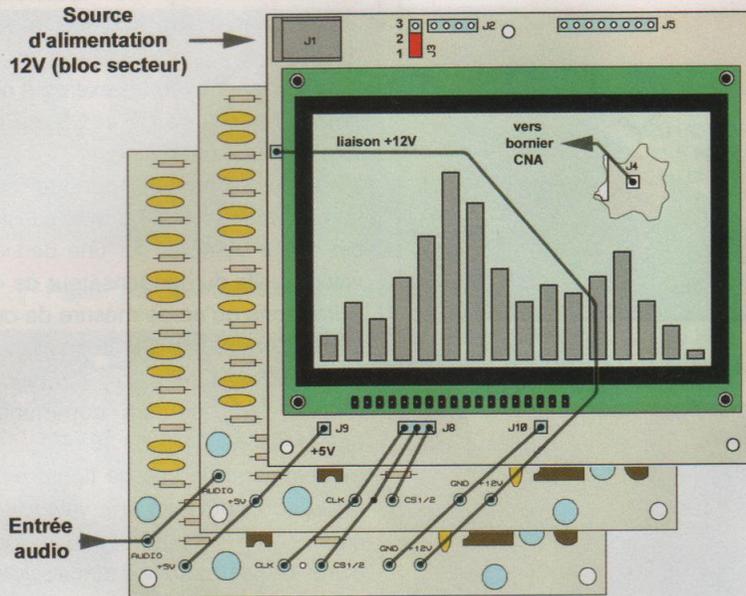


Figure 15 : Plan de câblage de l'analyseur

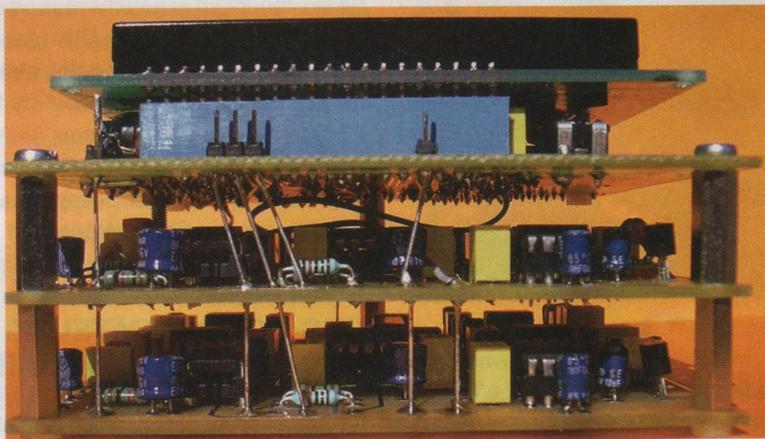


Figure 16 : Assemblage des modules de l'analyseur spectral 16 voies

soudage des CMS, il est conseillé d'utiliser un fer de faible puissance doté d'une panne fine (ANTEX CS18 ou JBC 14S).

1. Souder une seule patte du composant sur le circuit imprimé

2. Poser le condensateur CMS sur la face inférieure. Sa mise en place peut être facilitée avec un petit tournevis.

3. Poser le fer préalablement étamé sur la pastille déjà soudée. La soudure va se fluidifier et se diffuser sur la surface étamée du condensateur CMS. Il n'est absolument pas utile de toucher directement le CMS avec le fer à souder !

4. Après refroidissement, appliquer de la soudure sur la deuxième pastille.

Si vous n'êtes pas certain de la qualité des soudures, vous pouvez les retoucher en appliquant une petite dose supplémentaire de soudure sur chaque pastille.

CÂBLAGE DES DIFFÉRENTS MODULES

Les trois cartes (un module d'affichage et deux modules de filtrage) sont prévues pour être montées l'une au-dessus de l'autre, conformément au plan de la **figure 15**. Le module de filtrage qui supporte les fréquences les plus basses (20 Hz – 500 Hz) est placé au-dessous. Toutes les connexions communes du connecteur peuvent ainsi être reliées en parallèle, à l'exception de CS1 et CS2 qui doivent respecter un câblage individuel. Les photographies de la **figure 16** présentent la chronologie de câblage qu'il est conseillé d'adopter :

1. Reliez les deux modules de filtrage par des entretoises, puis placez des brins de câblage rigides (éventuellement des pattes de résistances) entre les deux cartes, comme indiqué sur les clichés. Signalons que les deux sorties CAN, masquées sur le plan de câblage, sont à relier aussi.

2. Placez les deux liaisons en fils souples entre la carte d'affichage et le module de filtrage supérieur. Il s'agit de la liaison [J4 ↔ CAN] et de la liaison [+ 12 V]. Ces deux câbles pourront être soudés sur le

ANALYSEUR SPECTRAL A 16 VOIES

PERFORMANCES DE L'ANALYSEUR

F. théorique	F. mesurée	Capacité théorique	Capacité mesurée
20 Hz	18,8 Hz	480 nF	485 nF
31,5 Hz	30,5 Hz	303 nF	307 nF
50 Hz	48 Hz	192 nF	198 nF
80 Hz	78,5 Hz	120 nF	122 nF
125 Hz	126 Hz	76,2 nF	76 nF
200 Hz	200 Hz	48 nF	48 nF
315 Hz	312 Hz	30,3 nF	30,2 nF
500 Hz	505 Hz	19,2 nF	19 nF
800 Hz	805 Hz	12 nF	11,9 nF
1,25 kHz	1,26 kHz	7,62 nF	7,68 nF
2 kHz	2,05 kHz	4,8 nF	4,9 nF
3,15 kHz	3,08 kHz	3,03 nF	3,02 nF
5 kHz	5,3 kHz	1,92 nF	1,93 nF
8 kHz	8,6 kHz	1,2 nF	1,19 nF
12,5 kHz	13,2 kHz	762 pF	758 pF
20 kHz	20 kHz	480 pF	482 pF

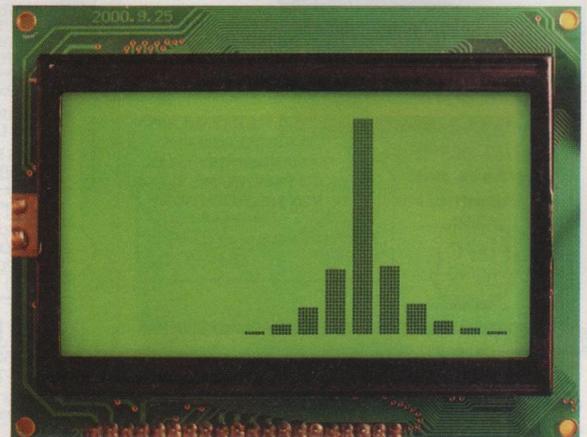


Figure 17

Tableau 2

coté « pistes » du module Bargraph, pour éviter que les cordons soient visibles de l'extérieur.

3. Fixez enfin le module Bargraph avec des entretoises, puis mettez en place les dernières liaisons inter-cartes.

PERFORMANCES OBTENUES

Le **tableau 2** présente les résultats des mesures effectuées sur les 16 voies. La

valeur que nous avons obtenue sur chaque couple de condensateurs est indiquée dans la 4^e rangée du tableau.

Nous avons eu un coup de chance sur la valeur 48 nF : un condensateur de 47 nF de la série E12 faisait juste cette valeur ! On peut remarquer que la dérive en fréquence est autour de 6 % dans le pire des cas.

Les fréquences qui sont plus élevées que la valeur théorique pourraient être corri-

gées en ajoutant une petite capacité CMS en parallèle avec celle d'origine. C'est le cas notamment de la fréquence 8,6 kHz qui est la plus éloignée de sa valeur théorique.

Le cliché de la **figure 17** a été obtenu en envoyant un signal sinusoïdal de fréquence 2 kHz sur l'entrée audio.

On peut d'ailleurs constater son influence non négligeable sur les filtres voisins.

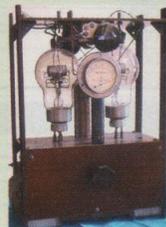
Bernard Dalstein

Salle des fêtes BONNEVAL 2004

Samedi 18 septembre 2004 - 9^e Grande Exposition - Bourse

Thème 2004 : « Les appareils bakélite de qualité »

- ▶ Postes à Lampes et à Galène
- ▶ T.S.F. civile & militaire
- ▶ Appareils Hi-Fi & Accessoires
- ▶ Radio Amateurisme
- ▶ Téléphonie ancienne
- ▶ Phonographes & Disques
- ▶ Documentations & Composants



Renseignements : Pierre Frichot Tél. : 02 37 47 42 00 GSM 06 12 76 63 30
 Fax : 02 37 47 38 12 e-mail : frichotp@wanadoo.fr

FREQUENCE TUBES

La passion des tubes

HORAIRES D'ÉTÉ

DU MARDI AU VENDREDI :
14H00 - 18H00
TOUTES LES COMMANDES
SERONT TRAITÉES DURANT
LES VACANCES

METTEZ EN VALEUR
VOS ÉLECTRONIQUES :
précision, assise
et transparence avec



TOUTS NOS TUBES
SONT TRIÉS ET
APPARIÉS PAR
QUANTITÉ SUR
BANC DYNAMIQUE

CONSULTEZ-NOUS
POUR TOUTES VOS
DEMANDES SPÉCIALES
NOUS FABRIQUONS SELON
VOS SPÉCIFICATIONS

PLUS DE 1200 REF.
DE TUBES EN STOCK.

COMPOSANTS :
CONDENSATEURS,
RÉSISTANCES,
POTENTIOMÈTRES,
TOUTES VALEURS,
PIÈCES DÉTACHÉES,
SUPPORT DE TUBES,
TRANSFORMATEURS,
CONNECTIQUES.
RÉPARATION ET RESTAURATION
DE TOUTES LES ÉLECTRONIQUES :
TUBES ET TRANSISTORS
TOUTES MARQUES

Promo Tubes

12AT7WA/ECC81 RTC les 5 : 25,00 €
12AU7A/ECC82 RTC les 5 : 25,00 €



ELECTRO-HARMONIX
GENERAL ELECTRIC
JJ / TESLA
MULLARD
RTC/PHILIPS/SOVTEK
SYLVANIA
SVETLANA
TELEFUNKEN

TRANSFORMATEURS

Tôles grains orientés M6X recuites
Cuivre OFC

Imprégnation étuve pour les capots
Résine epoxy pour les cuves

Cuve peinture au four
Transfo moule résine

Capot nickelé poli



LED N°169/181
PUSH PULL 845

TRANSFO ALIM : 122,00 €
TRANSFO SORTIE : 91,00 €
INDUCTANCE : 55,00 €
INTERETAGE : 67,00 €

Transformateurs audio

(Fabrication française : MAGNETIC SA)

TYPE	Z	CAPOT	CUVE
PUSH EL84	8000	43,00 €	59,00 €
PUSH EL34	3800	60,00 €	72,00 €
300B	3000	75,00 €	94,00 €
300B	3000	PRESTIGE	200,00 €
PUSH 6C33	3000	TORIQUE	60,00 €
211/845SE	9000		136,00 €
PUSH 6550	3800	75,00 €	95,00 €
SELF	5HY03A	30,00 €	43,00 €
SELF	10HY03A	35,00 €	48,00 €
SELF	10HY05A	44,00 €	60,00 €
ALIM	150VA	51,00 €	60,00 €
ALIM	250VA	62,00 €	76,00 €
ALIM	350VA	74,00 €	90,00 €
ALIM	500VA	95,00 €	123,00 €

Sortie

N° LED	CAPOT	CUVE
143-145	75,00 € T4	95,00 € C4
151	43,00 € T2	59,00 € C2
157	75,00 € T4	95,00 € C4
159	60,00 € T3	72,00 € C3
161-162		136,00 € C4
165	75,00 € T4	95,00 € C4
166	60,00 € T3	72,00 € C3
169	75,00 € T4	95,00 € C4
170	60,00 € T3	72,00 € C3
171	60,00 € T3	72,00 € C3
172-173		95,00 € C4
175		
175	60,00 €	72,00 €
177		102,00 €

site : magnetic.com.free.fr

Alim

CAPOT	CUVE
62,00 € T4	76,00 € C4
62,00 € T2	76,00 € C4
74,00 € T5	90,00 € C5
62,00 € T4	76,00 € C4
	123,00 € C6
74,00 € T5	90,00 € C5
62,00 € T4	76,00 € C4
74,00 € T5	90,00 € C5
62,00 € T4	76,00 € C4
62,00 € T4	76,00 € C4
	123,00 € C6
42,00 €	52,00 €
70,00 €	90,00 €
	83,00 €

Tubes ELECTRO HARMONIX

Assortiment complet des références de tubes audio
munies de leur suffixe E.H., symbole de haute fiabilité
et de tenue des spécifications

300 B	E.H.	165,00 €
6550	E.H.	46,00 €
EL 34	E.H.	22,00 €
6CA7	E.H.	29,00 €
6L6GC	E.H.	26,00 €
6V6GT	E.H.	17,00 €
12AX7	E.H.	20,00 €
7591	E.H.	35,00 €
6CG7	E.H.	22,00 €
6SN7	E.H.	23,00 €
12AY7	E.H.	22,00 €
12BH7	E.H.	22,00 €
12AU7	E.H.	21,00 €
12AT7	E.H.	20,00 €
KT88	E.H.	57,00 €
5U4GB	E.H.	22,00 €
EL84	E.H.	16,00 €
6922	E.H.	23,00 €
KT90	E.H.	70,00 €

Tubes ELECTRO HARMONIX gold

2A3	E.H.	98,00 €
6C45PI	E.H.	48,00 €
6CG7	E.H.	32,00 €
6H30PI	E.H.	48,00 €
6SN7	E.H.	35,00 €
12AT7	E.H.	31,00 €
12AX7	E.H.	31,00 €
12AU7	E.H.	32,00 €
12AY7	E.H.	32,00 €
12BH7	E.H.	32,00 €
300B	E.H.	196,00 €
5751	E.H.	32,00 €
6922	E.H.	32,00 €

TUBES ÉLECTRONIQUES



SOVTEK

2A3	SOVTEK	50,00 €
5881	SOVTEK	22,00 €
6922	SOVTEK	20,00 €
6C45PI	promo SOVTEK	22,18 €
6EU7	SOVTEK	29,00 €
6H30PI	promo SOVTEK	23,41 €
6SL7	SOVTEK	12,00 €
6SN7	SOVTEK	14,00 €
7591XYZ	SOVTEK	23,00 €
12AX7LPS	SOVTEK	20,00 €
EL84M/7189	SOVTEK	23,00 €
5U4G	SOVTEK	22,00 €
6C19PI	SOVTEK	19,00 €
6PI45C/EL509	SOVTEK	38,00 €
EM80	SOVTEK	16,00 €
5AR4/GZ34	SOVTEK	23,00 €
6CW4	Nuvistor SOVTEK	22,00 €
GM70	SOVTEK	142,00 €
6C33C-B	SOVTEK	64,00 €
6N7	SOVTEK	14,00 €
EF86/6267	SOVTEK	20,00 €

DIVERS

5963/12AU7A	RCA	16,00 €
6528	TUNGSOL	45,00 €
EC86	EUROPE	8,00 €
EZ80	EUROPE	13,00 €
7308	SIEMENS	21,00 €
845	CHINO	75,00 €
807	EUROPE	25,00 €
EF86	EUROPE	13,00 €
ECL82	EUROPE	12,00 €
ECL86	EUROPE	13,00 €
EL86F	EUROPE	11,00 €
EL183	EUROPE	9,00 €
EL34	JJ/TESLA	22,00 €
12 DW7/ECC832	JJ/TESLA	18,00 €
ECC 99	JJ/TESLA	30,00 €

USA - Military JAN tubes

6AS7G	JAN	18,00 €
6AV6	JAN	11,00 €
6C4WA	JAN	17,94 €
6U8A/ECF82	JAN	13,00 €
6X4 WA	JAN	10,00 €
829B/3E29	JAN	64,00 €
5814 A/12AU7	JAN	15,00 €
6080 WC	JAN	22,00 €
OA2	JAN	8,00 €
OB2	JAN	8,00 €
6AN8	JAN	17,94 €
5842/417A	JAN	17,00 €
6AQ8/ECC85	JAN	24,00 €
6B4G	JAN	68,30 €
12AZ7	JAN	20,00 €
567OW	JAN	15,55 €
7199	JAN	51,00 €

Supports tubes

NOVAL CI		2,90 €
NOVAL CHASSIS OR		6,10 €
NOVAL CHASSIS BLINDE		4,00 €
OCTAL CI		2,90 €
OCTAL CHASSIS USA		4,60 €
MAGNOVAL		5,00 €
JUMBO (845) OR		19,00 €
5 broches (807)	USA	8,37 €
Miniature 7 br CI		2,90 €
Capuchon (807)		3,15 €
7 broches 6C33C-B/829B		8,40 €

CONDENSATEURS

Condensateurs LCR

(Made in England)

16 + 16 μ F	/ 450 v	24,00 €
200 μ F	/ 500 v	35,00 €
200 + 200 μ F	/ 500 v	55,00 €



Condensateurs F&T

(Made in Germany)

32 + 32 μ F	/ 500 v	18,00 €
50 + 50 μ F	/ 500 v	20,00 €
100 + 100 μ F	/ 500 v	33,00 €



Condensateurs "JJ"

32 + 32 μ F	/ 500 v	14,04 €
50 + 50 μ F	/ 500 v	15,06 €
100 + 100 μ F	/ 500 v	22,72 €
40 + 20 + 20 + 20	/ 500 v	38,03 €



Condensateurs mica-argenté

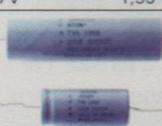
10 pF	/ 500 v	0,92 €
22 pF	/ 500 v	0,92 €
33 pF	/ 500 v	0,92 €
47 pF	/ 500 v	0,92 €
68 pF	/ 500 v	0,92 €
100 pF	/ 500 v	0,92 €
120 pF	/ 500 v	0,95 €
150 pF	/ 500 v	1,00 €
220 pF	/ 500 v	1,05 €
250 pF	/ 500 v	1,10 €
390 pF	/ 500 v	1,23 €
500 pF	/ 500 v	1,33 €
680 pF	/ 500 v	1,33 €
1 nF	/ 500 v	1,33 €



Sprague "ATOM" standard

(USA)

10 μ F	/ 500 v	8,00 €
20 μ F	/ 500 v	8,50 €
40 μ F	/ 500 v	12,50 €
80 μ F	/ 450 v	12,00 €



Condensateurs

(Made in Japan) "Illinois"

22 μ F	/ 500 v	6,00 €
47 μ F	/ 500 v	12,00 €
100 μ F	/ 450 v	10,00 €



Potentiomètre PIHER

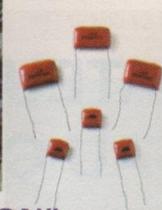
axe métal, de 100 Ω à 10 M Ω - mono/stéréo - lin/log
simple 9,15 €
double 13,72 €



Condensateurs "XICON"

(Made in Japan) - polypropylène

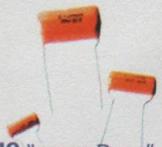
1 nF	/ 630 v	0,77 €
2,2 nF	/ 630 v	0,77 €
4,7 nF	/ 630 v	0,77 €
10 nF	/ 630 v	0,77 €
22 nF	/ 630 v	0,90 €
47 nF	/ 630 v	1,07 €
100 nF	/ 630 v	1,17 €
220 nF	/ 630 v	1,61 €
470 nF	/ 630 v	3,10 €



Condensateurs Sprague "orange Drops"

715 polypropylène

1 nF	/ 600 v	1,15 €
1,5 nF	/ 600 v	1,17 €
2,2 nF	/ 600 v	1,20 €
3,3 nF	/ 600 v	1,23 €
4,7 nF	/ 600 v	1,25 €
10 nF	/ 600 v	1,28 €
15 nF	/ 600 v	1,66 €
22 nF	/ 600 v	1,74 €
47 nF	/ 600 v	2,04 €
68 nF	/ 600 v	2,43 €
100 nF	/ 600 v	2,68 €
150 nF	/ 600 v	3,57 €
220 nF	/ 600 v	4,85 €
470 nF	/ 400 v	4,72 €



Condensateurs Sprague "orange Drops"

série 716 très haute performance

1 nF	/ 600 v	1,71 €
2,2 nF	/ 600 v	1,79 €
3,3 nF	/ 600 v	1,82 €
4,7 nF	/ 600 v	1,86 €
6,8 nF	/ 600 v	1,89 €
10 nF	/ 600 v	1,91 €
22 nF	/ 600 v	2,60 €
33 nF	/ 600 v	2,82 €
47 nF	/ 600 v	3,01 €
100 nF	/ 600 v	3,83 €
220 nF	/ 600 v	5,36 €
470 nF	/ 400 v	5,54 €



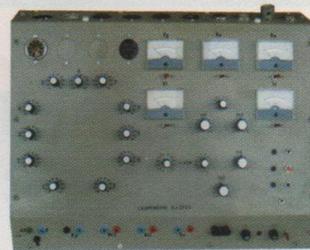
Condensateurs F&T

(Made in Germany)

22 μ F	/ 500 v	6,76 €
47 μ F	/ 500 v	10,85 €
80 μ F	/ 450 v	12,51 €
100 μ F	/ 450 v	15,06 €



TOUS LES PRODUITS PRÉSENTÉS PERMETTENT LA RÉNOVATION DE MATÉRIELS ANCIENS AVEC DES COMPOSANTS D'ORIGINE.



LED N°180

LAMPÈMÈTRE

Kit transformateurs :	95,00 €
Kit Galvas + commutateurs :	100,00 €
KIT COMPLET :	580,00 €

Filtres Secteurs Magnetic SA

Composition : transformateur hyper-isolation suivi de 2, 4, 6 filtres (cellule double double Pi)
Fréquence de coupure : 1000 Hz

CL2	/ 1200 W	520,00 €
CL4	/ 2000 W	670,00 €
CL6	/ 2500 W	880,00 €

Condensateurs "Audience Auricaps"

polypropylène - très haute performance

100 nF	/ 450 v	14,81 €
220 nF	/ 450 v	17,61 €
330 nF	/ 450 v	18,38 €
470 nF	/ 450 v	20,68 €
680 nF	/ 450 v	22,21 €
1 μ F	/ 450 v	23,48 €
2,2 μ F	/ 450 v	26,80 €
10 nF	/ 600 v	13,91 €
22 nF	/ 600 v	14,93 €
47 nF	/ 600 v	16,21 €
100 nF	/ 600 v	19,14 €
220 nF	/ 600 v	20,17 €
470 nF	/ 600 v	24,25 €
1 μ F	/ 600 v	49,78 €



Série Standard

2,2 μ F	/ 350 v	0,60 €
10 μ F	/ 450 v	1,50 €
47 μ F	/ 360 v	2,20 €
47 μ F	/ 450 v	2,50 €
100 μ F	/ 400 v	4,50 €
220 μ F	/ 385 v	6,50 €
220 μ F	/ 400 v	6,70 €
470 μ F	/ 400 v	13,90 €
1000 μ F	/ 250 v	10,30 €

Condensateurs "ERO" MKT

10 nF	/ 630 v	2,27 €
22 nF	/ 630 v	2,39 €
47 nF	/ 630 v	2,56 €
68 nF	/ 630 v	3,01 €
100 nF	/ 630 v	4,60 €
220 nF	/ 1000 v	5,61 €
470 nF	/ 630 v	6,80 €

CONDITIONS DE VENTE

RÈGLEMENT PAR CHEQUE JOINT À LA COMMANDE
PORT TUBE : 1 A 4 : 6,10 € AU-DELÀ 9,15 €
PORT TRANSFOS : COLISSIMO RECOMMANDÉ (NOUS JOINDRE)
PORT COMPOSANTS : FORFAIT 6,10 €
PAS DE MINIMUM DE FACTURATION

AMPLIFICATEUR POUR ÉCOUTE AU CASQUE



Cet amplificateur est destiné avant tout à l'écoute au casque. Il développe une puissance nominale de 100 mW sur 8 Ω , tout en affichant des spécifications dignes des meilleurs produits. Sa bande passante s'étend de 15 Hz à 30 kHz, son taux de distorsion est inférieur à 0,1 %. Une sortie haut-parleur est prévue mais considérée cette fois comme « auxiliaire ». Elle affiche une puissance nominale de 2 W pour un taux de distorsion inférieur à 0,2 %.

Le schéma que nous avons retenu pour cet amplificateur met en œuvre le concept élémentaire d'un push-pull piloté par un circuit déphaseur cathodyne

LES TUBES CHOISIS

Le choix s'est porté sur deux tubes en production courante, mais peu connus dans nos pages : 12DW7 et ECC99. C'est l'occasion d'élargir le champ de travail.

La 12DW7 fabriquée par Elite (El) est une double triode asymétrique dédiée au déphaseur cathodyne.

Pour faire simple : la première triode (broches 1-2-3) est équivalente à la ECC82 tout en pouvant dissiper 3,3 W et

la deuxième (broches 6-7-8) est équivalente à une ECC83.

Ce tube permet donc d'associer un bon facteur d'amplification ($\mu = 100$) au pilotage à basse impédance d'un étage push-pull sans s'essouffler (Figure 1).

Le broches 4 et 5 permettent l'alimentation en série des deux filaments (12,6V/150 mA).

Des essais ont été réalisés avec des ECC81 sans modification de circuit et donnent de bons résultats. Seule la DHT monte à 0,3 % à 100 mW.

La ECC99 est une double triode symétrique de dissipation anodique de 5 W par élément (Figure 2).

Elle est dédiée au pilotage en courant des étages de puissance ($I_k \text{ max} = 60 \text{ mA}$) et est utilisée ici en push-pull. Elle peut

délivrer 3 W audio à 1 % de DHT.

Les broches 4 et 5 permettent l'alimentation en série des deux filaments (12,6V/400mA).

C'est une création de la firme JJ/Tesla (Photo 1).

Les caractéristiques à 300V/15 mA n'étant pas publiées, elles ont été mesurées sur deux sections de deux tubes. Par curiosité, nous avons également vérifié les caractéristiques publiées par JJ à 150 V et 18 mA. Le facteur d'amplification $\mu = 22$ est confirmé, la pente s'est révélée un peu plus faible : 8,8 au lieu de 9,5 mA/V.

CIRCUIT AMPLIFICATEUR

Pour des raisons de stabilité, les deux triodes 12DW7 sont couplées par des capacités et polarisées par des tensions fixes issues d'un pont diviseur (R91, R92, R93), respectivement à + 30 et + 90 Vdc (Figure 3). Ceci évite les dérives du point de fonctionnement. C'est impératif pour conserver les spécifications de départ dans le temps.

Le gain de la première triode V1B s'élève à 73.

Nous avons ajouté un potentiomètre dans le circuit de cathode de la triode V1A afin d'ajuster l'amplitude du signal de pilotage des deux sections de la ECC99 pour un minimum de distorsion. Si vous ne disposez pas d'un distorsiomètre, remplacez R19 et R20 par une résistance de 33 k Ω /1W et placez un pontage à la place du potentiomètre.

Les deux cathodes du push-pull ECC99 sont reliées par deux résistances de 10 Ω /1 % afin de pouvoir équilibrer les courants d'anodes.

Cet équilibrage est obtenu par le potentiomètre P3 qui polarise les grilles de V3 à + 650 mV en sa position médiane si les deux sections de l'ECC99 sont appariées (on peut encore rêver...). Une différence de 10 mV entre cathodes correspond à un déséquilibre de 1 mA.

Si nécessaire, on pourra éventuellement réduire la valeur des R27, R28, R29 et

TRIODES 12DW7 ET ECC99

12DW7 Ratings

VaMax	PaMax	Notes
330	1,2	Section 1 (Pins 6,7,8)
330	3,3	Section 2 (Pins 1,2,3)

12DW7 Application Data

Class	Va	Vg1	Ia	Ra	S	μ	Notes
A	250	-2,0	1,2	62500	1,6	100	Section 1 (Pins 6,7,8)
A	100	-1,0	0,5	80000	1,25	100	Section 1 (Pins 6,7,8)
A	250	-8,5	10,5	7700	2,2	17	Section 2 (Pins 1,2,3)
A	100	0,0	11,8	6500	3,1	20	Section 2 (Pins 1,2,3)

Figure 1 : Caractéristiques de la triode 12DW7

ECC99 Ratings

VaMax	PaMax	IkMax	Notes
400	5	60	Each section

ECC99 Application Data

Class	Va	Vg1	Ia	Ra	S	μ	Notes
A	150	-4,0	18	2300	9,5	22	Spécifications JJ
A	150	-3,7	18	2600	8,8	23	Mesure
A	300	-10,8	15	3500	6,3	22	Mesure

Figure 2 : Caractéristiques de la triode ECC99

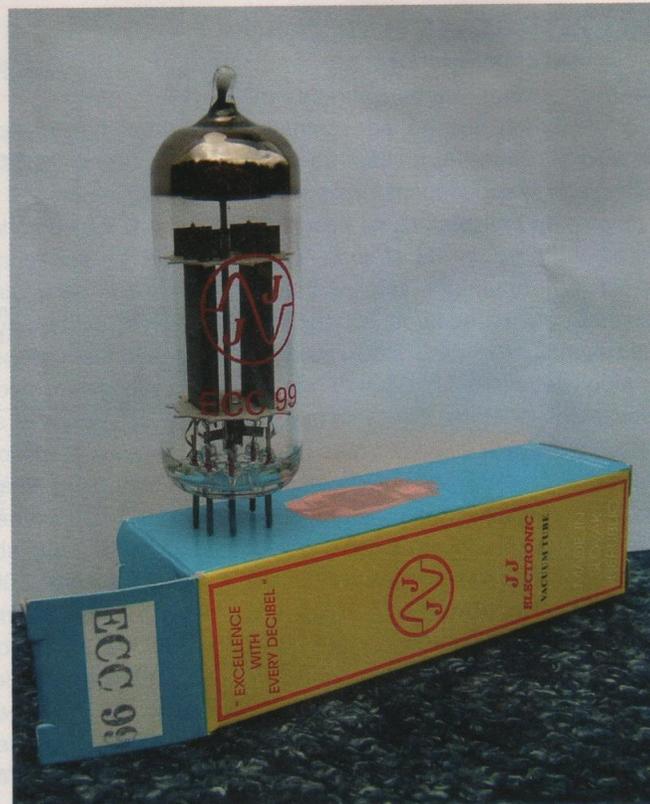


Photo 1 : Tube fabriqué par la firme JJ/Tesla

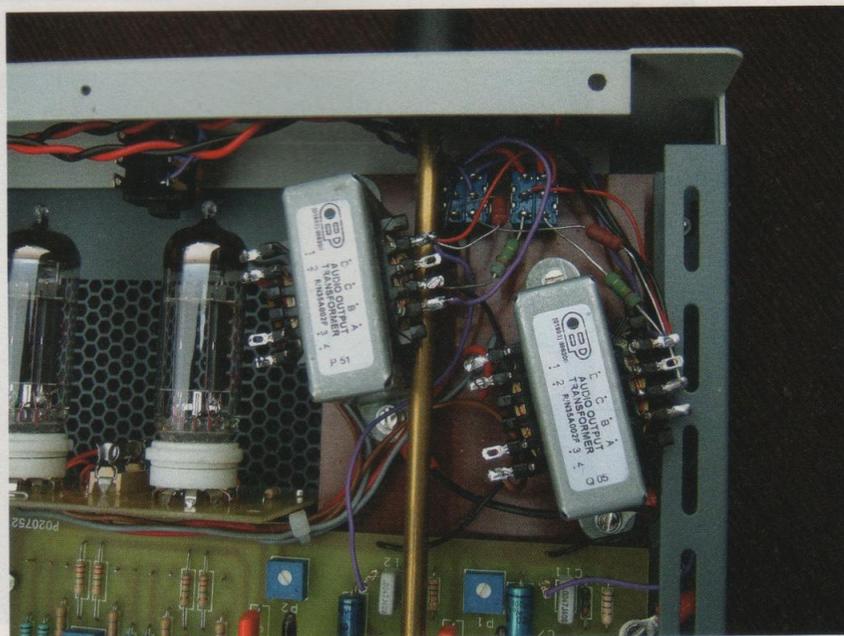


Photo 2 : Vue sur les transformateurs de sortie et les tubes de puissance ECC99

R30 de 2,2 M Ω à 1,8 M Ω afin d'augmenter la plage de réglage.

Le courant d'anode s'élève à 15 mA. Ce qui, sous les 300 V de Vak, nous donne une dissipation de 4,5 W par section. L'impédance Zaa du transformateur est de 14 k Ω pour 8 Ω aux broches BD.

Ce transformateur (Photo 2) est fabriqué par OEP (numéro de série : R/N35A002F) et a déjà été décrit dans l'article « Préamplificateur SRPP » paru dans *Led* n°180. Il figure dans le catalogue Radiospares (numéro de stock : 210-6475), mais n'est pas distribué en France. En cas de difficulté, n'hésitez pas à me contacter (adresse en fin d'article).

Le signal prélevé à la broche D du transformateur est réinjecté dans le circuit de cathode de la triode d'entrée par le pont diviseur R13-R7. Le taux de contre-réaction est de 14 dB.

AMPLIFICATEUR POUR ÉCOUTE AU CASQUE

Figure 3 :
Circuit amplificateur

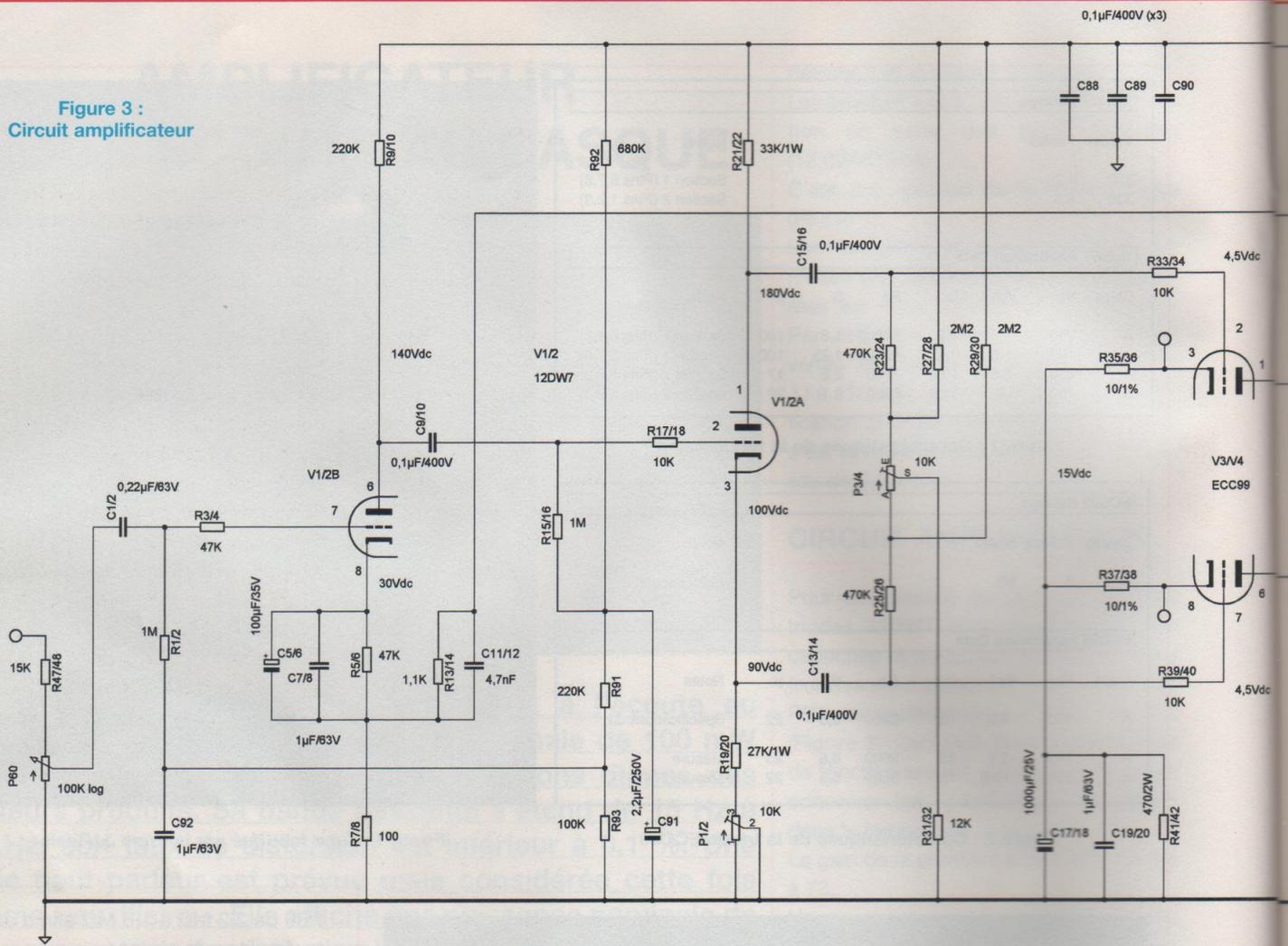
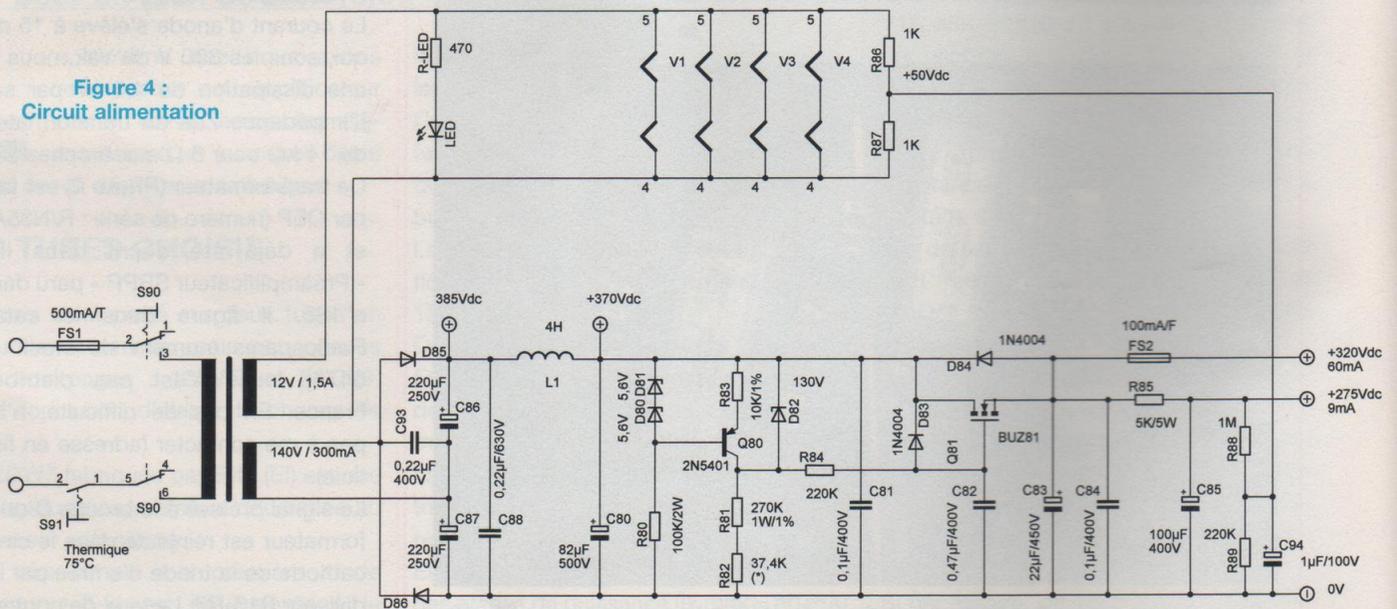
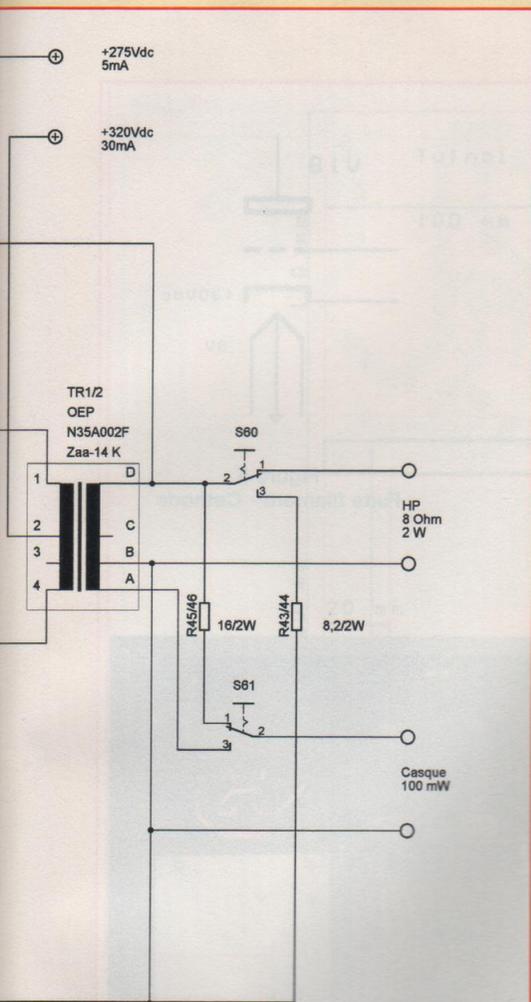


Figure 4 :
Circuit alimantation



TRIODES 12DW7 ET ECC99



ADAPTATION DES IMPÉDANCES

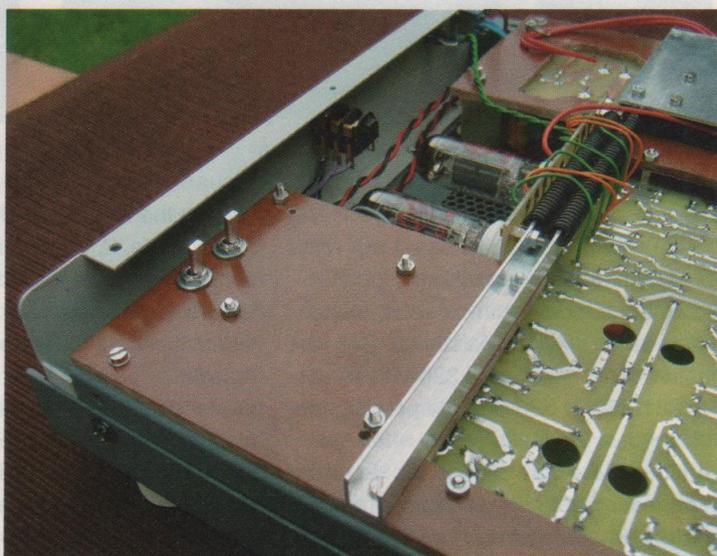
Pour l'écoute au casque, il doit être possible de couper les haut-parleurs. C'est la fonction de l'inverseur S60 qui commute une résistance de 8,2 Ω . Ceci permet de conserver la valeur $Z_{aa} = 14 \text{ k}\Omega$ de charge des anodes en l'absence de la charge du haut-parleur. L'impédance des casques n'est pas vraiment normalisée. Nous trouvons sur le marché des casques de 8, 32, 50 voire 600 Ω , ce qui nous oblige à avoir à disposition, pour une même puissance, des tensions assez différentes : 100 mW dans 8 Ω ne demande que 0,9 Vac alors que 100 mW dans 600 Ω exigent 7,7 Vac. L'inverseur S61 permet le choix entre haute ou basse impédance. En basse impédance, le signal maximum est de l'ordre de 1,5 Vac sous 0,5 Ω , ce qui convient aux casques de 8 à 32 Ω . En haute impédance, il s'élève à 5 Vac sous 16 Ω pour les casques de plus de 32 Ω . Ces deux commutateurs sont visibles de l'intérieur sur la photo 3. Ils sont accessibles sous le capot inférieur à l'avant gauche (Photos 3 et 4).

CIRCUIT D'ALIMENTATION

Un transformateur torique présente l'avantage de ne pas prendre trop de place en hauteur (50 mm). De plus, son rayonnement magnétique est insignifiant. Il propose au secondaire une tension de 140 V pour la HT et de 12 V pour le chauffage des filaments. La tension continue est obtenue par un redresseur doubleur (D85, D86) et le filtrage par la cellule L1-C80. L'ondulation pour un courant de 70 mA est de 10 Vpp avant L1 et 100 mVpp sur C80 (Figure 4).

Comme vous le constatez sur la photo 5, l'inductance « choke » utilisée sur le prototype n'est autre que le primaire d'un transformateur d'alimentation bon marché de 15 VA. Son inductance fait 4H pour 200 Ω de résistance. Tout autre inductance de 4H/70mA minimum peut faire l'affaire, la seule contrainte est sa hauteur qui ne doit pas dépasser 43 mm. Le transistor Q80 est monté en source de courant. Le 2N5401 est un PNP qui supporte une tension V_{ce} de 150 Vdc. La diode Zener D82 de 130V prévient le dépassement.

La tension stabilisée de 10 Vdc dévelop-



Photos 3 et 4 : Les commutateurs d'impédance sont accessibles sous l'amplificateur (une découpe est pratiquée dans le capot inférieur)

AMPLIFICATEUR POUR ÉCOUTE AU CASQUE

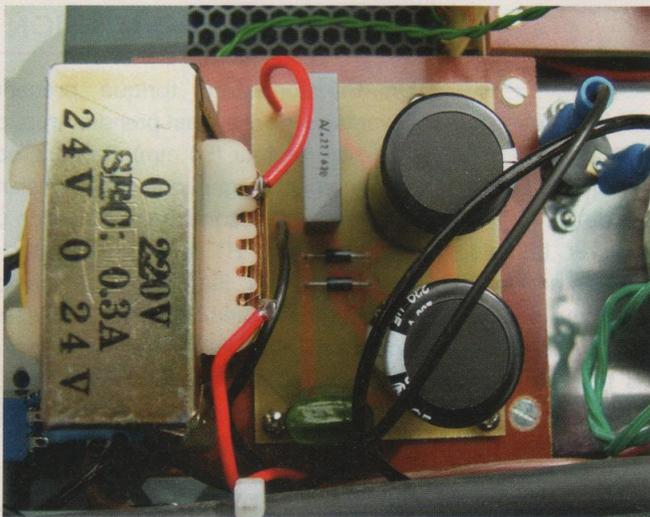


Photo 5
Doubleur
et filtre

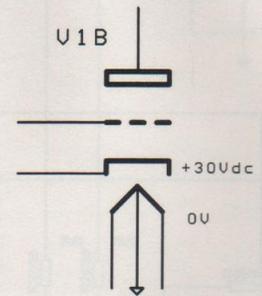


Figure 5
Fuite filament - Cathode



Photo 6 : Vue de dessus

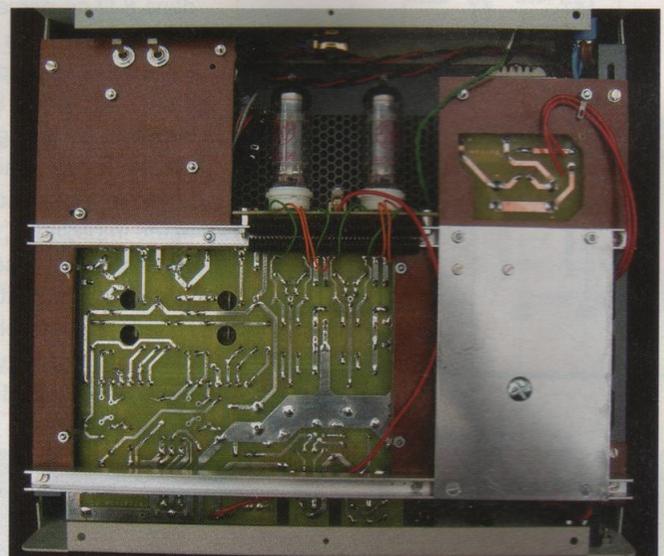


Photo 7 : Vue de dessous

pée aux bornes de R83 (10 k Ω - 1 %) induit un courant stabilisé de 1 mA dans les résistances R81 et R82.

Comme ce courant n'est pas exactement de 1 mA, la résistance R82 est choisie afin d'obtenir les 320 Vdc en sortie. R81, R82 et R83 ont une précision de 1 %.

Le filtre R84 - C82 élimine les dernières imperfections. Le bruit résiduel sur la sortie alimentation est de l'ordre de 100 μ Vpp.

Les tubes sont tous alimentés en 12 Vac. Pour prévenir les ronflettes dues à l'in-

fluence thermoïonique du filament vers la cathode de la triode d'entrée V1B, ils sont polarisés à + 50 Vdc.

Un mot d'explication : en général les filaments sont fixés au potentiel de la masse.

Or, le chauffage du filament émet des électrons qui sont attirés par la cathode si elle est plus positive (**Figure 5**).

La solution est soit d'alimenter les filaments en courant continu, soit comme ici de les polariser au-dessus de la tension de cathode.

Cette influence reste toutefois minime

parce que la cathode est shuntée à la masse par un condensateur. De plus, la contre-réaction écrase cette influence parasite. Mais l'écoute au casque ne pardonne aucun bruit et si nous voulons au minimum 80 dB de rapport S/B avec 1 Vac sur 8 Ω , le ronflement résiduel rapporté à l'entrée doit être inférieur à 20 μ V !

L'amplificateur est protégé par un fusible lent de 500 mA en entrée secteur, un fusible rapide de 100 mA sur les tubes de sortie et un thermique à 75° C qui coupe le tout en cas de surchauffe.

TRIODES 12DW7 ET ECC99

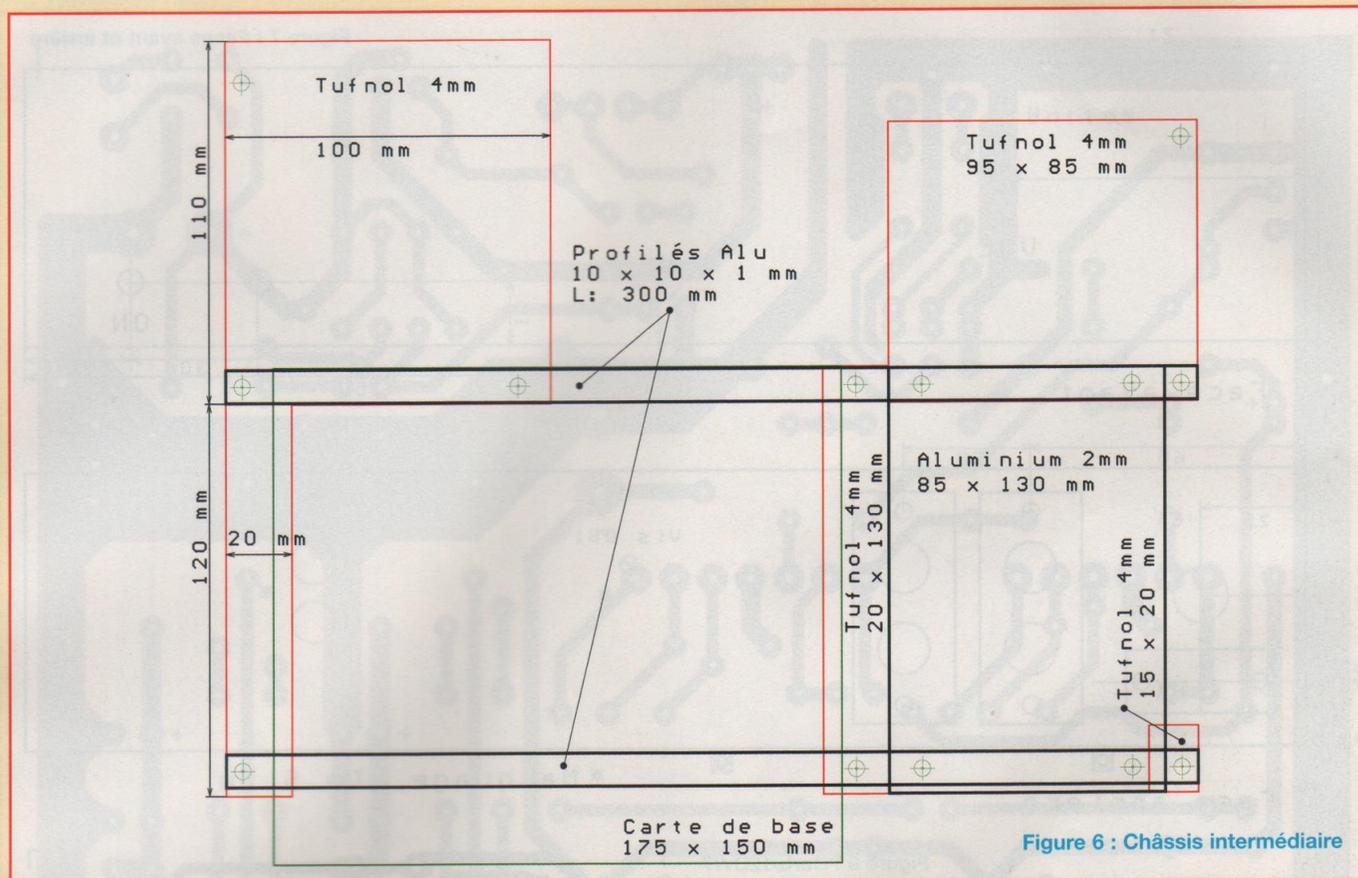


Figure 6 : Châssis intermédiaire

MISE EN ŒUVRE

LA MÉCANIQUE

Il est plus facile de réaliser en premier lieu la partie mécanique en se servant des cartes non montées.

Les photos 6 et 7 sont assez didactiques et vous serviront de guide pour la réalisation.

Un châssis intermédiaire fixé aux oreilles du boîtier supporte tous les éléments.

Le boîtier est le même que celui du pré-amplificateur SRPP paru dans *Led* n°180. Il est disponible chez Radiospares sous le numéro de stock 224-004. Les faces mesurent 65 x 300 mm sur 280 mm de profondeur.

Les pieds fournis ne permettent pas une ventilation suffisante pour des appareils à tubes. Nous utilisons dans toutes nos réalisations... des bouchons « d'arrêt de porte » disponibles dans les rayons bri-

colage (Photo 4). L'appareil est ainsi sur-élevé de 20 mm.

Il y a quatre pièces distinctes de Tufnol de 4 mm. Le Tufnol se vend par plaque de 285 x 590 mm chez Radiospares (numéro de stock : 374-418). C'est la matière qui convient le mieux à cette application (Figure 6).

A noter, la découpe dans la plaque de quelque 85 x 95 mm, afin d'accueillir la carte redresseur.

Une plaque d'aluminium de 2 mm (numéro de stock : 434-059) recevra le transformateur torique et le thermique.

Le tout est fixé d'équerre sur deux profilés aluminium de 10 x 10 x 1 mm disponibles dans les rayons bricolage.

L'ensemble est fixé aux oreilles du boîtier par trois vis situées de chaque côté du châssis.

Vous trouverez à la figure 7 l'emplacement des composants sur les faces avant et arrière.

Afin d'éviter les déconvenues, nous nous abstenons de donner certaines cotes de perçages. Il est plus sûr d'effectuer le marquage des trous *in situ*, lorsque tous les éléments sont disponibles, et en utilisant les cartes nues.

Il est d'ailleurs conseillé de vérifier également les cotes qui sont publiées. En effet, les composants fournis peuvent être légèrement différents.

La mise en place de la carte de base est plus délicate. Elle est solidaire de la face arrière par le connecteur RCA. La fixation au panneau arrière doit être faite avant de marquer la fixation de la carte sur le châssis intermédiaire. L'idéal est de réaliser cette opération avec la carte nue, équipée du seul connecteur RCA.

Après nous être assurés que tous les ensembles trouveront leur place, nous pouvons passer au montage des divers composants sur les quatre circuits imprimés.

AMPLIFICATEUR POUR ÉCOUTE AU CASQUE

Figure 7 : Faces avant et arrière

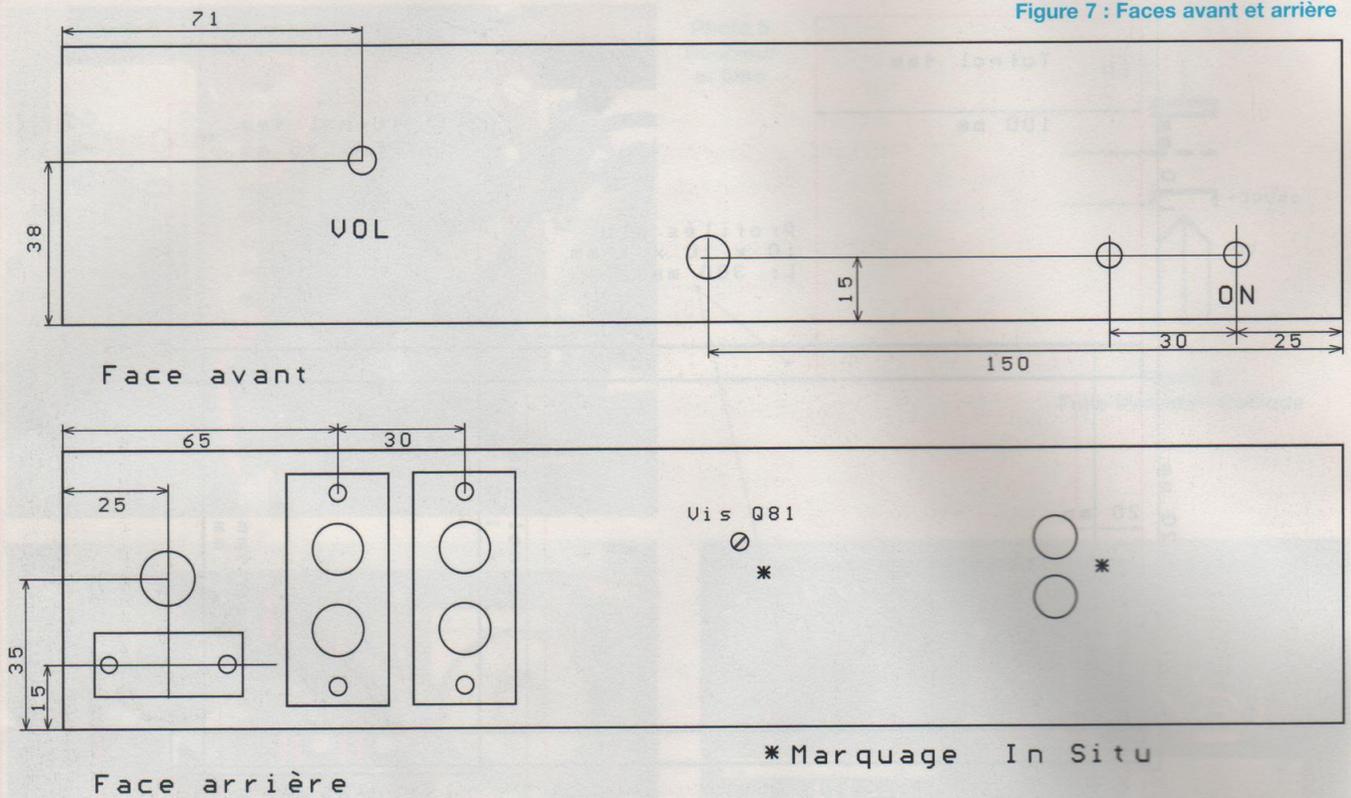


Figure 9 : Carte 12DW7

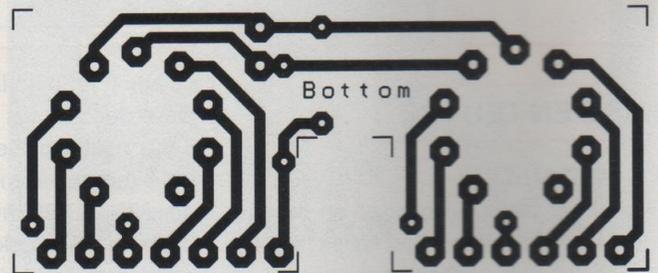


Figure 8 : Carte redresseur

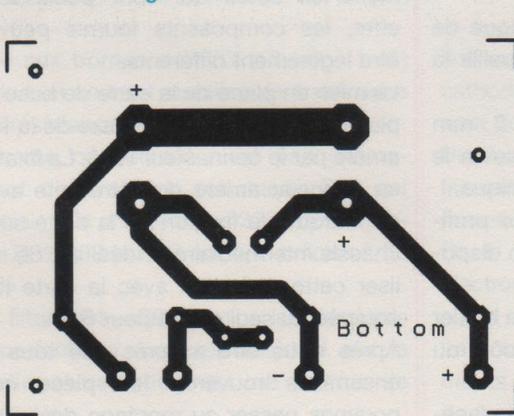
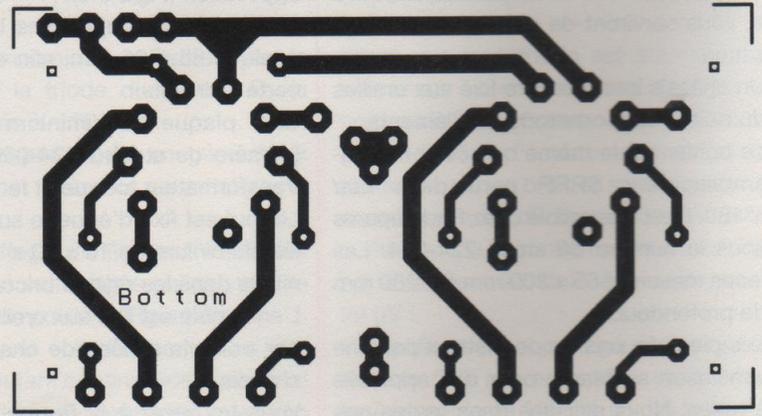


Figure 10 : Carte ECC99



TRIODES 12DW7 ET ECC99

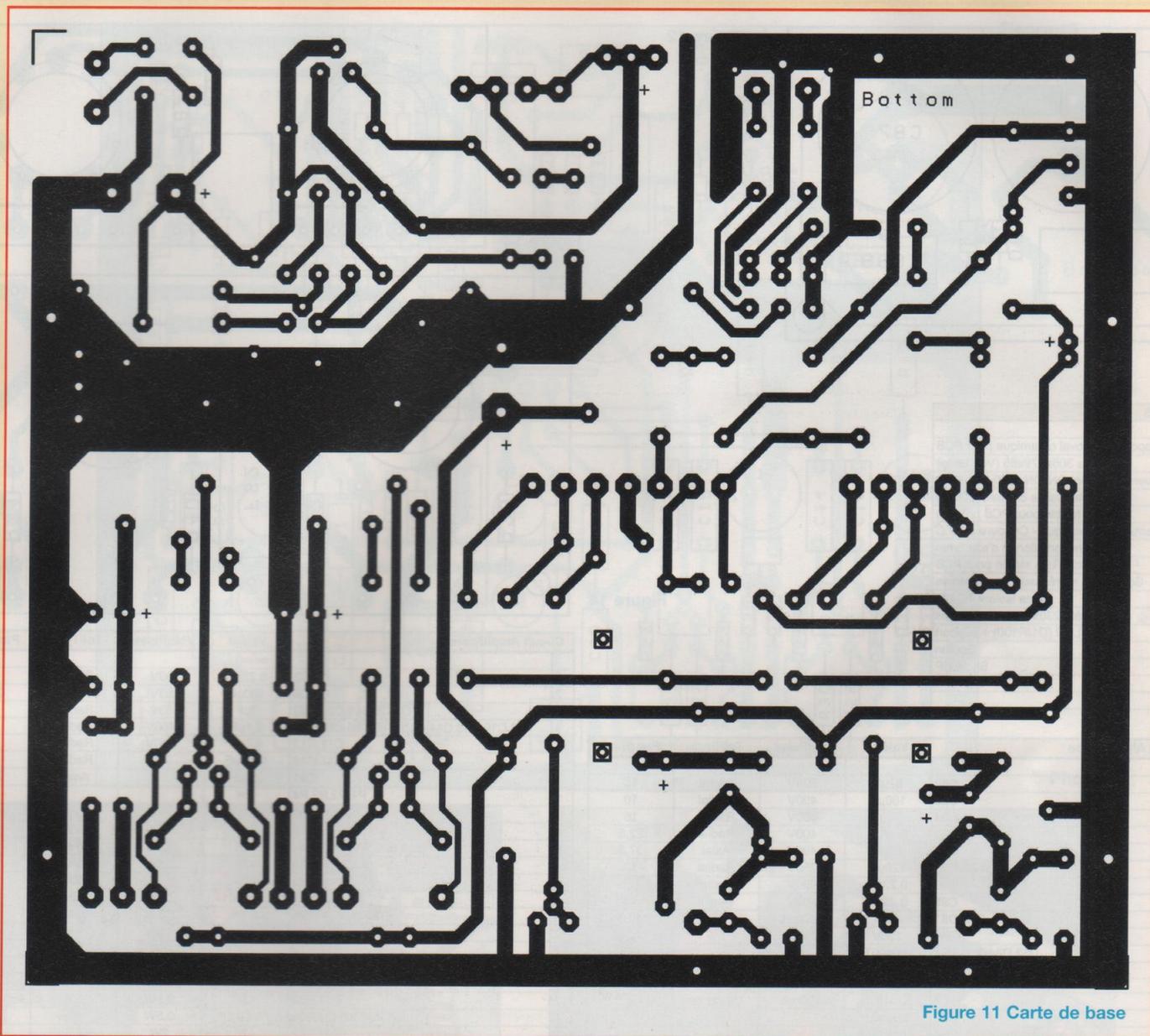


Figure 11 Carte de base

LES CIRCUITS IMPRIMÉS

Les trois petites cartes ne contiennent que peu de composants. Vous pouvez vous référer directement aux figures 8, 9, 10 et 11.

La carte redresseur est placée à plat sur la plaque de 85 x 95 mm en Tufnol (Figure 12).

Pour la carte 12DW7, il faut souder d'abord treize fils rigides qui, pliés vers le bas, seront insérés dans la carte de base. Les couper ensuite à une longueur

de 1 cm (Figure 13).

La carte ECC99 reçoit et distribue les 12 Vac vers la carte 12DW7 et le voyant « On » et la HT de 320 Vdc (Figure 14).

LA CARTE DE BASE (FIGURE 15)

La photo 8 vous présente la carte de base assemblée, dégagée du panneau arrière. Ne pas oublier de percer les quatre trous de ventilation situés sous les 12DW7, ils sont bien visibles sur la photo 8.

La carte ne doit être assemblée qu'après

avoir effectué le marquage et le perçage de fixation au châssis intermédiaire et au panneau arrière, et s'être assuré que tous les sous ensembles trouvent bien leur place.

Vous constaterez que la carte de base du prototype diffère légèrement de la carte définitive : suppression de R11, C3, R12 et C4 qui se sont révélés inutiles. Déplacement de Q81 vers le bord de la carte et suppression de la découpe prévue pour le refroidisseur.

AMPLIFICATEUR POUR ÉCOUTE AU CASQUE

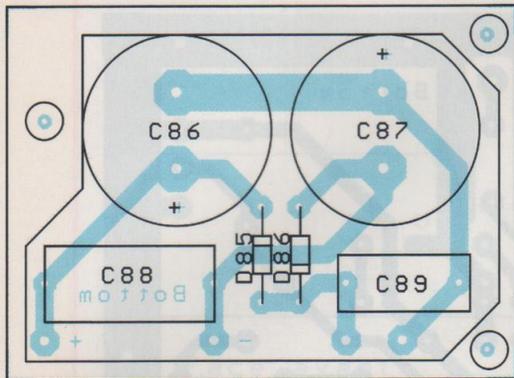


Figure 12

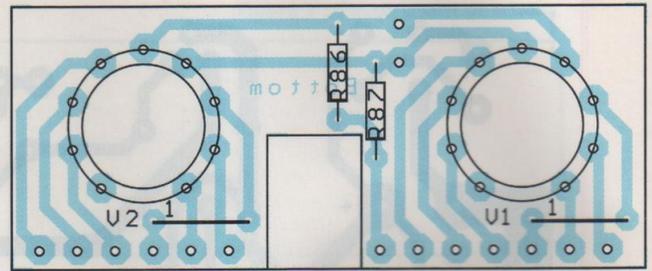


Figure 13

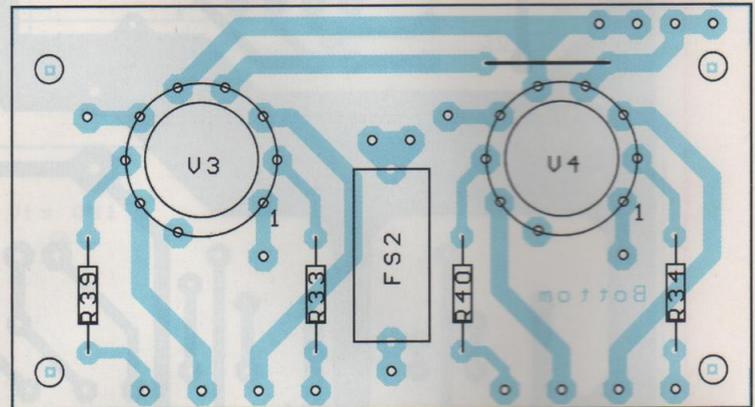


Figure 14

DIVERS	
4	Support tube noval céramique pour PCB
1	Chassis 305x279x65 (Voir texte)
3	Inverseurs bipol ON-ON (S60,S61,S91)
1	Porte fusible chassis (20mm)
1	Porte fusible pour PCB (20mm)
1	Interrupteur thermique - Coupure à 75°C
1	Manchon allongé d'axe 6mm
1	Socle RCA stéréo pour PCB
1	Socle Jack stéréo isolé pour chassis
1	Mica isolant TO220
1	Socle mâle 230V/1A pour chassis
1	Voyant LED (D1/R100) + support
1	Bouton
2	Socle HP

Circuit Alimentation	Valeur	Volt/Puiss.	Tol/Type	Pas (mm)
1	C80	82µF	500V	Radial 10
1	C85	100µF	400V	Radial 10
2	C81,C84	0,1µF	400V	Radial 15
1	C82	0,47µF	400V	Radial 22,5
1	C83	22µF	400V	Axial 37,5
2	C86,C87	220µF	250V	Radial 10
1	C88	0,22µF	630V	Radial 22,5
1	C93	0,22µF	400V	Radial 15
2	D80,D81	5,6V	400mW	5% 12,5
1	D82	130V	1,3W	5% 12,5
4	D83,D84,D85,D86	1N4007		12,5
1	FS1	500mA	Retardé (T)	
1	FS2	100mA	Rapide (F)	
1	L1	4H	100mA	Voir texte
1	Q80	2N5401		
1	Q81	BUZ81		
1	R80	100K	2W	5% 22,5
1	R81	270K	0,5W	1% 12,5
1	R82 - A sélectionner - Voir texte	37,4K	0,5W	1% 12,5
1	R83	10K	0,5W	1% 12,5
2	R84,R89	220K	0,5W	5% 12,5
1	R85	5K	2W	5% Vertical
2	R86,R87	1K	0,5W	5% 12,5
1	R88	1M	0,5W	5% 20
1	TR1	12V/140V	1,5A/300mA	Tore - 50VA

Circuit Amplificateur	Valeur	Volt/Puiss.	Tol/Type	Pas (mm)
2	C1,C2	0,22µF	63V	Radial 10
2	C5,C6	100µF	63V	Axial 22,5
5	C7,C8,C19,C20,C92	1µF	63V	Radial 5
9	C9,C10,C13,C14,C15,C16,C88,C89,C90	0,1µF	400V	Radial 15
2	C11,C12	4,7nF	100V	Radial 5
2	C17,C18	1000µF	35V	Radial 5
1	C91	2,2µF		Axial 22,5
4	P1,P2,P3,P4	10K		
1	P60	2x100K		Log
4	R1,R2,R15,R16	1M	0,5W	5% 12,5
6	R17,R18,R33,R34,R39,R40	10K	0,5W	5% 12,5
4	R3,R4,R5,R6	47K	0,5W	5% 12,5
2	R7,R8	100	0,5W	5% 12,5
3	R9,R10,R91	220K	0,5W	5% 12,5
4	R23,R24,R25,R26	470K	0,5W	5% 12,5
2	R13,R14	1,1K	0,5W	1% 12,5
2	R19,R20	27K	1W	5% 20
2	R21,R22	33K	1W	5% 20
4	R27,R28,R29,R30	2,2M	0,5W	5% 20
2	R31,R32	12K	0,5W	5% 12,5
4	R35,R36,R37,R38	10	0,5W	1% 12,5
2	R41,R42	470	2W	5% 25
2	R43,R44	8,2	2W	5% Ext
2	R45,46	16	2W	5% Ext
2	R47,R48	15K	0,25W	5% 10
1	R92	680K	0,5W	5% 20
1	R93	100K	0,5W	5% 12,5
2	TR1,TR2	Transfo audio		Voir texte
2	V1,V2	12DW7		
2	V3,V4	ECC99		
C3,C4,R11,R12 : Supprimés				

LE TRANSISTOR BALLAST Q81

Il est monté de manière à pouvoir être fixé sur une plaque d'aluminium de 2 mm de 100 x 60 mm, placée contre le pan-

neau arrière. Le trou de fixation doit être à 20 mm au-dessus de la carte, et le sabot de refroidissement aligné sur le bord de celle-ci.

Une fois la carte en place, marquer et percer avec précision la plaque de refroidissement et le panneau arrière. Lors de l'assemblage final, ne pas

TRIODES 12DW7 ET ECC99

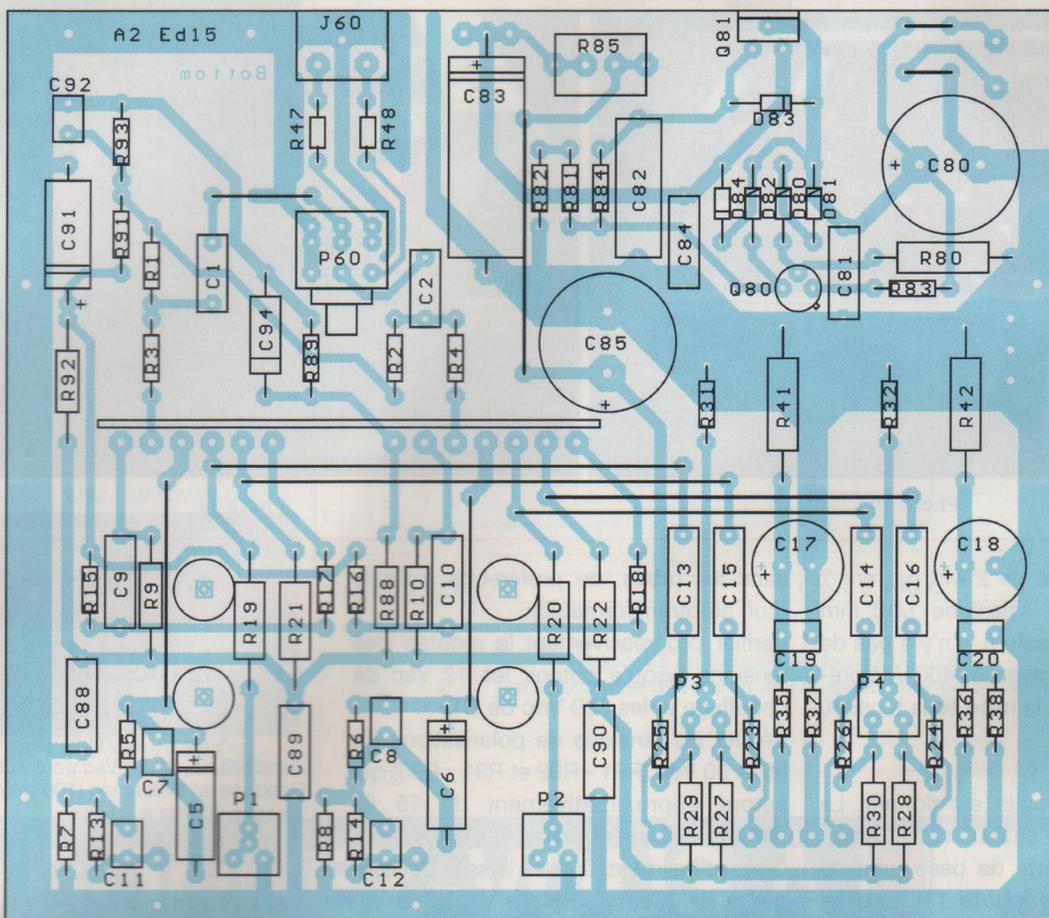


Figure 15

Photo 8

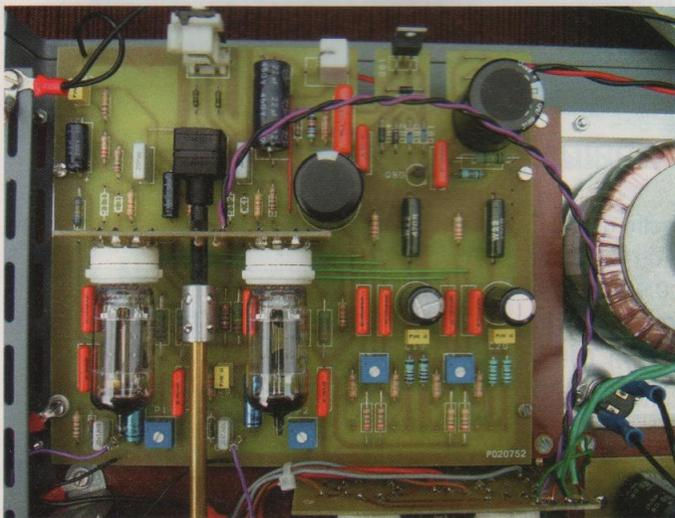
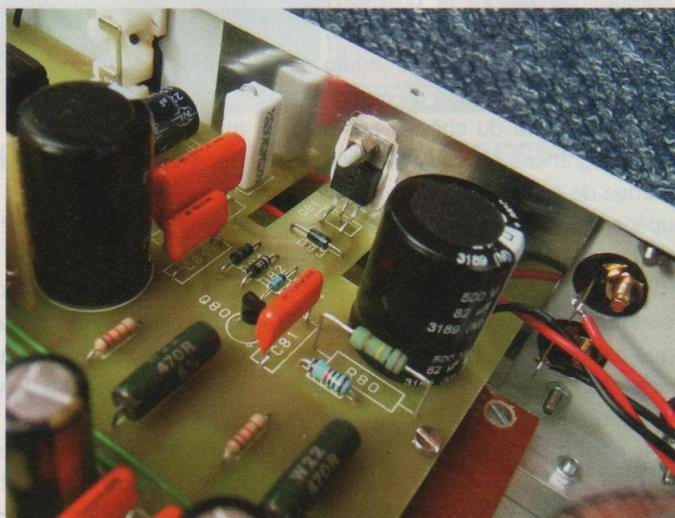


Photo 9



oublier l'isolant mica et la pâte thermoconductrice de chaque coté de l'isolant. **Le transistor est fixé par une vis en nylon.** Comme le nylon est fragile,

l'écrou de serrage n'est autre qu'une entretoise M3 de 5 mm (**photo 9**). Noter également sur cette photo que la résistance R80 de 100 k Ω / 2W est mon-

tée « en hauteur ». On peut apercevoir la tête de la vis nylon sur la **photo 10**, au milieu de la face arrière. Savez-vous que la tension de claquage

AMPLIFICATEUR POUR ÉCOUTE AU CASQUE



Photo 10



Photo 11

de l'isolant mica est de 2 MV par cm ? Soit 20kV pour un isolant de 1/10 mm (nous n'avons pas testé !). Il n'y a pas de claquage à craindre avec les 400 Vdc présents sur le sabot à la mise sous tension.

LES MASSES

L'ensemble des circuits est flottant. La mise à la masse du châssis se fait en un seul point de la carte de base près du connecteur d'entrée (**photo 11**). Une vis autotaraudeuse assure le contact électrique avec chaque oreille du châssis.

Le pied des transformateurs audio est également relié à la masse du circuit.

Comme la peinture du châssis est excellente, il faut gratter à l'aide d'une mèche les deux trous de fixation des capots inférieur et supérieur du côté de la prise de masse et utiliser deux vis M4 à tête conique ainsi que deux rondelles « éventail ».

Le connecteur pour la fiche stéréo du casque est un modèle à masse isolée.

A l'aide d'un ohmmètre, s'assurer sur le produit fini que tous les éléments du châssis sont bien en contact électrique.

MISE SOUS TENSION

Les potentiomètres sont positionnés à mi course, l'inverseur S60 sur la charge de 8,2 Ω et S61 en basse impédance.

La première mise sous tension se fait

sans les tubes, de préférence à l'aide d'un autotransformateur.

Vérifier progressivement la montée des tensions jusqu'à obtenir les 12 Vac de chauffage et les 320 Vdc de HT.

Vérifier les tensions de polarisations de 30 et 90 Vdc (R91 - R92 et R91 - R93) qui seront approximativement de 15 % supérieures en l'absence des 12DW7.

Couper l'alimentation et laisser décharger la HT. Mettre en place V1, V2 et V3, sans insérer V4. Brancher un voltmètre entre les deux cathodes de V3 sur R35-R37 et réalimenter. Ajuster P3 pour une ddp nulle (< 10 mV), attendre quelques minutes et réajuster.

Répéter l'opération avec V4 en ajustant P4.

Le réglage de P1 et P2 nécessite un distorsionmètre. Injecter un signal de 1000 Hz pour obtenir une tension de 0,9 Vac à la sortie casque, et ajuster le potentiomètre du canal correspondant pour un minimum de distorsion. Le minimum est très marqué.

Il y a lieu de recommencer les réglages des quatre potentiomètres après quelques heures d'utilisation.

En cas de difficultés, n'hésitez pas à me contacter par courriel à l'adresse:

jl.vandersleyen@skynet.be

Bon travail

Jean-Louis Vandersleyen

MESURES

• SORTIE CASQUE

DHT à 100 mW : $< 0,1$ % (Typ. 0,07 %)

30 mW : $< 0,05$ % (Typ. 0,04 %)

10 mW : $< 0,03$ % (Typ. 0,03 %)

Sensibilité : 300 mVac pour 100 mW

Réponse en fréquence (100 mW) :

15 Hz à 30 kHz à - 1 dB

Impédance de sortie :

Casque basse impédance : 8 Ω - 32 Ω

($Z_i = 0,5 \Omega$)

Casque haute impédance : 32 Ω - 600 Ω

($Z_i = 16 \Omega$)

Impédance d'entrée : 100 k Ω

Taux de contre-réaction (NFB) : 14 dB

Facteur d'amortissement (DF) : 14

(sortie 8 Ω)

Temps de montée (RT) : 8,3 μ sec

(BW/3 dB : 42 kHz)

Bruit de fond (H&N) : $< 100 \mu$ V (Typ 60 μ V)

Rapport S/B (SNR) : > 80 dB

Lin (basse impédance)

Rapport S/B (SNR) : > 90 dB

Lin (haute impédance)

Diaphonie *

100 Hz : > 70 dB

1 kHz : > 65 dB

10 kHz : > 50 dB

* 100mW canal droit - Entrée canal gauche en court-circuit.

SORTIE HP

Puissance nominale : 2 x 3 W (DHT 1 %)

DHT à 2 W : $< 0,2$ % (Typ. 0,15 %)

Réponse en fréquence : 30 à 20 kHz

à - 1,5 dB

Impédance de sortie : 8 Ω ($Z_i = 0,7 \Omega$)

Temps de montée (RT) : 12 μ sec

(BW - 3 dB : 29 kHz)

CONSUMMATION

230 V - 0,22 A - 50 VA

TRIODES 12DW7 ET ECC99



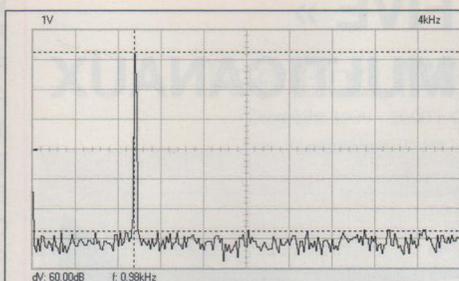
DHT Casque 1 kHz - 10 mW : 0,03 %



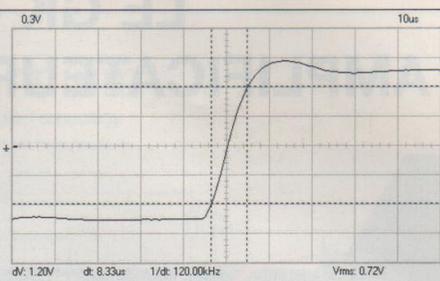
DHT Casque 1 kHz - 100 mW : 0,08 %



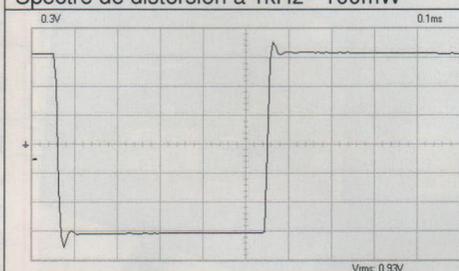
DHT HP 1 kHz - 2 W : 0,15 %



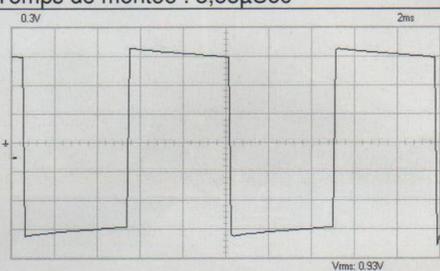
Spectre de distorsion à 1kHz - 100mW



Temps de montée : 8,33µSec



Carré à 1000Hz



Carré à 100Hz

Réponse en fréquence, temps de montée et spectre de distorsion de l'amplificateur pour casque

ABONNEZ-VOUS À

Led

6 n^{os} par an

FRANCE, BELGIQUE, SUISSE, LUXEMBOURG : 19 €

AUTRES* : 27 €

* Ecrire en CAPITALES, S.V.P.

NOM :

PRÉNOM :

N° : RUE

CODE POSTAL : VILLE :

Le premier numéro que je désire recevoir est : N°.....

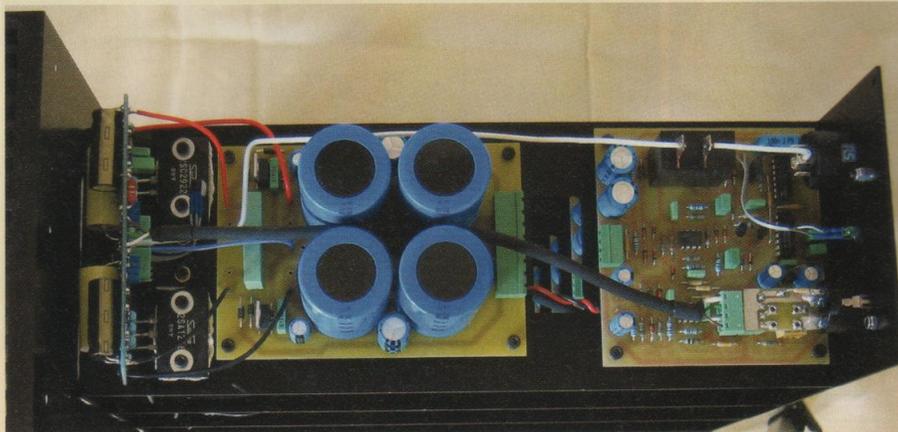
* Pour les expéditions «par avion» à l'étranger, ajoutez 8 € au montant de votre abonnement.

Ci-joint mon règlement par : chèque bancaire par CCP par mandat

A retourner accompagné de votre règlement à :

Service abonnements, **EDITIONS PÉRIODES**, 2-12 rue de Bellevue 75019 Paris Tél. : 01 44 84 88 28

LE GK « FIVE » AMPLIFICATEUR MULTICANAUX



Nous allons aborder avec cette quatrième partie la description de l'amplificateur « End Millenium XP LC AUDIO » (utilisé dans cette version du GK FIVE), puis celle du châssis principal. Nous vous donnerons ensuite quelques conseils pour le câblage.

La firme LC Audio Technology (www.lcaudio.dk/com) sous l'égide de Lars Clausen, propose depuis de nombreuses années des kits audio de grandes qualités. La gamme va des amplificateurs classe A, AB ou PWM au préamplificateur RIAA, en passant par des horloges de précision pour améliorer le fonctionnement des lecteurs de CD ou SACD. Les prix sont plutôt élevés mais la qualité est au rendez-vous.

Nous nous sommes intéressés plus particulièrement au kit amplificateur « End Millenium » en classe AB. En 2002, nous avons acheté directement au Danemark deux modules pour évaluation, lesquels ont été montés dans un boîtier avec le même type d'alimentation hybride que celle proposée dans le GK Five. Pendant plusieurs mois, nous avons comparé cet amplificateur avec notre référence, un amplificateur Kaneda classe A avec schéma et transistors originaux triés. S'il a été possible de distinguer quelques

légères nuances, en particulier dans le grave, nous avons été très impressionnés par le résultat. Aussi, c'est tout naturellement que nous avons choisi ce modèle pour équiper la première version de notre amplificateur multicanal.

Ce module amplificateur (**photo 1**), proposé maintenant sous la référence « XP », est probablement le kit ayant connu la plus grande diffusion puisque, d'après Lars Clausen, plus de six mille exemplaires ont été construits à ce jour. D'ailleurs, il ne s'agit pas à proprement parler de kit, puisque seule une poignée de composants restent à monter, comme on peut le constater sur la **photo 2** présentant le circuit imprimé tel qu'il est livré avec la nomenclature.

Les caractéristiques techniques revendiquées par le concepteur sont excellentes et ont été vérifiées conformes par nos soins. Seul le courant de pointe n'a pas été mesuré. Toutefois, l'examen de la « data sheet » des transistors de puissance corrobore une telle affirmation.

Voici quelques valeurs :

Puissance de sortie sur 8 Ω : 120 W RMS
 Puissance de sortie sur 4 Ω : 240 W RMS
 Puissance de sortie sur 3 Ω : 300 W RMS
 (limitation du circuit de protection)
 Bande passante + 0/- 3 dB : DC-500 kHz
 Distorsion harmonique totale : 0,0017 %
 Courant de pointe < 1 msec : 46 ampères
 Facteur d'amortissement (5-15 kHz) : > 50
 Rapport signal sur bruit : > 110 dB

Le schéma de cet amplificateur, présenté **figure 1**, peut paraître compliqué au premier abord, mais en fait si on enlève le circuit de protection centré autour de T22, T23 et C555 et le correcteur de dérive en continu centré autour de IC2, l'amplificateur proprement dit se résume à un étage d'entrée différentiel suivi de quatre étages drivers et un étage de puissance. On remarque l'absence de contre-réaction globale, la parfaite symétrie et l'absence de condensateur dans le passage du signal audio.

Attention, l'impédance d'entrée de cet amplificateur, fixée par les résistances RZ+ et RZ-, est basse puisqu'elle se situe aux environs de 2 k Ω en asymétrique (4 k Ω en mode symétrique). Nous regrettons que LC Audio ne le mentionne pas sur son site, car certains préamplificateurs « n'apprécient » guère une charge aussi faible. Comme il n'est pas souhaitable de modifier la valeur de ces résistances, nous utiliserons une astuce (optionnelle) pour augmenter l'impédance d'entrée et faciliter ainsi le travail de nombreux préamplificateurs.

Le trimmer P1 de 500 Ω permet de régler le courant de repos dans les transistors de puissance. LC Audio recommande une valeur de 110 mA à 220 mA (10 ou 20 mV aux bornes de RE1-RE3), selon que l'on utilise cet amplificateur sur une charge de 8 Ω ou 4 Ω . Le trimmer P2 de 10 k Ω permet d'annuler la tension continue résiduelle de sortie. Un « jumper » permet d'activer ou non le circuit de contrôle de cette dérive centré autour de IC2. Certains puristes estiment qu'un tel circuit a une influence néfaste sur la qualité du son délivré.

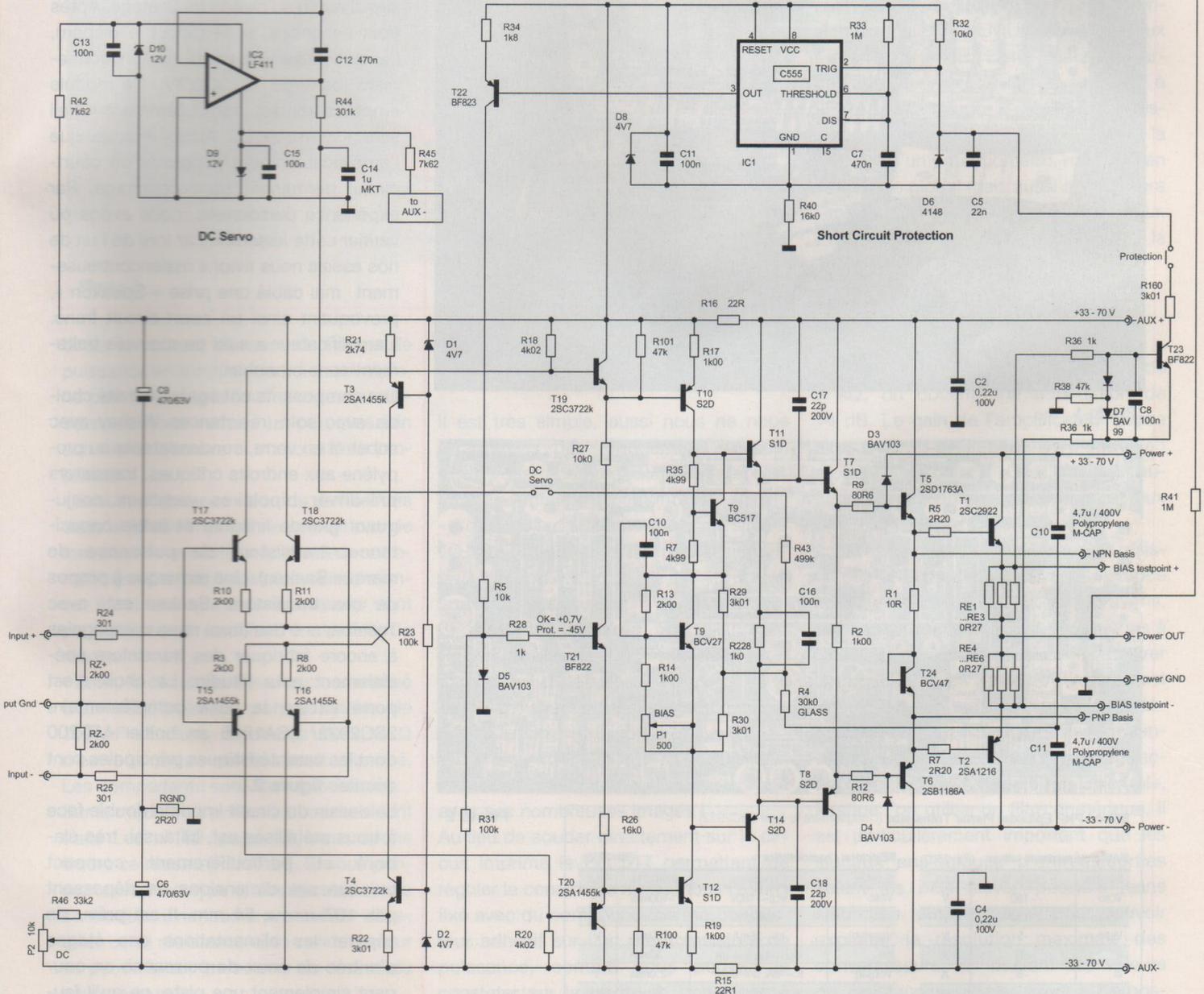
UNE CONCEPTION MODULAIRE

Figure 1

The End Millennium

Copyright 1999 - 2000 L C Audio Technology

Version 1.01 published August 27th 1999, update on <http://www.lcaudio.dk>



Cela peut être vrai lorsque le circuit est mal conçu, mais celui-ci du 2^e ordre avec les couples de valeurs choisies 1 M Ω /470 nF et 301 k Ω /1 μ F, limite cette intervention à des fréquences très

basses (pôle aux environs de 0,5 Hz). Pour notre part, nous n'avons pas remarqué une dégradation notable. Aussi, au cas où vous n'utiliserez pas le module « protection locale » décrit dans un

numéro précédent, nous vous recommandons l'usage du « DC servo », surtout si vous utilisez des tweeters à rubans particulièrement fragiles de ce point de vue.

AMPLIFICATEUR MULTICANAUX

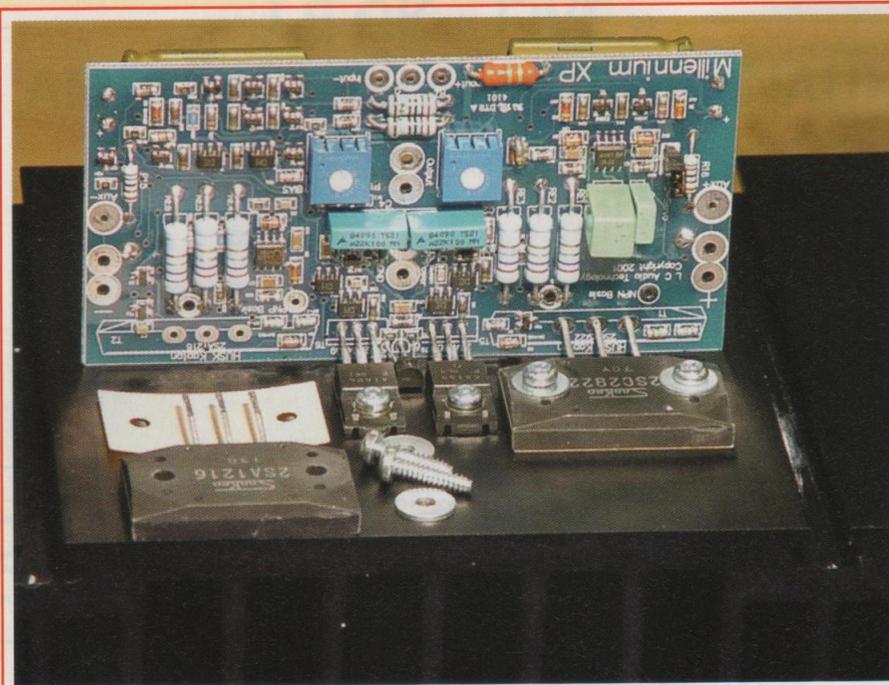


Photo 1

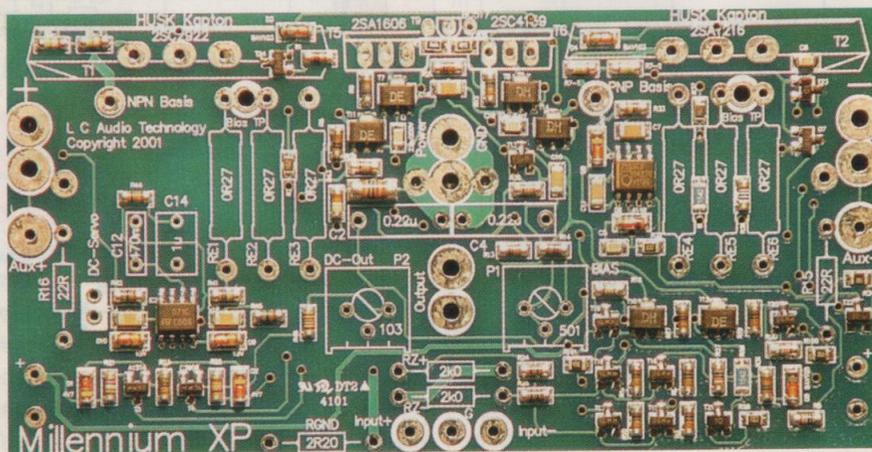


Photo 2

Silicon PNP Epitaxial Planar Transistor (Complement to type 2SC2922)

Absolute maximum ratings (Ta=25°C)

Symbol	2SA1216	Unit
V _{CB0}	-180	V
V _{CE0}	-180	V
V _{EB0}	-5	V
I _C	-17	A
I _B	-5	A
P _C	200(Tc=25°C)	W
T _J	150	°C
T _{stg}	-55 to +150	°C

Electrical Characteristics (Ta=25°C)

Symbol	Conditions	2SA1216	Unit
V _{CB0}	V _{CB} =-180V	-100max	μA
I _{EB0}	V _{EB} =-5V	-100max	μA
V _{I(BR)CEO}	I _C =-25mA	-180min	V
h _{FE}	V _{CE} =-4V, I _C =-8A	30min*	
V _{CE(sat)}	I _C =-8A, I _B =-0.8A	-2.0max	V
f _f	V _{CE} =-12V, I _E =2A	40typ	MHz
C _{OB}	V _{CB} =-10V, f=1MHz	500typ	pF

*h_{FE} Rank: 0(30 to 60), Y(60 to 100), P(70 to 140), G(90 to 180)

Typical Switching Characteristics (Common Emitter)

V _{CC} (V)	R _L (Ω)	I _C (A)	V _{BE} (V)	I _{B1} (A)	I _{B2} (A)	t _{on} (μs)	t _{stq} (μs)	t _f (μs)
-40	4	-10	5	-1	1	0.3typ	0.7typ	0.2typ

Figure 2

Le circuit de protection contre les courts-circuits suit la tension présente aux bornes des résistances RE1 à RE6. Lorsque celle-ci devient trop élevée, le transistor T23 active le compteur 555 qui, par l'intermédiaire de T22, coupe le signal audio au niveau du 2^e étage. Après trois secondes, si le défaut a disparu, l'amplificateur est remis en fonctionnement (base de T21 à 0,7V). Ce module amplificateur est particulièrement « Fail safe » puisque LC Audio indique que l'amplificateur peut supporter un court-circuit permanent sans dommage. Par expérience personnelle, nous avons pu vérifier cette assertion car lors de l'un de nos essais nous avons malencontreusement mal câblé une prise « Speakon », provoquant ainsi un court-circuit franc. L'amplificateur a subi ce mauvais traitement sans broncher.

Les composants ont également été choisis avec soin (résistances Vishay avec substrat en verre, condensateurs au propylène aux endroits critiques, transistors pré-driver bipolaires verticaux conjuguant grande linéarité et faible capacité, transistors de puissance de marque Sanken). Une remarque à propos de ces transistors. Sanken est, avec Toshiba, une des (trop) rares compagnies à encore fabriquer des transistors spécialement pour l'audio. Le choix s'est porté ici sur la paire complémentaire 2SC2922/ 2SA1216 en boîtier MT-200 dont les caractéristiques principales sont décrites figure 2.

Le dessin du circuit imprimé double face à trous métallisés est, lui aussi, très élaboré et particulièrement compact puisque ses dimensions ne dépassent pas 107 mm x 54 mm. Il est prévu de séparer les alimentations des étages d'entrée de ceux de puissance en coupant simplement une piste, ce qu'il faudra impérativement faire dans le cadre du GK FIVE.

Trois petits défauts tout de même sont à signaler :

- Tout d'abord, la position entre les drivers du transistor BC 517, servant à sta-



Photo 3

biliser le courant de repos de l'étage de puissance en fonction de la température, ne permet pas une fixation aisée au dissipateur. Nous verrons un peu plus loin comment nous avons contourné ce problème.

- Ensuite, l'absence de trous de fixations dans le circuit imprimé ne permet pas de maintenir le module amplificateur autrement que par ses transistors de puissance. Il est vrai que ses dimensions sont particulièrement réduites, mais tout de même !

- Enfin, le circuit de Boucherot, constitué d'un condensateur polypropylène de 100 nF et d'une résistance de 2,15 Ω n'est pas prévu sur le circuit imprimé. Les composants sont toutefois fournis. Sur le module de protection locale, décrit dans *Led* n°182 (page 42), nous avons inséré ce réseau (R29/C14). Si vous pensez utiliser ce type d'amplificateur sans ce module, il ne faudra pas oublier d'installer cette résistance et le condensateur en parallèle sur les bornes de sorties du haut-parleur.

Pour rappel, ce type de réseau permet de présenter à l'amplificateur une charge correcte en haute fréquence et éviter ainsi de possibles oscillations toujours préjudiciables à la longévité des transistors de puissance.

LE MONTAGE

Il est très simple, aussi nous ne nous attarderons pas longuement dessus. Nous vous recommandons de télécharger le fichier de montage appelé « CookBook » au format pdf sur le site de LC Audio. Le lien est : <http://www.lightball.dk/download/com/pdf/xpcookbook.pdf>

Si vous ne disposez pas d'Acrobat Reader vous pouvez le télécharger gratuitement à l'adresse suivante :

<http://www.adobe.fr/products/acrobat/readstep2.html>

Le fichier « xpcookbook » est en anglais, mais très facile à comprendre, surtout avec ses nombreuses images !

Au lieu de souder directement sur le circuit imprimé le BC 517 permettant de réguler le courant de repos, nous l'avons fixé avec du compound thermo-conducteur adhésif sur l'un des transistors de puissance, comme vous pouvez le constater sur la **photo 3**. Une pince à linge est bien utile en attendant la prise de la pâte thermo-conductrice adhésive. Attention toutefois à ne pas intervertir les broches du BC 517 lorsque vous soudez les câbles prolongateurs et veillez à laisser bien dégagés les trous pour la

fixation du boîtier MT-200.

Nous vous avons signalé que l'impédance d'entrée (environ 2 k Ω en asymétrique) de cet amplificateur est relativement basse. Cette particularité peut poser un problème à certains préamplificateurs. Heureusement, le gain en tension du END MILLENIUM est élevé (aux environs de 34 dB). Cette valeur, très largement supérieure à la moyenne (20 à 25 dB), va permettre d'insérer une résistance en série à l'entrée. Celle-ci, à la manière d'un potentiomètre, réduira bien sûr le gain global mais aussi augmentera l'impédance vue par le préamplificateur. L'atténuation en dB se calcule suivant la formule :

$$\text{Att} = 20 \log \frac{2000}{2000 + R}$$

Avec R en Ω .

Par exemple, pour une résistance de 8 k Ω , on obtient une atténuation de 14 dB. Le gain de l'amplificateur passe alors à 20 dB et l'impédance d'entrée en mode asymétrique à 10 k Ω , valeur beaucoup plus acceptable pour de nombreux préamplificateurs.

Il est recommandé d'utiliser des résistances à « couche métal » de tolérance inférieure ou égale à 1 %. Nous avons, pour notre part, utilisé des résistances à 0,5 %. En réalité, nous allons insérer deux résistances puisque l'entrée est symétrique. Un autre intérêt de cet atténuateur est de pouvoir optimiser la sensibilité de chaque amplificateur en fonction de son utilisation. Par exemple, lorsque l'on utilise un filtre numérique, il est particulièrement important que les signaux analogiques d'entrées/sorties soient les plus élevés possible (sans saturation tout de même) pour pouvoir exploiter la résolution maximale des convertisseurs. En insérant des valeurs de résistances différentes, il sera possible d'ajuster individuellement le gain de chaque amplificateur pour se placer dans la plage de dynamique optimale en fonction des corrections à effectuer et du rendement des haut-parleurs.

Notez également qu'il suffit de relier l'en-

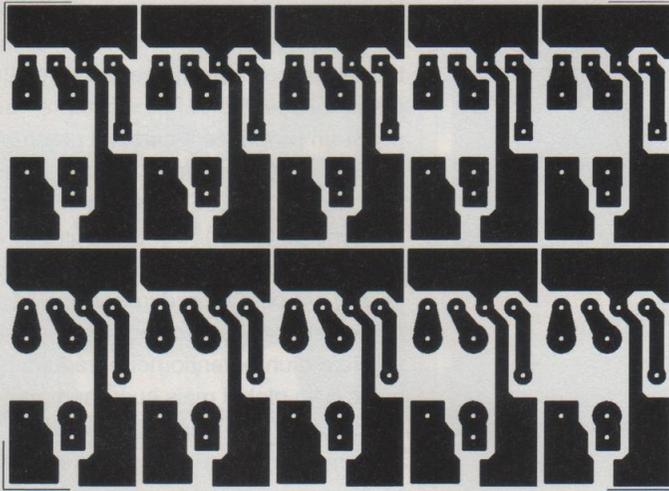


Figure 3

ATTENUATEUR - LISTE DES COMPOSANTS			
Désignation	Valeurs	Références fabricants	Pas
Résistances			
R1, R2	voir texte	Couche métallique 0,5W 1% ou mieux	
Divers			
J1	Connecteur	Embase Miniconnec 4 pins pour C.I.	3,81
Bornier pour J1	Bornier	Bornier débrochable Miniconnec 4 pins	3,81
J2, J3, J4, J5	douilles	plusieurs types disponibles voir texte	
J6		embase XLR femelle	

trée négative à la masse de l'amplificateur au niveau du connecteur XLR mâle, pour passer du mode symétrique au mode asymétrique. C'est la raison pour laquelle nous avons installé une seule fiche XLR symétrique sur la face arrière des sous-châssis. Ce type de fiche est bien plus fiable que n'importe quelle fiche Cinch et bien plus facile à câbler. Nous avons estimé qu'il n'était pas nécessaire de vous présenter le schéma de ce circuit ne comportant que deux résistances. Passons directement au circuit imprimé visible **figure 3** (dix exemplaires). Il va se glisser entre les broches du connecteur XLR d'entrée. Après soudage du circuit imprimé aux broches, nous avons ajouté un peu de résine époxy pour renforcer la résistance mécanique de l'ensemble (**photo 4**).

On remarquera également :

- La présence des quatre petites douilles permettant d'insérer sans soudure les deux résistances d'atténuation. Il sera

donc très facile de changer leurs valeurs sans tout démonter. Il existe un grand nombre de douilles utilisables, allant du bon marché à la « Rolls » d'origine AMD (à près de 0,6 € HT pièce), mais malheureusement disponibles uniquement par cent pièces dans le catalogue Radiospares. Tout dépendra de l'utilisation que vous ferez de l'ampli. Il est même parfaitement possible de se passer des douilles et de souder directement les résistances. A vous de voir !

- Une résistance de 0 Ω (un fil ferait parfaitement l'affaire) reliant la masse châssis de l'embase 3 broches XLR femelle au blindage du câble d'entrée par l'intermédiaire d'un connecteur mini-connec 4 broches.

Nous avons utilisé le code des couleurs suivant : marron pour l'entrée positive, blanc pour la masse « signal » et vert pour l'entrée négative.

La brève liste des composants par circuit est disponible **figure 4**.

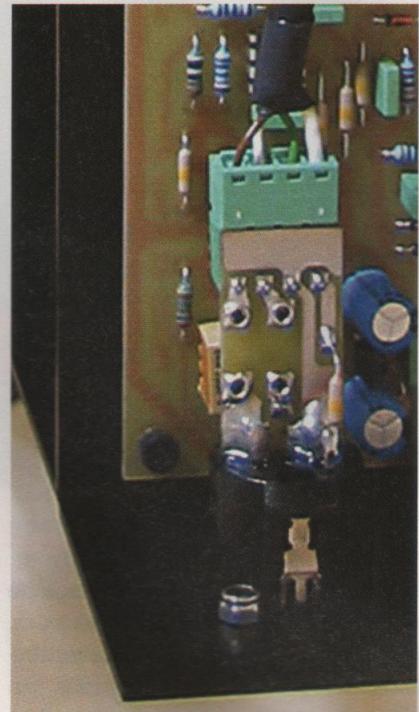


Photo 4

Figure 4

LE SOUS CHÂSSIS AMPLIFICATEUR

Simple, il est composé d'une tôle d'AG3 de 2 mm d'épaisseur pliée. La **figure 5** vous donne toutes les cotes nécessaires. On remarque le rectangle de 50 x 22 mm permettant le passage des câbles de raccordements.

Le trou de diamètre 8 mm (à gauche dans la vue de dessus) peut être omis car il n'a pas été utilisé dans cette version. Côté face arrière, nous avons utilisé, pour la visualisation, une diode led cylindrique de 2 mm collée avec de la résine époxy, une embase 3 broches XLR femelle pour l'entrée, ainsi qu'une embase 4 broches « Speakon » pour la sortie haut-parleur.

On pourra se reporter à la photo 2 publiée dans *Led 182* (page 46) pour observer une vue détaillée d'un sous-châssis équipé.

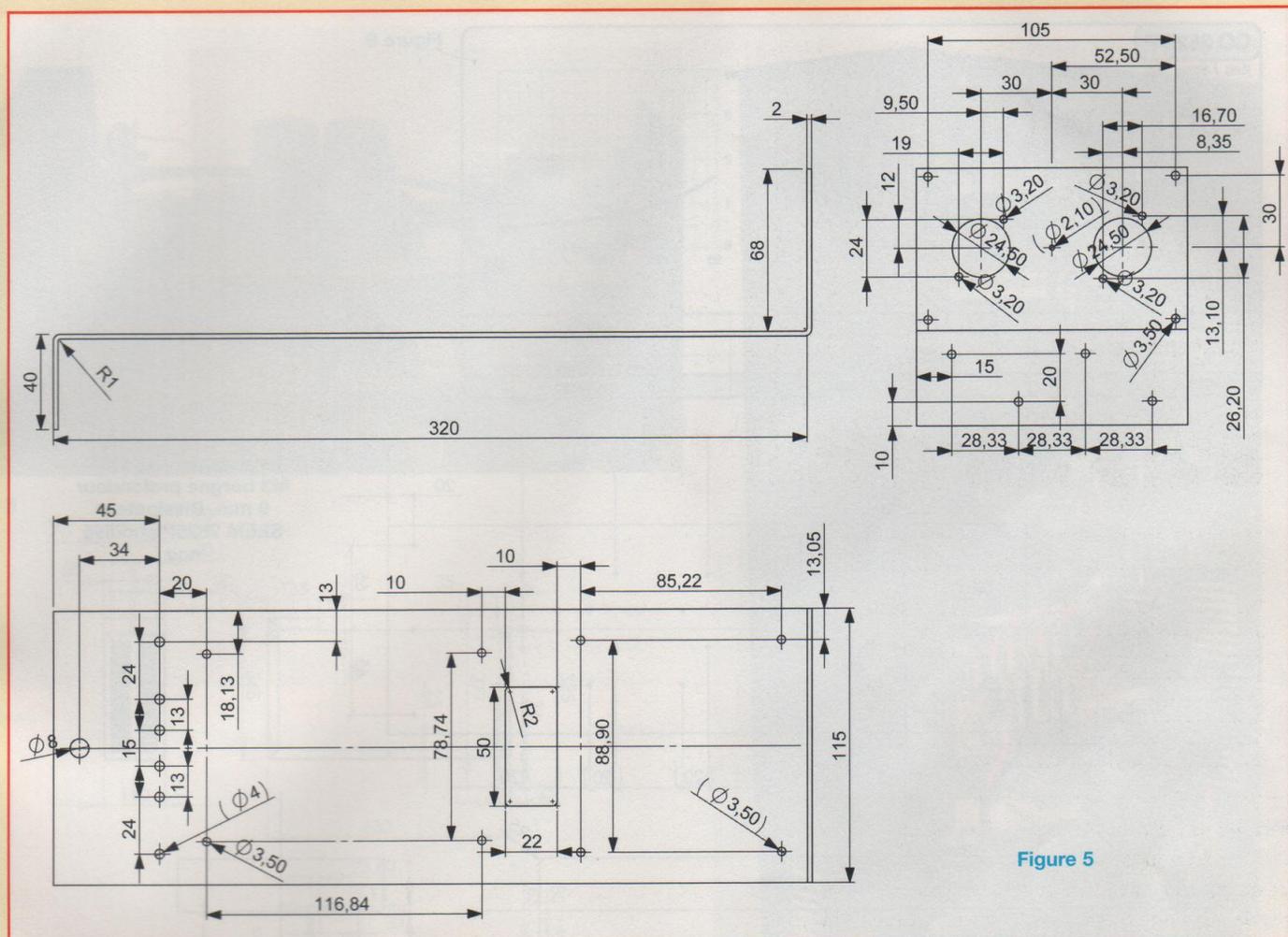


Figure 5

TEST DE L'AMPLIFICATEUR

Le module amplificateur câblé et les résidus de soudure éliminés, il ne faudra pas oublier d'interposer les isolants fournis avec le kit entre les transistors de puissance et le châssis. Utiliser de la pâte thermo-conductrice. Il est recommandé de tester chaque amplificateur individuellement avec, de préférence, une alimentation de laboratoire double. La tension n'est pas très importante car cet amplificateur peut fonctionner avec des tensions aussi basses que +/- 15 volts. Si vous avez déjà coupé les pistes reliant les alimentations « étages d'entrée » et « puissance », il faudra relier temporairement les deux à la même alimentation.

Connecter un multimètre entre les deux bornes marquées « BIAS » et vérifier que vous pouvez faire varier la tension autour de 5 à 20 mV à l'aide du trimmer 500 Ω. Placer maintenant le multimètre en sortie et vérifier que vous pouvez réduire la tension continue en sortie à moins de 50 mV en ajustant le trimmer de 10 kΩ. Bien sûr, le « jumper » activant le servo doit être enlevé. Si tout se passe bien jusque-là (il n'y a pas de raison) et si vous disposez d'un générateur de fréquence, d'un oscilloscope et d'une résistance de puissance d'environ 8 Ω, vous pouvez compléter les tests en injectant un signal de fréquence 1 kHz et de 100 mV d'amplitude pour vérifier que tout va bien en sortie. Attention à ne pas trop faire chauffer l'amplificateur si vous n'avez pas pris la

précaution de visser le sous-châssis à un dissipateur.

Après ces tests préliminaires, vous pouvez également installer, à l'aide d'entretoises M3 de 10 mm, les circuits « alimentation » et « protection locale » sur le sous-châssis.

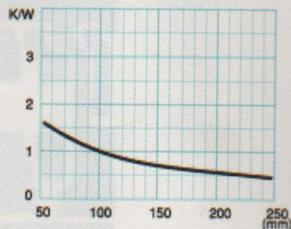
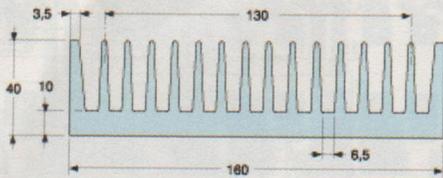
Nous avons utilisé du fil AWG16 en « cuivre argenté » avec isolant téflon pour relier l'alimentation locale à l'amplificateur et du fil souple AWG 22 pour amener les tensions régulées vers le module « protection ».

Nous nous sommes par ailleurs servis du fil « mono brin » isolant téflon que nous avons trouvé chez Selectronic pour relier la sortie amplificateur au relais puis à la fiche « Speakon ». La photo d'entrée nous semble assez explicite.

AMPLIFICATEUR MULTICANAUX

CO 2625 P

Ech. / Scale : 1/2



Longueur / Length	1000	1000
Usinage / Layout	-	-
Finition / Finish	Brut / Raw	Anodisé Noir / Black anodized
CODE	31062510	31062513

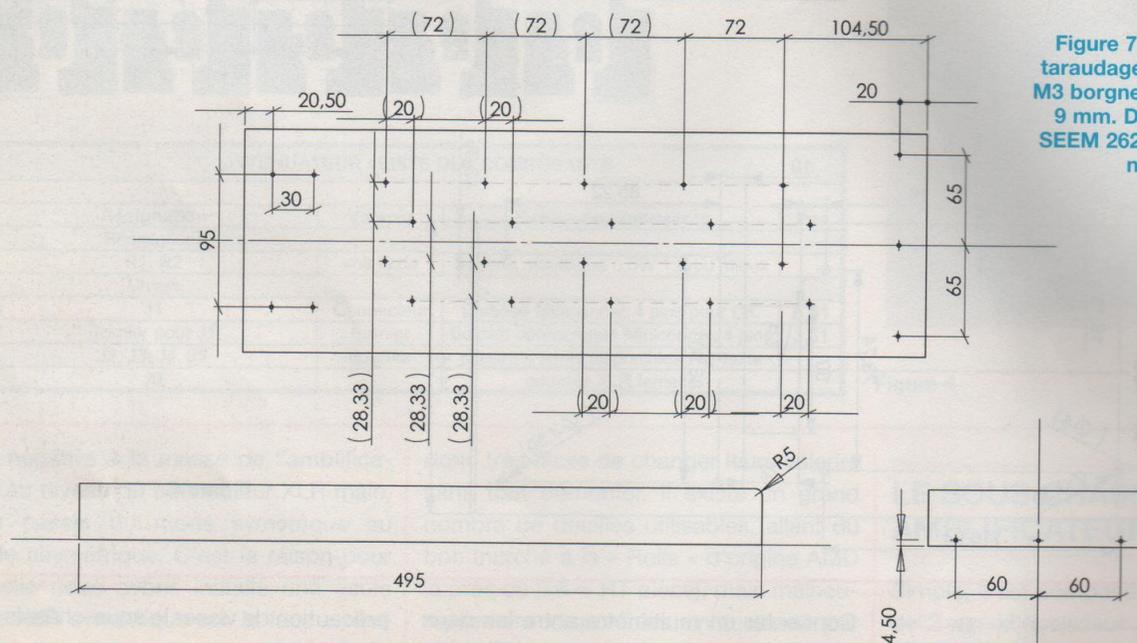


Figure 7 : Tous les taraudages (30) : ISO M3 borgne profondeur 9 mm. Dissipateur SEEM 2625P anodisé noir

DISSIPATEUR

Nous avons choisi le profilé CO2625P de Seem Semrac. De section 160 mm x 40 mm et disponible en barre d'un mètre, il déterminera la largeur de la face avant. Une barre permettra de réaliser deux dissipateurs.

La capacité de dissipation en fonction de la longueur est indiquée **figure 6**.

Compte tenu du poids de l'amplificateur, pour obtenir un bel effet visuel et s'éviter des blessures, nous avons fait arrondir la partie supérieure. La **figure 7** vous donne les dimensions, ainsi que les emplacements des taraudages M3 per-

mettant la fixation des différents sous châssis. La **photo 5**, mieux qu'un long discours, devrait vous permettre l'assemblage sans difficulté. On distingue nettement l'arrondi supérieur du profilé CO 2625P, ainsi que les trois taraudages permettant la fixation supérieure du châssis principal. Nous avons utilisé de la graisse thermo-conductrice pour améliorer le transfert thermique entre les sous-châssis amplis et le dissipateur.

LE CHÂSSIS PRINCIPAL

Couplé au dissipateur CO 2625P il forme l'ossature principale du coffret. En AG3 de 3 mm d'épaisseur, ses dimensions

hors tout sont les suivantes : 630 mm de hauteur, 365 mm de profondeur et 160 mm de largeur. La **figure 8** présente un plan « trois vues » avec quelques côtes principales. Compte tenu de la complexité de cet élément, il n'a pas été possible de vous présenter toutes les cotes sans rendre la figure illisible. La **photo 6**, présentant un ampli « GK Five » terminé, permet de visualiser le châssis principal. Remarquez les cinq inserts M6 permettant de visser les flasques latéraux. Les pieds en caoutchouc de 20 mm, trouvés dans le catalogue Conrad, sont vissés au fond du coffret grâce à quatre inserts M4. Les différents éléments assemblés forment un ensemble très rigi-

UNE CONCEPTION MODULAIRE

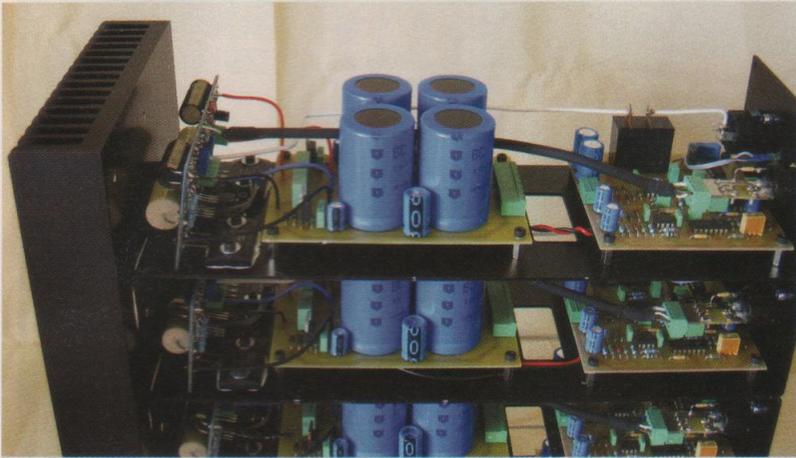


Photo 5

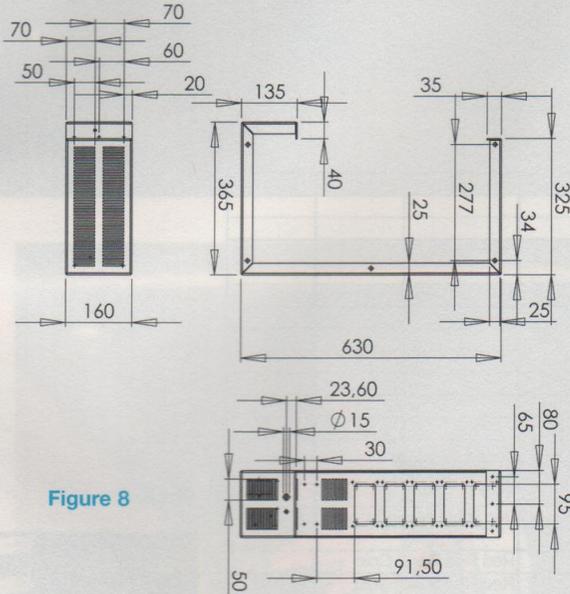


Figure 8



Photo 6

de, tout en offrant une dissipation thermique appréciable. La surface occupée au sol de 365 mm x 160 mm reste modeste. Les 115 mm de largeur des différents sous châssis laissent une cheminée de ventilation sur les cotés permettant une bonne circulation de l'air à l'intérieur.

CÂBLAGE GÉNÉRAL DU GK FIVE

Le câblage est très important dans le cas d'amplificateurs multiples, aussi avons-nous pris le maximum de précautions.

ALIMENTATIONS LOCALES

Par l'intermédiaire de son alimentation locale, chaque amplificateur est relié séparément au module alimentation générale. Nous avons utilisé du fil « cuivre argenté » isolé téflon AWG16 pour les alimentations de puissance (Vp+ et Vp-) et la masse (GND). Ce type de câble à l'encombrement réduit permet néanmoins de véhiculer un courant de 32 ampères en continu, aussi n'a-t-il pas été jugé nécessaire de le doubler. Comme deux bornes sont prévues sur le connecteur « Miniconnec », 8 broches

pour chaque tension de puissance et la masse, il ne faut pas oublier de les relier deux par deux par un cavalier pour bénéficier de la réduction de la résistance de contact.

On utilisera du fil AWG22 pour les alimentations drivers (Vd+, Vd-).

PROTECTIONS LOCALES

On utilisera du fil AWG22 « cuivre argenté » isolant téflon pour câbler les connecteurs 4 broches des modules « protection locale ». Un fil unique amènera le (+) ou (-) 12 volts et le signal de temporisa-

AMPLIFICATEUR MULTICANAUX

tion générale de module en module, mais un fil séparé reliera la masse de chaque module de « protection locale » à la masse centrale. Il y aura donc, pour 5 sous-châssis amplificateurs, un total de huit fils : cinq pour la masse, un pour le + 12V, un pour le - 12V et un pour la temporisation générale.

SPEAKON 4 PÔLES

Ce type de connecteur dispose de quatre broches, les contacts reliés deux par deux permettent d'augmenter la fiabilité, tout en diminuant la résistance de passage. Les deux bornes 1+ et 2+ seront reliées à la sortie du relais par du câble mono brin. Il sera peut être nécessaire d'agrandir légèrement les trous de passages. Une petite perceuse de type Dremel fera parfaitement l'affaire Les deux bornes 1- et 2- seront connectées à la masse générale par du fil AWG18. Notons qu'il est parfaitement possible de n'utiliser qu'un seul fil AWG16 en n'oubliant pas de relier ensemble les deux broches.

MODULE DE PROTECTION GÉNÉRALE

On utilisera un fil AWG22 pour relier la masse du module « protection générale » à la masse générale.

CHÂSSIS

Le châssis principal sera relié à la masse générale par un fil AWG22. Le point de connexion sera pris au niveau d'une vis de fixation du sous-châssis alimentation générale (**photo 7**). On remarque sur cette photo un deuxième fil AWG22 reliant le châssis à la terre secteur.

TRANSFORMATEURS

Nous avons utilisé des transformateurs toriques moulés dans la résine, d'origine Talema et disponibles chez Radiospares. Ils sont extrêmement silencieux et d'un très bon rapport qualité-prix. Des joints d'étanchéité en mousse pour WC ont été placés pour les isoler davantage des châssis.

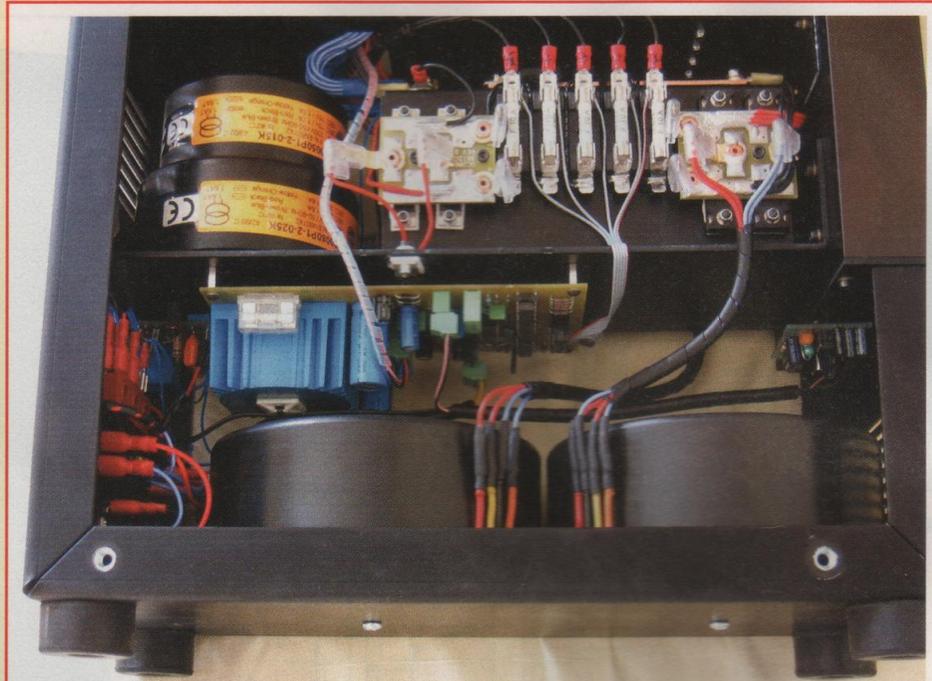


Photo 8

Transistors.			
T1	2SC2922 Sanken		
T2	2SA1216 Sanken		
T5	2SD1763A		
T6	2SB1186A		
T9	BC517		
Capacitors.			
C1	4u7 Polypropylene		
C2	0,22u MKT 100V		
C3	4u7 Polypropylene		
C4	0,22u MKT 100V		
C6	470u / 63V Panasonic FC		
C9	470u / 63V Panasonic FC		
C12	0,47u MKT		
C14	1u MKT		
CZ	0,1u PP	(for Zobel network)	
Resistors.			
R15	22R Beyschlag	Red Red Black Gold	
R16	22R Beyschlag	Red Red Black Gold	
RGND	2R2 Beyschlag	Red Red Black Silver	
RZ+	2k00 Beyschlag	Red Black Black Brown Brown	
RZ-	2k00 Beyschlag	Red Black Black Brown Brown	
RE1-6	0R27 Beyschlag non inductive	Red Violet Silver Gold	
P1	500 Ohm Bourns 3386P trimmer	mark '501'	Bias adj.
P2	10k Bourns 3386P trimmer	mark '103'	DC offset adj.
RZ	2R15 1W	(for Zobel network)	
Diverse.			
Main PCB with SMD components fitted.			
2 Kapton isolation pads (add no grease!)			
4 Screws 3 by 13 mm selfcutting alu screws			
2 Screws 3 by 8 mm. Selfcutting alu screws			
4 big 3mm. Flat Washers			
2 small 3mm. Flat Washers			
1 Jumper for DC Servo			
Components not mentioned above are already fitted on the board as SMD's			

Photo 7



Deux transformateurs 500VA 2 x 35 volts seront nécessaires pour les tensions Vp. Les deux secondaires de

chaque transformateur sont mis en parallèle (**photo 8**) permettant ainsi un meilleur équilibrage des courants et une

UNE CONCEPTION MODULAIRE

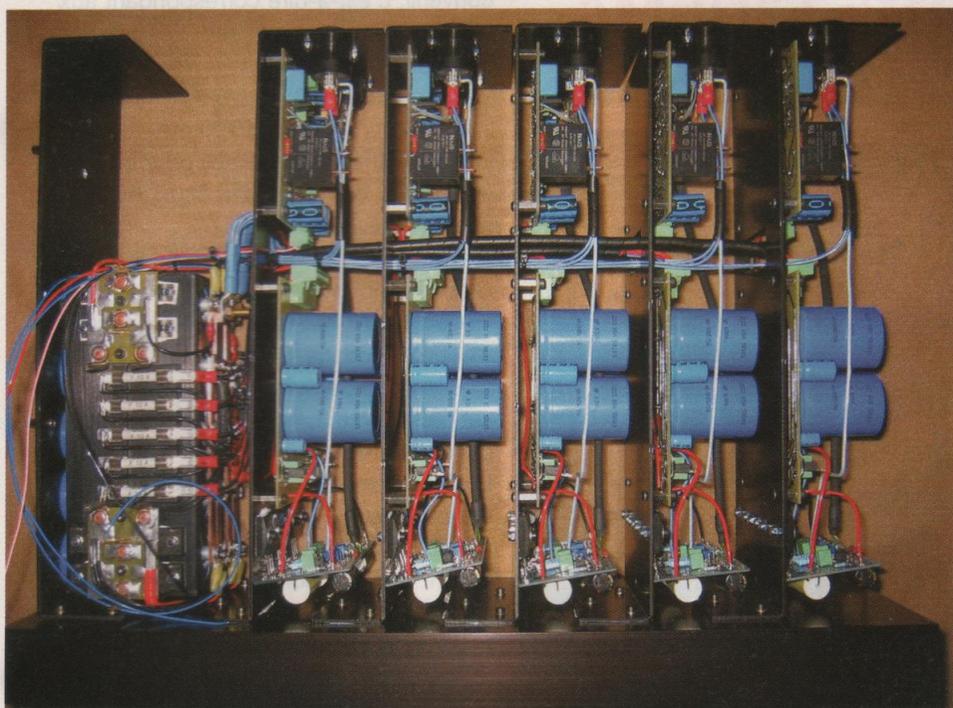


Photo 9

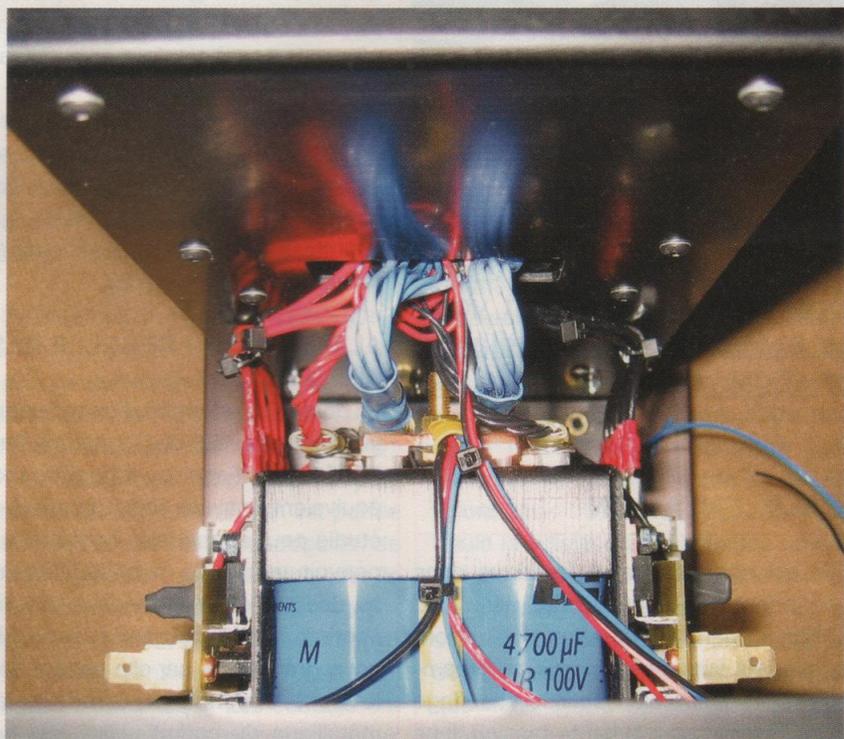


Photo 10

diminution des rayonnements parasites. Comme nous n'avons pas trouvé un modèle de moyenne puissance délivrant

2 x 40 volts pour les tensions Vd, nous avons mis en série un 80VA/2 x 25 volts et un 50VA 2 x 15 volts. Nous obtenons

alors un transformateur équivalent de 2 x 40 volts/1,6 ampère, largement suffisant pour alimenter les étages d'entrées de cinq amplificateurs.

En résumé, si on câble les cinq sous-châssis amplis on obtient :

- 5 fils AWG16 (Vp- et Vp+) à relier à leurs fusibles respectifs
- 5 fils AWG16 (GND) à relier à l'une des trois bornes de masse (voir photo 5, Led 182, page 46).
- 5 fils AWG22 (Vd+ et Vd-) à relier aux bornes des condensateurs « driver ».
- 10 fils AWG18 (ou 5 AWG16) « Speakon » à relier à l'une des trois bornes de masse.
- 1 fil AWG22 pour la masse protection générale.
- 1 fil AWG22 pour la masse châssis.
- 2 fils AWG18 (1 par pont de redressement « driver ») à relier à l'une des trois bornes de masse.

La **photo 9** montrant un GK FIVE en cours de câblage et la **photo 10** présentant un gros plan sur le côté « masse générale » de l'alimentation générale devraient vous aider à réaliser un montage soigné.

Bien que cela ne soit pas indispensable, nous avons utilisé à certains endroits de la gaine spiralée pour améliorer l'esthétique. Les cosses de masse utilisées sont d'origine AMD. Ce sont des modèles à souder.

Un fer à souder de forte puissance sera nécessaire pour obtenir des soudures de qualité compte tenu du nombre important de fils. Il faudra également enlever les restes de flux en grattant soigneusement les cosses avant de les serrer.

CONCLUSION PROVISOIRE

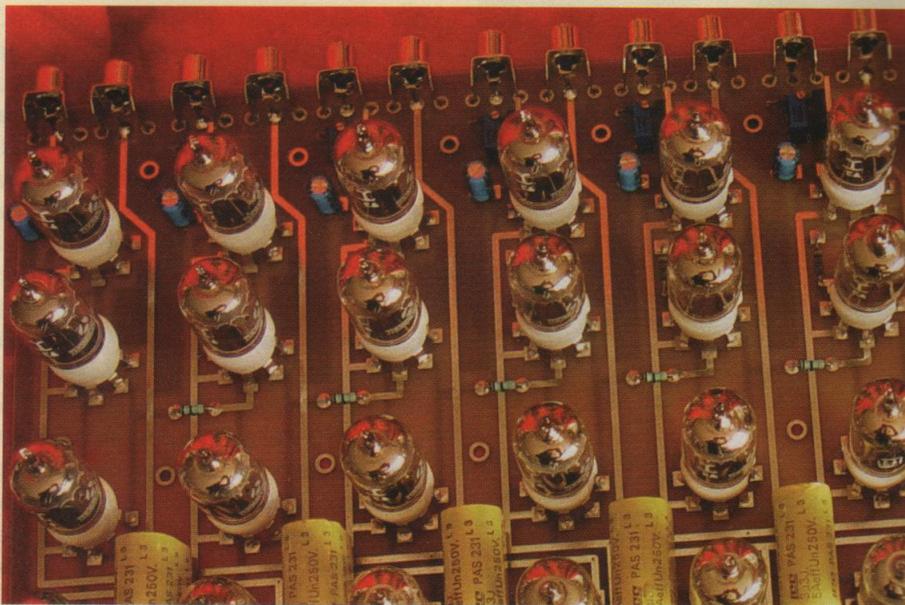
Le GK Five est presque terminé, nous décrivons dans la cinquième et dernière partie de notre article le dispositif de télécommande infrarouge ainsi que le câblage secteur.

En attendant, bonnes vacances !

A suivre
Jean Claude Gaertner

ENSEMBLE HOME CINEMA

Modulaire et de qualité audiophile PREAMPLIFICATEUR 5.1 SIX VOIES extensible en 7.1 HUIT VOIES



Dans les numéros précédents, ont été décrits les principes de base du circuit KTR ainsi que son application à un préamplificateur stéréophonique équipé de tubes 5725 (réalisation facile et faible coût). Nous allons maintenant vous décrire un préamplificateur pour le Home Cinéma utilisant les mêmes principes que ceux développés dans les Led n^{os}182/183.

Vous vous êtes familiarisés avec ce circuit en réalisant le préamplificateur deux canaux décrit dans les deux précédents numéros de *Led* (vous êtes très nombreux à en avoir entrepris la réalisation). Venons-en aujourd'hui à la description pratique du préamplificateur 7.1 (à huit voies) pour le Home Cinéma. Le schéma général est directement extrapolé de la description stéréo qui a été décrite dans les numéros 182 et 183 de votre revue favorite.

L'ALIMENTATION

Elle est rigoureusement identique dans son principe à celle décrite dans *Led* n°183. Cependant tous les débits sont quatre fois supérieurs à ceux du préampli stéréo, aussi bien pour le chauffage filaments que pour la haute-tension. Il ne sera donc pas possible d'utiliser des transformateurs moulés basiques. Il existe sûrement beaucoup de fabricants proposant des transformateurs pouvant

convenir, c'est-à-dire correspondant aux caractéristiques suivantes :

- primaire : 230 volts
- secondaires : 6,3 volts/5,6 A
300 volts/100 mA

Le circuit imprimé est établi pour pouvoir utiliser l'un ou l'autre des deux transformateurs suivants :

- ACEA 6783. Transformateur sur circuit C avec blindage.
 - ARABEL TK40. Transformateur torique à double blindage (Electronique Diffusion)
- Ces transformateurs disposent de deux secondaires 6,3 volts et deux secondaires 300 volts.

Les enroulements 6,3 volts sont montés en parallèle, de même pour les enroulements 300 volts, les redressements se faisant par des ponts de diodes au silicium. Si vous utilisez l'un ou l'autre de ces transformateurs sans le circuit imprimé proposé, faites attention à bien respecter le sens des enroulements pour qu'ils soient en phase. Si le sens n'est pas respecté, la tension sera proche de zéro et le transformateur ne survivra probablement pas longtemps.

Puisqu'elles disposent de deux enroulements séparés, ces deux références sont aussi utilisables en redressement double alternance, avec des diodes à vide chauffées en 6,3 volts. Le schéma général est reproduit **figure 20**.

ALIMENTATION RÉGULÉE BASSE TENSION 6,3 V

Le pont BR1 est choisi d'un type pouvant supporter les 5,6 A. Ce pourra être un FB3502L de Fagor ou tout autre modèle équivalent, mais le circuit imprimé a été étudié pour ce modèle. Il est prévu pour pouvoir monter le pont indifféremment au-dessus ou en dessous du circuit imprimé. Cette deuxième disposition a notre préférence, car elle permet de fixer le pont directement contre la partie métallique du coffret utilisé, qui servira ainsi de dissipateur thermique. Le régulateur U1 n'est évidemment plus un classique LM317T, mais la version plus puissante LM338K montée sur un refroidis-

5.1 SIX VOIES EXTENSIBLE EN 7.1 HUIT VOIES

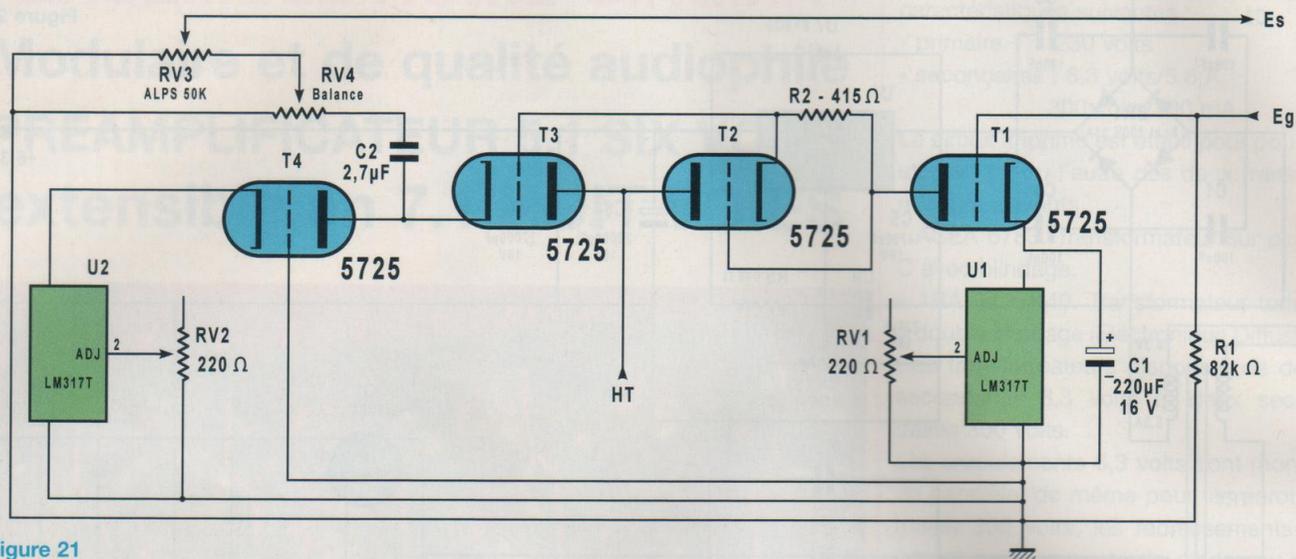


Figure 21

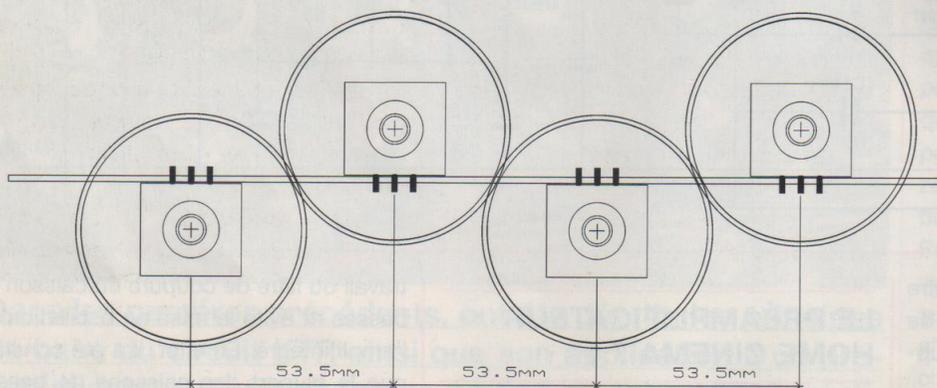


Figure 22

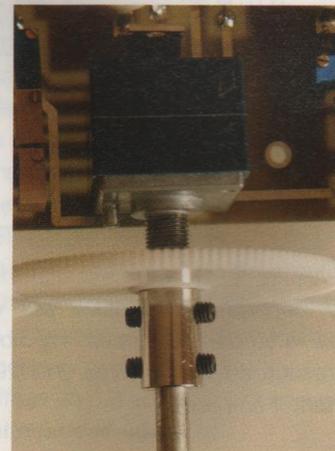


Photo 1

chez les différents fabricants.

La plus compliquée à mettre en œuvre consiste à utiliser un circuit intégré spécialisé de « commande de volume » par commutation de résistances. Il existe plusieurs références mais toutes nécessitent la mise en œuvre d'un circuit programmé. Or la programmation sort du domaine de l'audio. De plus, les circuits actuellement proposés ne nous conviennent pas vraiment car la tension maximale de fonctionnement qu'ils supportent reste limitée à 5 volts, ce qui est trop faible. Néanmoins, nous y reviendrons dans une prochaine réalisation.

Reste la solution consistant à utiliser quatre potentiomètres doubles, couplés

mécaniquement entre eux. Pas aussi simple qu'il n'y paraît. D'abord, si le couplage mécanique est faisable avec des roues dentées et des composants standards faciles à trouver (réf : 33.2912-14 de Selectronic), il faut constater qu'il y a inversion du sens de rotation de chaque potentiomètre. Pour régler ce problème simplement, une seule méthode : monter les potentiomètres alternativement au-dessus, puis au-dessous du circuit imprimé. Le dessin des quatre potentiomètres vus de face vous aidera à comprendre (figure 22).

Si le potentiomètre de gauche tourne de gauche à droite, le second situé juste à sa droite tourne de droite à gauche, le

troisième de gauche à droite (comme le premier) et le quatrième de gauche à gauche (comme le second). Mais la patte de gauche du premier potentiomètre correspond à la patte de droite du second, à celle de gauche du troisième et à celle de droite du quatrième. Il suffit donc de câbler le circuit en tenant compte des rotations. Comme nous avons inversé les potentiomètres sous le circuit, par rapport à ceux situés au-dessus, ils fonctionneront tous dans le même sens.

Enfin, les axes des potentiomètres étant trop courts pour pouvoir monter à la fois la roue dentée et l'axe de commande en face avant, il faut le rallonger avec un manchon (réf. 33 3308 Selectronic) et

HOME CINÉMA TOUS TUBES

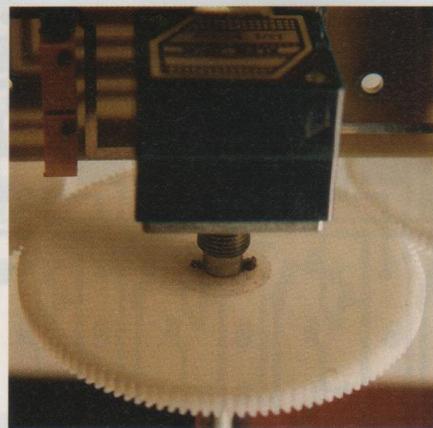
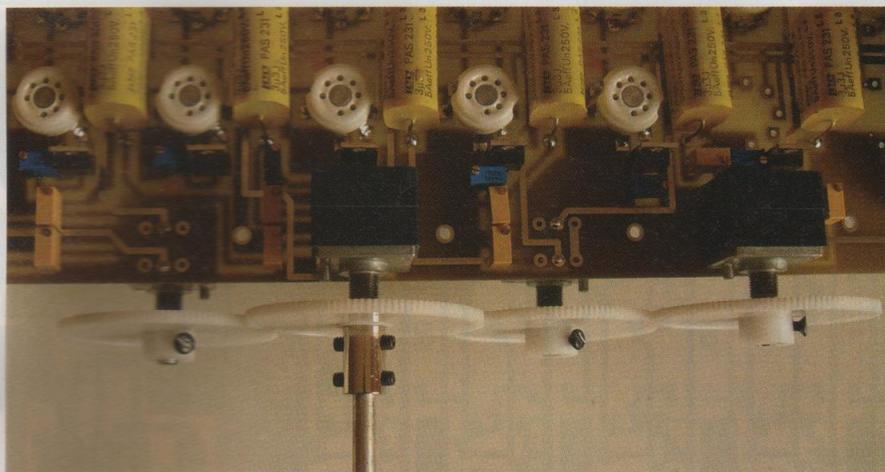


Photo 2

Photo 3

une petite tige de diamètre 6 mm qui pourra être un simple morceau de tube de 6 mm en cuivre, aluminium ou matière plastique (voir photos 1 à 3).

La commande de « balance » pour chaque voie est constituée d'un potentiomètre ajustable de quelque dix-sept tours RV25/22/19/16/13/10/7/4, monté en série avec le potentiomètre de commande (comme pour la version stéréo proposée dans les deux précédents numéros de *Led*). Il suffira, lorsque l'ensemble fonctionnera et que le volume moyen sera réglé avec le potentiomètre de commande générale, d'ajuster chaque voie avec le potentiomètre RV correspondant. Bien entendu, préalablement à la mise en service, il faudra positionner tous les potentiomètres ajustables à la même valeur de résistance, par exemple tous à 50 %.

LE CIRCUIT IMPRIMÉ

Pour simplifier le câblage et la réalisation, le circuit imprimé double faces est unique pour les huit voies et l'alimentation. Il mesure 425 x 198 mm. Il est donc étudié pour entrer facilement dans un coffret rack standard de trois unités de hauteur ou une unité si vous désirez que les tubes soient visibles de l'extérieur (réf. HAER4813-250-A Electronique Diffusion).

Le circuit imprimé est disponible à la

revue en double face et à trous métallisés. Toutes les surfaces percées ont été agrandies afin de faciliter les soudures. Seuls les emplacements des LM317T restent de petites dimensions et nécessiteront un peu de vigilance. Le circuit imprimé étant de grandes dimensions, il faut le câbler avec beaucoup d'attention et de rigueur. La figure 24 vous donne l'emplacement de chaque composant. S'agissant d'un circuit double face à trous métallisés, il faut souder les composants côté « pistes » (figure 23a) et chauffer suffisamment pour que la soudure remplisse le trou métallisé par capillarité et commence à s'écouler sur l'autre face. Si le composant masque la piste, alors il faudra souder à partir de la pastille qui se trouve sur l'autre face du circuit imprimé. Dans ce cas, il faudra être encore plus vigilant et attendre que la soudure s'écoule dans le trou avant d'arrêter de chauffer.

Pour vous aider à câbler ce grand circuit, je me propose de vous décrire la succession des opérations :

- **Ne pas poser les potentiomètres ALPS pour le moment.**

- Commencer par câbler les 7 straps, notés ST1 à ST7, situés au milieu de chaque voie, au-dessus et à droite de T2, T6, T10, T14, T18, T22, T26, T30.

- Câbler les 8 résistances identiques de chaque voie : R6, R8, R10, R12, R14,

R16, R18, R20. Poursuivre avec R7, R9, R11, R13. R15, R17, R19 et R21 (qui seront des straps dans la version simplifiée), puis les résistances de l'alimentation R1, R2, R3, R4 et R5.

- Pour l'esthétique du montage, toujours positionner les résistances avec les anneaux de couleurs dans le même sens.

- Passons aux diodes D1, D2, D3, D4, D5, D6 (attention au sens) et aux résistances ajustables RV1, RV2, RV5, RV8, RV11, RV14, RV17, RV20, RV23, puis RV3, RV6, RV9, RV12, RV15, RV18, RV21, RV24, puis RV4, RV7, RV10, RV13, RV16, RV19, RV22 et RV25.

- Poursuivons avec les condensateurs C1, C2, C3, C4, C8, C9, C10, C11, C12, C16, puis les électrochimiques C17, C19, C21, C23, C25, C27, C29, C31 (attention au sens, la patte la plus courte est à souder à la masse), enfin C33.

- Seulement maintenant nous positionnons les supports des tubes T1, T2, T3... jusqu'à T32. Enfoncer les pattes doucement dans les trous sans forcer, jusqu'à l'épaulement de la patte. Pour la version simplifiée, il est possible de ne pas monter les supports des tubes inutilisés T2, T4, T6, T8, T10, T12 etc.

- Passons au fusible et à la prise secteur, puis aux 16 fiches RCA.

- Soudons les composants actifs LM317T - 1 jusqu'à LM317T - 16, puis la

5.1 SIX VOIES EXTENSIBLE EN 7.1 HUIT VOIES

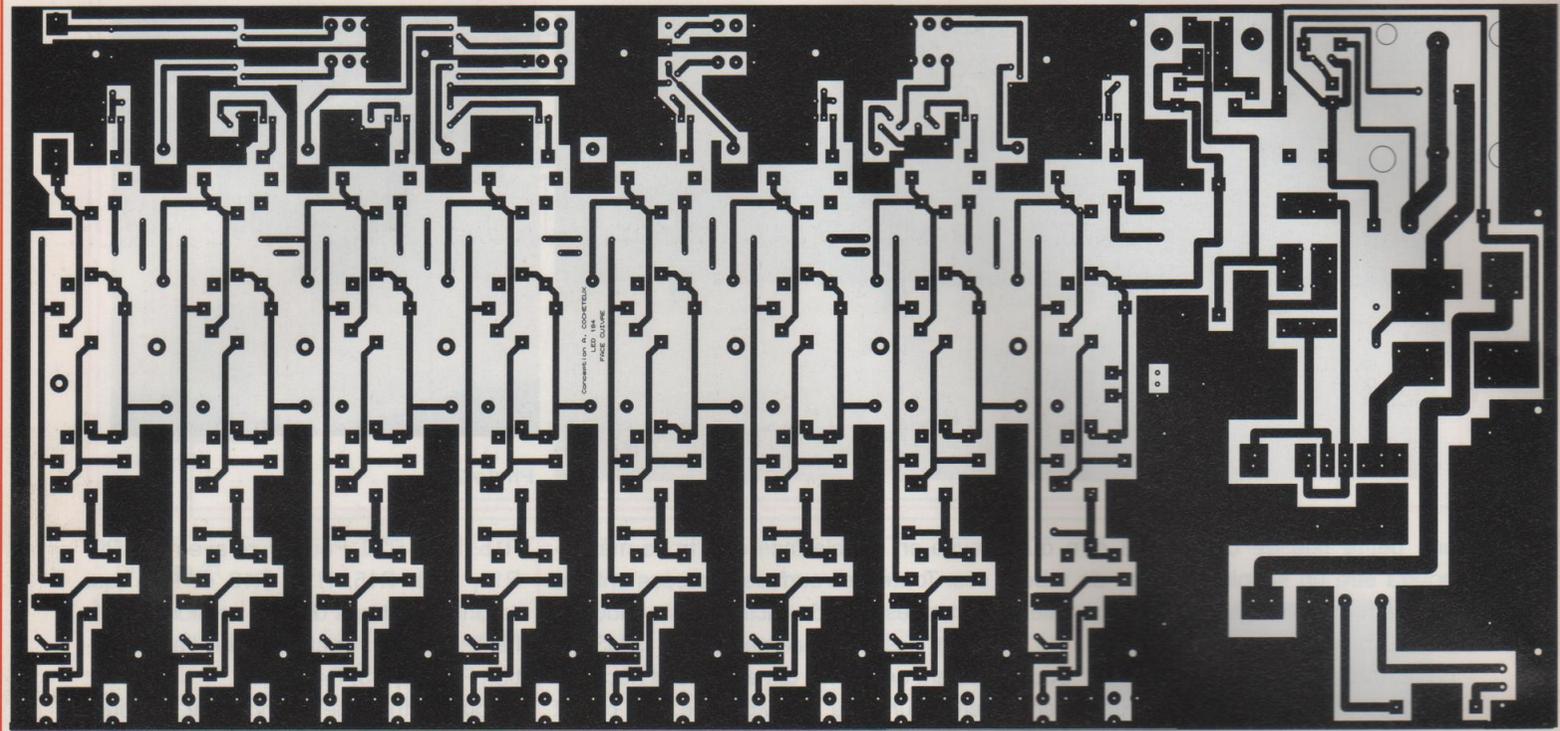


Figure 23a : Un circuit imprimé qui ne peut évidemment pas vous être proposé à l'échelle 1 vu ses dimensions importantes (425 x 198 mm)

diode D7 (bien faire attention au sens des composants). Viennent les condensateurs de grosses tailles C18, C20, C22, C24, C26, C28, C30, C32, puis les électrochimiques C5, C13, C6, C7, C14 et C15 (en respectant bien la polarité).

- Il reste à souder le LM338K (monté sur son dissipateur sans isolant et avec un peu de graisse au silicone) et à le fixer au circuit imprimé avec deux vis de 4 mm. Faire de même avec le BUZ41 préalablement fixé sur son dissipateur MC73-2 sans isolant (attention au sens). Le dissipateur est maintenu au circuit imprimé par deux vis de 3 mm.

Enfin, souder les quatre potentiomètres ALPS de 2 x 50 k Ω . Le potentiomètre le plus proche de l'alimentation, Pot1, est fixé sur le dessus du circuit, côté composants (de même pour le potentiomètre Pot 3).

Les potentiomètres Pot 2 et Pot 4 sont fixés sous le circuit imprimé, côté pistes, noté « face cuivre » sur le circuit.

Il importe que les quatre potentiomètres soient bien parallèles entre eux. En effet, les roues dentées ne font que 3 mm

d'épaisseur, ce qui est peu. Dans un premier temps, positionner le potentiomètre de commande Pot 2 sans la roue dentée et ne souder que les deux pattes centrales. Faire de même pour Pot 1, puis Pot 3 et Pot 4. Tourner les potentiomètres Pot 4 et Pot 2 complètement vers la gauche pour être en position de « son nul », c'est-à-dire curseur à la masse. Tourner les axes des potentiomètres Pot 1 et Pot 3 complètement vers la droite (curseur à la masse). Positionner les roues dentées sans modifier la position des curseurs des potentiomètres, en commençant par Pot 1, puis Pot 2, etc., tout en veillant à ce que les dents soient bien engrenées.

Bloquer les roues sur les axes avec les vis de blocage, puis solidariser les roues les unes aux autres avec des pinces Wool. (photos 4 et 5). Après vérification du parfait parallélisme, procéder à la soudure complète de tous les potentiomètres.

Alors seulement, nous visserons le transformateur. Dans le cas de l'ARABEL, ne pas oublier de le fixer sur le circuit avec

un boulon poêlier de 6/70 mm traversant le circuit par le trou central.

En suivant cette méthode de câblage, vous ne pourrez rien oublier.

Vérifier l'absence de court-circuit, notamment au niveau des LM317T et du BUZ41 avant toute mise sous tension.

Il ne doit pas y avoir de problème de réalisation et le fonctionnement doit être parfait du premier coup.

Bien entendu, vous n'êtes pas obligé de câbler l'intégralité du circuit. Vous pouvez vous contenter de câbler six voies, plus la voie grave ainsi que l'alimentation et, ultérieurement, câbler la septième voie, puis la huitième si nécessaire.

PRÉCISION SUR L'ACCOUPLÉMENT MÉCANIQUE DES POT.

Les photos 1 à 3 illustrent bien le propos. Sur l'axe de chacun des 4 potentiomètres est fixée une roue dentée de 6 cm de diamètre. Préalablement au montage de cette roue, il faut percer l'épaulement avec un foret de \varnothing 2,5 mm et introduire une vis de 3 mm. Cette opération est

HOME CINÉMA TOUS TUBES

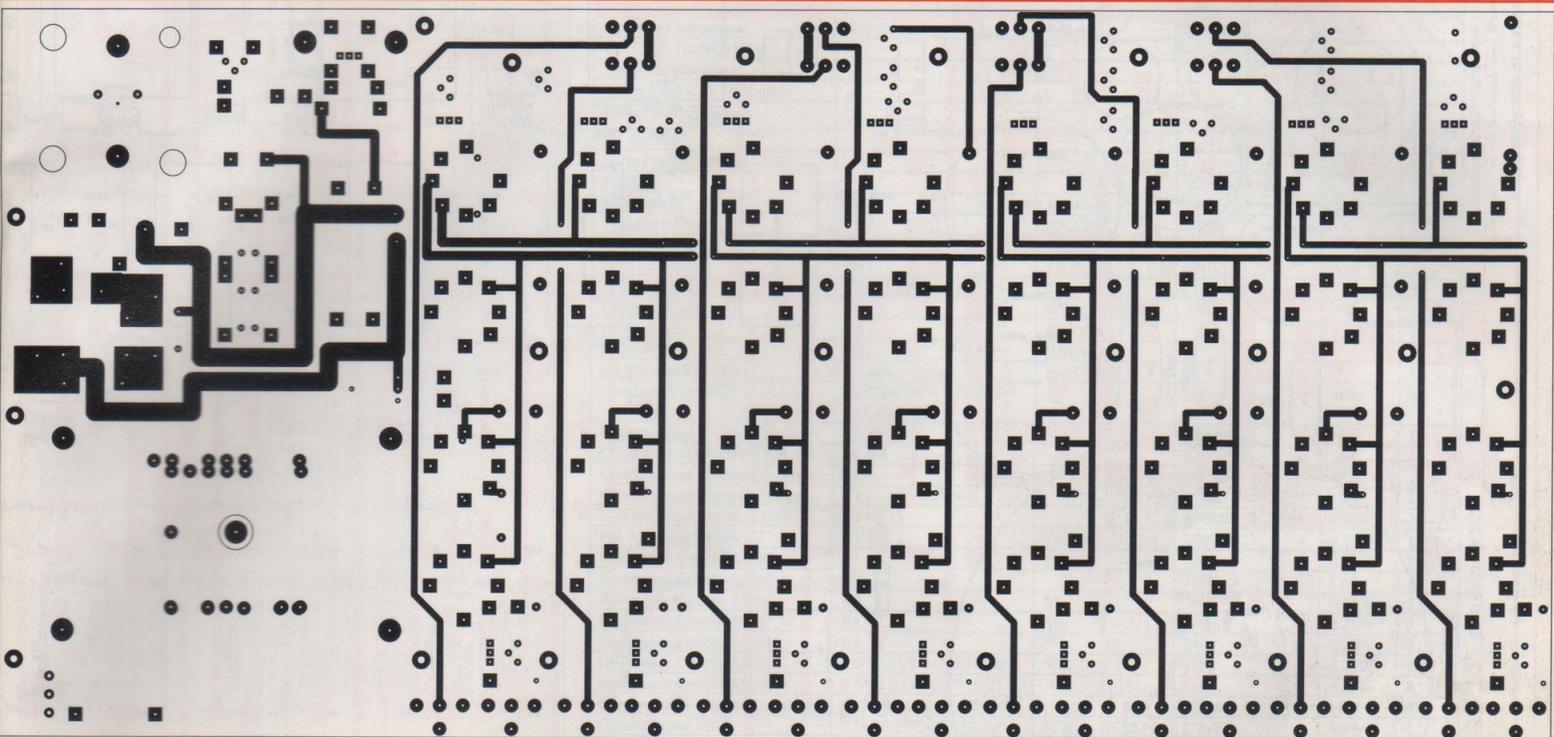


Figure 23b

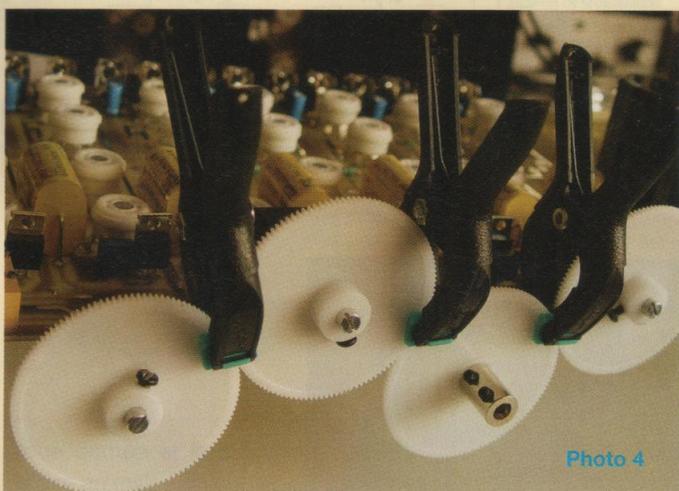


Photo 4



Photo 5

facilitée si l'on dispose d'un petit taraud de 3 mm (à défaut il est possible de tarauder le nylon simplement avec la vis). Cette vis permettra, par serrage modéré, de bien rendre solidaires l'axe du potentiomètre et la roue dentée. La roue sera positionnée au plus près du circuit imprimé, **l'épaulement vers l'extérieur.**

Pour le potentiomètre de commande, les choses sont plus complexes. En effet, la

longueur de l'axe des potentiomètres ALPS est insuffisante pour fixer et la roue dentée et une rallonge d'axe qui portera le bouton de manœuvre depuis l'extérieur du coffret. Pour commencer, nous enlèverons avec une lame de scie à métaux à fine denture l'épaulement d'une roue à fleur de celle-ci pour ne plus avoir que la largeur de 3 mm de la roue dentée. Cette roue sera ensuite position-

née sur un morceau d'axe de potentiomètre de 6 mm de diamètre, la partie non sciée vers le haut. Nous introduirons dans l'axe, par le haut, un manchon pour rallonge d'axe de 6 mm et nous le fixerons sur celui-ci avec les vis de serrage. Maintenant, nous pouvons retourner l'ensemble et fixer l'axe dans les mâchoires d'un étau. Avec un foret de $\varnothing 2$ mm, nous perçons les 3 mm de la

5.1 SIX VOIES EXTENSIBLE EN 7.1 HUIT VOIES

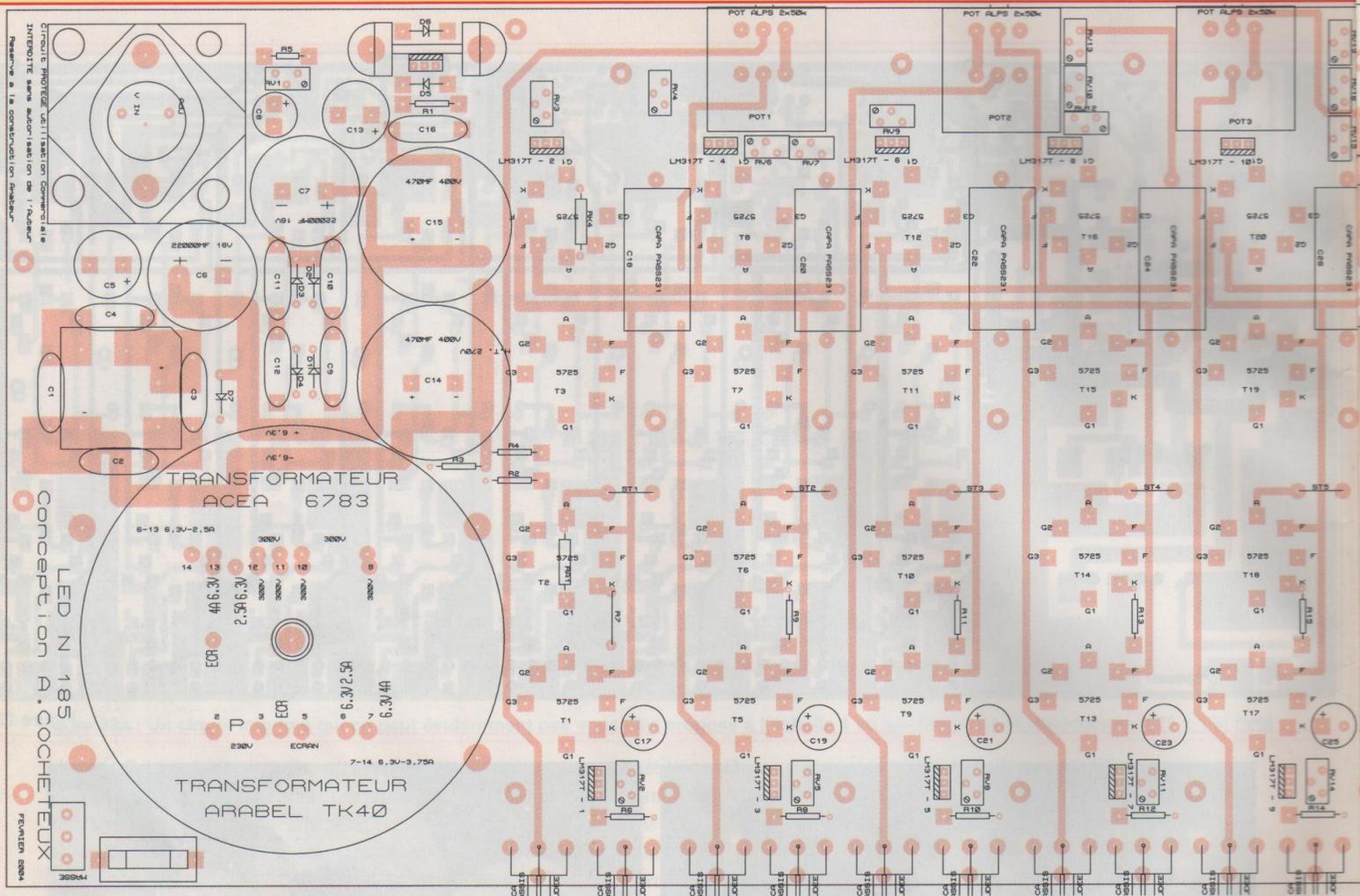
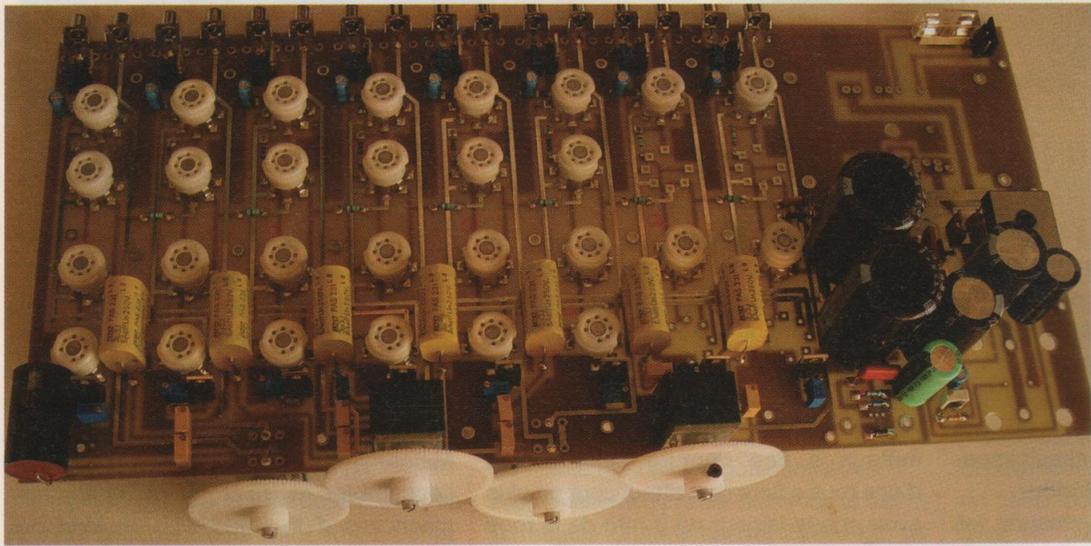
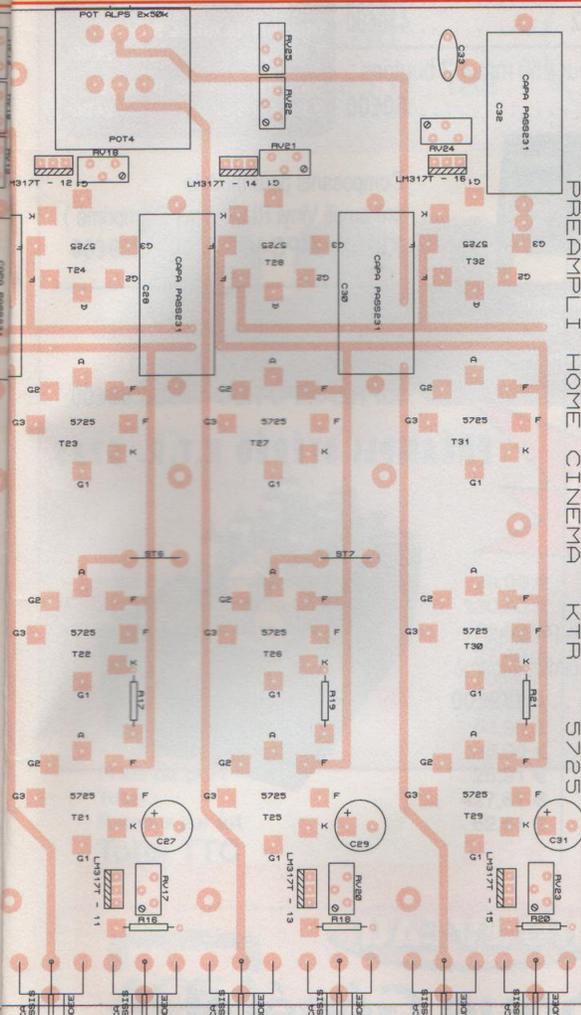


Figure 24



Dans un premier temps, les potentiomètres ALPS ne sont fixés au circuit imprimé que par leurs pattes centrales (cursseurs). Ceci permet d'obtenir un parfait positionnement des roues dentées pour réaliser un bon engrenage indispensable à la commande des 8 voies du préamplificateur.

HOME CINÉMA TOUS TUBES



NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

Type de Composant	Réf Circuit	Libellé	Valeurs	V//W	N
CIRCUIT IMPRIME					1
Supports Miniatures					32
Tubes 5725 CSF Miniatron	T1 à T32				32
Fiche Secteur Châssis					1
Fil Secteur					1
Porte Fusible Protégé					1
Fusible			500mA		1
Interrupteur	Int	Bipolaire	Sub Min	1.5A	1
Transformateur	TR1	ARABEL	TK40		1
Transformateur	TR1	ACEA	6783		1
Pont de Diodes	BR1	FB3502L	250V	35A	1
Diodes Silicium	D1-D2-D3-D4-D6	1N4007		1A	5
Diode Silicium	D7	BYW29-200	200V	7A	1
Diode Zener	D5	BZX85C16		1.3W	1
MOS FET	Q1	BUZ41A			1
Régulateur Variable	U1	LM338K			1
Condensateur MKT	C1-C2-C3-C4--C9-C10-C11-C12-C16		100nF	400v	9
Condensateur Electro Chimique	C5		4700MF	16V	1
Condensateur Electro Chimique	C6-C7		22000MF	16V	1
Condensateur Electro Chimique	C8		220MF	16V	1
Condensateur Electro Chimique	C13		47MF	400V	1
Condensateur Electro Chimique	C14-C15		470MF	400V	2
Pot Ajustable CERMET	RV1	T63YA	4700	0.25W	1
Résistance Couche Métal	R1	5%	470K	0.25W	1
Résistance Couche Métal	R2		100K	1W	1
Résistance Couche Métal	R3	5%	30K	0.25W	1
Résistance Couche Métal	R4	5%	89K	0.25W	1
Résistance Couche Métal	R5	5%	240	0.25W	1
Résistance Couche Métal	R6/8/10/12/14/16/18/20	5%	82K	0.25W	8
Résistance Couche Métal	R7/9/11/13/15/17/19/21	1%	415	0.25W	8
Condensateur Electro Chimique	C17/19/21/23/25/27/29/31		220MF	16V	8
Condensateur MKP	C18/20/22/24/26/28/30	SCR ou RS232	2.7µF	400V	7
Condensateur MKP	C32	SCR	10µF	400V	1
Condensateur Mica	C33				1
Potentiomètre ALPS	Pot1/2/3/4	ALPS	2X50K		4
Bouton de Commande	Axe 6mm Diam 35mm	Selectronic	33.7472-3		1
Pot Ajustable CERMET	RV2/5/8/11/14/17/20/23		500		8
Pot Ajustable CERMET	RV3/6/9/12/15/18/21/24		500		8
Pot Ajustable CERMET	RV4/7/10/13/16/19/22/25		100K		8
RCA Châssis à souder	RCA 1 à 16				16
Régulateur Variable LM317T	LM317T- 1 à 16				16
Rack ARABEL 19 pouces	3U Alu	ARABEL	HAER4813-250A		1

roue dentée et le manchon de rallonge d'axe au milieu de son épaisseur, sur une profondeur de 10 mm au moins, de chaque côté de l'axe. Bien entendu, **il faut percer là où il n'y a pas les vis de serrage du manchon**. Nous pouvons maintenant introduire dans chacun des deux trous de 2 mm que nous venons de percer, un simple clou de diamètre 2 mm « à force » avec un petit marteau. Couper l'excédent de longueur des clous avec une pince, et poser une goutte de colle

forte sur chaque clou. Enfin, enlever l'axe de potentiomètre (**photo 3**).

Nous venons de fabriquer un manchon « rallonge d'axe » solidaire d'une roue dentée. Sur ce manchon, nous pourrions fixer un axe de 6 mm de longueur convenable pour commander les quatre potentiomètres avec un unique bouton. Tout cela est plus compliqué à décrire qu'à réaliser (**voir photos 1 à 5**).

Dans notre prochain numéro, je vous proposerai, si votre budget ne vous per-

met pas de réaliser l'ensemble qui vient d'être décrit, une version simplifiée d'un coût très inférieur, **mais qui utilise le même circuit imprimé**, ce qui vous permettra ultérieurement de mettre l'ensemble à niveau en ajoutant les composants nécessaires au fur et à mesure de vos possibilités financières, cette mise à niveau pouvant se faire voie par voie.

A. Cocheteux
www.isasarl.com
info@isasarl.com

KIT PRÉAMPLI À TUBES DÉCRIT PAR A. COCHETEU



Le kit comprenant l'ensemble des composants : transformateur et self ACEA, tubes Sylvania, Mullard, etc, potentiomètre ALPS, condensateurs MKP. (sans circuits imprimés ni coffret)

Version avec tubes ECC81 : KIPREAMPC-1390€00
Version avec tubes 7308 : KIPREAMPC-2430€00

Le coffret rack ARABEL 2U profondeur 250 mm + 2 boutons :
HAER4809-250-CO60€00

Les tubes seuls :

ECC81 .. (12AT7 Mullard)	20€00
EZ80	(E.L.) 12€00
ECL86	(Philips) 27€00
OB2	(Sylvania) 12€00
5725	(Thomson) 10€00
7308	(Siemens) 25€00

Support de tubes Stéatite
7 broches :2€00

Support de tubes Stéatite
9 broches :2€00

KTR 5725 version Home Cinéma

Composants et kits disponibles chez Electronique Diffusion (nous consulter)

AGENCES ELECTRONIQUE DIFFUSION

SIÈGE SOCIAL

Avenue de la Victoire	59117 WERVICQ-SUD	Tél: 03.28.04.30.60	Fax: 03.28.04.30.61
43, rue Victor Hugo	92240 MALAKOFF	Tél: 01.46.57.68.33	Fax: 01.46.57.27.40
45, rue Maryse Bastié	69008 LYON	Tél: 04.78.76.90.91	Fax: 04.78.00.37.99
26, rue de la Cunette	59140 DUNKERQUE	Tél: 03.28.66.60.90	Fax: 03.28.66.60.91
234, rue des Postes	59000 LILLE	Tél: 03.20.30.97.96	Fax: 03.20.30.98.37
2, rue de Florence	59100 ROUBAIX	Tél: 03.20.28.44.77	Fax: 03.20.28.44.78
49, rue Guillaume Janvier	34000 MONTPELLIER	Tél: 04.67.27.18.73	Fax: 04.67.27.18.74
49, rue Saint Eloi	76000 ROUEN	Tél: 02.35.89.75.82	Fax: 02.35.15.48.81
50, av. Lobbedez	62000 ARRAS	Tél: 03.21.71.18.81	Fax: 03.21.71.45.08
247, route de Béthune	62300 LENS	Tél: 03.21.28.91.91	Fax: 03.21.28.91.90
39, av. de St. Amand	59300 VALENCIENNES	Tél: 03.27.30.97.71	Fax: 03.27.30.97.90



Composants pour module pré-ampli Vinyl RLC (sans C. imprimé) :
KIPREAMPC-VNL259€00

Le transfo d'alimentation seul : .75€00
La self d'alimentation seule : . . .35€00

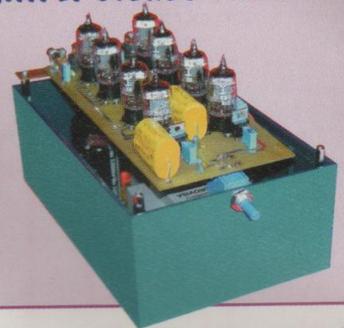
Transfo pour préampli Vinyl
marque SOWTER :75€00 les 2

Composants pour module Filtre RLC
(le jeu de 2 - Sans C. imprimé) :
KIPREAMPC-RLC68€00

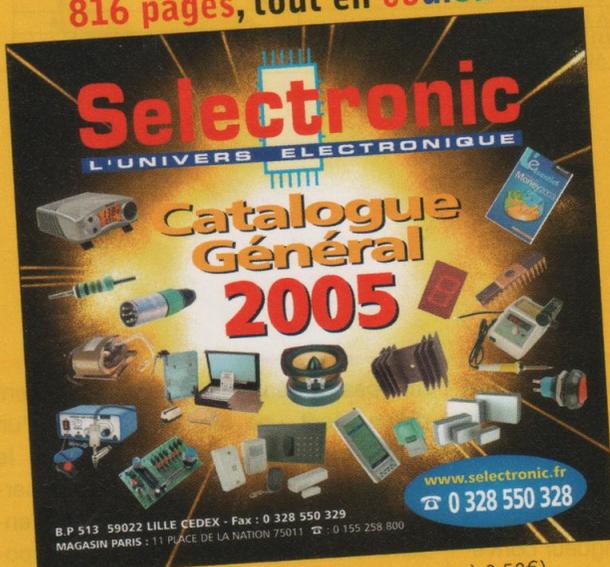
NOUVEAU

PRÉAMPLI STÉRÉO K.T.R. 5725

Composants pour module Préampli stéréo K.T.R 5725 sans circuit imprimé :
KIPREAMPC-KTR179€00



816 pages, tout en couleurs



Envoi contre 5,00€ (10 timbres-poste à 0,50€)

NOUVEAU

Catalogue Général

Selectronic

L'UNIVERS ELECTRONIQUE

- Connectique • Electricité.
 - Outillage • Librairie technique
 - Appareils de mesure • Robotique • Etc.
- Plus de 15.000 références

Parution en septembre

Coupon à retourner à : Selectronic B.P 513 59022 LILLE Cedex

OUI, je désire recevoir le **Catalogue Général 2005 Selectronic** à l'adresse suivante (ci-joint 5,00€ en timbres-poste (10 timbres de 0,50€)) :

LED

Mr. / Mme : Tél :

N° : Rue :

Ville : Code postal :

"Conformément à la loi informatique et libertés n° 78.17 du 6 janvier 1978, Vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données vous concernant"

ACEA LE FABRICANT QUI MET AU SERVICE DE L'AUDIOPHILE LA QUALITÉ AÉRONAUTIQUE MILITAIRE ET SPATIALE

PUSH PULL ECL86

2 x 12 W Led N° 183



kit comprenant :

- Le transformateur d'alim	70,00 €
- 2 TS 9000 Ω (tôle 80 x 96)	130,00 €
- 1 self de filtrage	26,00 €
- 1 condo 1500 µF / 350 V	27,40 €
- 4 tubes ECL86 Philips	70,00 €
- 4 supports NOVAL CI	18,40 €
- 3 capots nickelés	54,90 €
- 1 cordon alimentation	5,00 €
Frais de port	25,91 €
Total :	427,61 €
Remise sur kit	62,61 €
Total TTC	365 €

PROMOS

valables pour toute commande
reçue avant le 30/09/2004

SINGLE END ECL86

2 x 4 W Led N° 184



kit comprenant :

- Le transformateur d'alim	64,00 €
- 2 TS moulés (en boîte) circuit C	
Sortie 8 Ω + 1 impédance au choix	156,00 €
- 1 capot nickelé	18,30 €
- 2 tubes ECL86	35,00 €
- 1 tube EZ80	16,60 €
- 1 cordon alimentation	5,00 €
Frais de port	21,34 €
Total :	316,24 €
Remise sur kit	36,24 €
Total TTC	280 €

PUSH-PULL 845

40 W le bloc
Led N°s 172 - 173



kit comprenant : pour 1 bloc

- 1 transfo d'alimentation en cuve	174,45 €
- 1 transfo de sortie en cuve	259,20 €
- 2 tubes 845 appariés	148,00 €
- 2 tubes ECL86 Philips	35,00 €
- 2 supports 845 argentés	42,60 €
- 2 supports NOVAL pour C.I.	6,70 €
- 1 self de filtrage en cuve	71,65 €
- 1 transfo d'alim. 2x12 V en cuve	85,00 €
- 2 condensateurs 470 µF / 500 V	60,00 €
- 2 condensateurs 47 000 µF / 16 V	30,00 €
Frais de port	25,91 €
Total :	938,51 €
Promo	- 28,51 €

Total TTC pour 1 bloc 910 €
Total TTC pour 2 blocs 1 780 €
(910 x 2 = 1 820 - remise 40 €)



6 rue François Verdier - 31830 PLAISANCE DU TOUCH (près de TOULOUSE)

Tél. : 05 61 07 55 77 / Fax : 05 61 86 61 89

Site : acea-fr.com / email : bernard.toniatti@acea-fr.com

TRANSFORMATEURS DE SORTIES

LED N°	Impédance Prim	Impédance Sec	Puissance	Prix TTC Euros
136-154-166	4000 Ω	4/8/16 Ω	40 W	97,60
138	5000 Ω	4/8 Ω	5 W	50,30
140-170-175	1250 Ω	8 Ω	Single 20 W	80,00
143-167	2000 Ω	4/8 Ω	100 W	103,60
146	625 Ω	4/8 Ω	Single 40 W	103,60
146-150	6600 Ω	4/8 Ω	50 W	103,60
183	9000 Ω	4/8 Ω		83,80
152	2,3/2,8/3,5 kΩ	4/8/16 Ω	30 w circuit C en cuve	213,40
155	8000 Ω	4/8/16 Ω	20 W	94,50
157/160/169	3800 Ω	4/8/16 Ω	80 w	103,60
159-171-173	3500 Ω	4/8 Ω	15 W Circuit C en Cuve	141,80
161-162	Circuit C. Modèle en Cuve pour Single tube 845 (impéd. 4/8 Ω)			248,20
167	2000 Ω	4/8 Ω		103,60
172-173	Circuit C. Modèle en Cuve pour Push-Pull 845 (impéd. 4/8 Ω)			259,20

A compter du 15 septembre, boîtiers disponibles. Nous consulter.

SELFS

146-152	EI / 10 H	53,40	161-162	Circuit C / 7H	44,20
151-170	Circuit C / 3 H	44,20		Torique	28,00

LAMPES PRIX A L'UNITE

Pré-amplifications + Valves			Tubes de puissance		
5725 CSF + sup.	8,40 € (prix 10 st.)				
ECC81	13,70	6SN7GT	21,80	6C33C.B Sovtek	52,00
ECC82	9,10			EL34 Tesla	24,20
				7189	22,80
				6L6 E.H.	26,00
ECC83	12,20	EZ80	16,60	KT88 Tesla	46,70
				845 Chine	74,00
ECF82	10,70	EZ81	16,60	300B Sovtek	122,00
				ECL86	17,50
EF 86	22,90	GZ32	15,20	KT90	60,00
				2A3 Sovtek	48,00
				EL84 E.H.	12,00

Port pour les lampes : de 1 à 4 : 7,62 € et de 5 à 10 : 9,91 €
(gratuit avec achat d'un jeu de 3 transfos).

TRANSFORMATEURS D'ALIMENTATION faible induction 1 Tesla - capoté - primaire 230 V avec écran

LED N°	Secondaires	Prix TTC Euros
136-140	2 x 225 V - 2 x 6,3 V	79,30
138	2 x 300 V - 2 x 6,3 V	64,00
142	2 x 300 V - 2 x 6,3 V tôle (PR001)	57,20
143-145	2 x 230/240 V - 12 V	90,70
146-150	2 x 380 - 2 x 6,3 V - 5 V	90,70
147-148	PREAMPLI TUBES circuits "C"	74,70
149-158	ALIM.H.T. / Préampli tubes 2 x300 V - 2 x 6,3 V	77,80
152	Prim. 230 V - Ecran - Sec. 2 x 300 V - 2 x 6,3 V	97,60
154-159-160	Prim. 230 V - Ecran - Sec. 2 x 360 V-5 V-6,3 V	88,40
155	Prim. 230 V - Ecran - Sec. 2 x 230 V ou 2 x 330 V + 12 V	79,30
157-160	Prim. 230 V - Ecran - 380 V + 6,3 V + 4 x 3,15 V	90,00
161-162-163-	Prim. 220 V / 230 V - Ecran - 2 x 330 V - 6,3 V en cuve	174,45
172-173	Prim. 230 V - Sec. : 2 x 12 V - Ecran : 53,36 € avec capot et 85,00 € en cuve	
163	Prim. 230 V - Sec. 2 x 240 V + 12 V - Ecran (Filtre Actif)	53,40
166/170	Prim. 230 V - Ecran - Sec. 2 x 230 V + 6,3 V + 6,3 V - 4,5 A	85,40
KIT LED 168 ou 169	comprenant 2 Transfos d'alim, 3 Supports, 3Tubes (port compris)	95,00
167/169	Prim. 230 V - Ecran - Sec. 400 V + 6,3 V + 4 x 3,15 V + 75 V	103,70
171	Prim. 230 V - Ecran - 2 x 360 V - 6,3 V / 2 A + 6,3 V / 5 A	88,40
KIT LED 176 - PRE- AMPLI TRANSFO DOUBLE "C"+ 1 SELF en "C"	(port compris)	104,00
Avec en plus 2 selfs 45 mH et 2 selfs 1,7 H		153,00

SUPPORTS DE TUBES

Noval C.I.	3,35	OCTAL C.I.	4,60	4 cosse "300B"	9,90	capot nickelé	18,30
Noval Châssis	4,60	OCTAL Châssis	4,60	Jumbo (845) arg	18,00	Noval C.I. 7 broches	3,30

CONDENSATEURS

1 500 µF / 350 V	27,40	470 µF / 450 V	16,00	150 000 µF / 16 V	33,50
2 200 µF / 450 V	53,40	470 µF / 500 V	30,00	47 000 µF / 16 V	15,00

CONDITIONS DE VENTE : France métropole : Règlement par chèque joint à la commande,

PORT : 12,20 € le premier transfo, 4,57 € en plus par transfo supplémentaire,

Minimum de facturation TTC : 50 € (port non compris). Si inférieur, frais de traitement 6,40 € en sus.



79, rue d'Amsterdam
75008 Paris
Tél. : 01 48 78 03 61
Fax : 01 40 23 95 66
cice.industrie@wanadoo.fr

Réparation Haut Parleur
et vente de pièces détachées d'origines :
TAD - RADIAN - JBL - SELENIUM
B&C - SOLTON - ALTEC
L'ensemble de ces produits est disponible en neuf
ainsi que leurs accessoires et leurs complémentaires,
permettant d'élaborer des systèmes audio



COMPRESSION HAUT DE GAMME



Ces compressions sont équipées de diaphragmes en alliage d'aluminium spécial et de suspensions en mylar, ce qui donne à ces drivers une linéarité surprenante et un rendement élevé du fait de la légèreté de l'équipage mobile. Ces composants sont disponibles en 8 et 16 Ω.

Compressions drivers

450 PB :	1 pouce	25 W	800 Hz à 20 kHz	105 dB	162 € TTC
465 PB :	1 pouce	40 W	800 Hz à 20 kHz	107 dB	217 € TTC
475 PB :	1 pouce	50 W	800 Hz à 21 kHz	109 dB	253 € TTC
636 PB :	1,4 pouce	50 W	500 Hz à 20 kHz	110 dB	272 € TTC
745 PB :	1,4 pouce	65 W	500 Hz à 20 kHz	111 dB	360 € TTC
835 PB :	1,4 pouce	75 W	500 Hz à 20 kHz	113 dB	490 € TTC
651 PB :	2 pouces	50 W	500 Hz à 20 kHz	110 dB	272 € TTC
760 PB :	2 pouces	60 W	500 Hz à 20 kHz	111 dB	360 € TTC
850 PB :	2 pouces	75 W	500 Hz à 20 kHz	113 dB	490 € TTC
950 PB :	2 pouces	100 W	500 Hz à 20 kHz	111 dB Neodin	780 € TTC

Haut-parleurs

2208B :	8 pouces	200 W	58 Hz à 4,5 kHz	95 dB à 100 Hz	168 € TTC
2212B :	12 pouces	300 W	52 Hz à 3,5 kHz	93 dB	223 € TTC
2312 :	12 pouces	400 W	48 Hz à 3,5 kHz	96 dB	358 € TTC
2215B :	15 pouces	500 W	45 Hz à 2,5 kHz	97 dB	360 € TTC
2216 :	15 pouces	600 W	45 Hz à 3,5 kHz	96 dB	368 € TTC
2218 :	18 pouces	600 W	26 Hz à 280 Hz	95 dB	420 € TTC

Haut-parleurs coaxiaux

365 :	6,5 pouces	75 W	60 Hz à 18 kHz	92 dB	95 € TTC
365 T :	6,5 pouces	75 W	60 Hz à 18 kHz, ligne 100 V	92 dB	136 € TTC
508/2B :	8 pouces	200 W	55 Hz à 20 kHz HF 1P	95 dB	313 € TTC
5208 B :	8 pouces	200 W	55 Hz à 20 kHz HF 1P	96 dB	366 € TTC
5212 B :	12 pouces	300 W	55 Hz à 20 kHz HF 1P	94 dB	382 € TTC
5312 :	12 pouces	500 W	60 Hz à 20 kHz HF 2P	96 dB	642 € TTC
5215 B :	15 pouces	500 W	45 Hz à 20 kHz HF 2P	97 dB	740 € TTC



Pour tout achat d'un système ou d'un ensemble de composants d'une réalisation, CICE vous offre un abonnement à Led

SYSTÈMES HAUT RENDEMENT en démonstration permanente.
Équipement : RADIAN / TAD / ELECTRO VOICE et production CICE Industrie, Haut Parleur et compressions.
Réalisation : en 2, 3, et 4 Voies : Actif ou Passif.
Pavillons : Bois ou Métal.
Amplification : à Transistors ELECTRO VOICE / DYNACORD ou Tubes, VERDIER ou Réalisation LED.
Nos Kits sont fournis avec plan complet, et conseils de réalisation pour petits et gros systèmes.



HAUT PARLEUR RADIAN.

Toute la nouvelle gamme en présentation et développement des systèmes coaxiaux de tous diamètres.



Pavillon bois massif



2208B



950PB



2216

Enceintes finies RADIAN de type RCX utilisant les Coaxiaux, et une gamme très complète de composants acoustiques vous permettant de réaliser toute configuration HiFi et Home Cinéma.



Sortez des sentiers battus et ne vous laissez plus abuser par des légendes obsolètes qui n'ont plus lieu d'être, souvent de fabrication douteuse, et n'hésitez pas à découvrir des produits modernes qui bénéficient des dernières technologies que vous utilisez dans la vie de tous les jours.

RÉPARATION ENCEINTES
HIFI ET PROFESSIONNELLES
RECONDITIONNEMENT ET RÉFECTION

OPTIMISATION DES SYSTEMES ACOUSTIQUES
SONORISATION
INSTRUMENTATION - HIFI



Coaxiaux

SYSTEME d'amplification et de filtrage numérique DYNACORD

Station technique : Electro Voice - RADIAN - JBL - Reconditionnement et optimisation de tous systèmes.

Distributeur officiel : DYNACORD - Haut Parleurs Electro Voice - Composants et enceintes RADIAN.

Horaires : Lundi 14h00-18h00 Mardi au Vendredi : 10h00 - 18h30 Samedi : 10h00 - 18h00