ISSN 0753-7409

LOISIRS ELECTRONIQUES D'AUJOURD'HUI
N° 176

Led

COURS N°3 : ET SI ON PARLAIT : «TUBES»

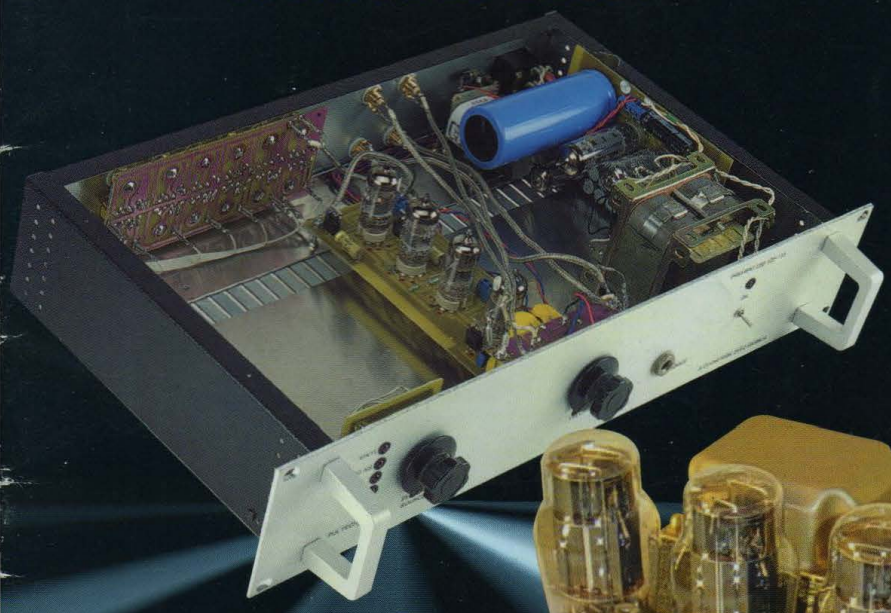
COURBES CARACTÉRISTIQUES Ia = f (Va)

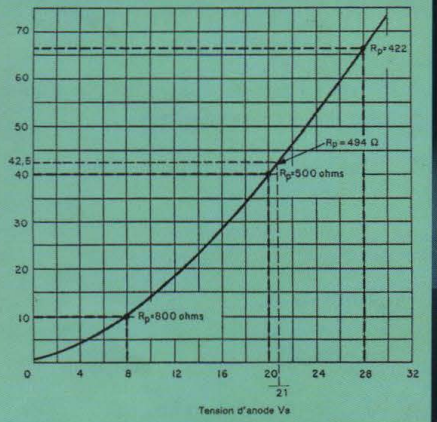
AMPLIFICATEUR DOUBLE PUSH-PULL
DE DOUBLE TRIODES 6AS7-G OU 6080

PRÉAMPLIFICATEUR/DRIVER EC86/EL183

PRÉAMPLIFICATEUR AUDIOPHILE À ECC81

PRÉAMPLIFICATEUR 6 ENTRÉES À TRIODES ECC81





COURS N°3 COURBE TENSION/COURANT

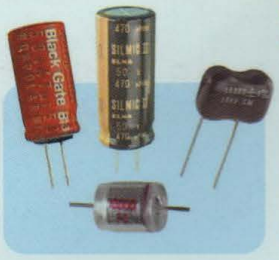
AMPLIFICATEUR À TRIODES 6AS7-G

M 01226 - 176 - F: 4,50 € - RD

BIMESTRIEL MARS / AVRIL 2003 / BELGIQUE 5 € / CANADA $ 4,95

Quoi de Neuf chez Selectronic ...

Composants pour montages AUDIOPHILES ...



› Condensateurs

BLACKGATE :
- Série BG : pour découplage,
- Série BG-C : pour liaison,
- Série BG-N : non polarisés

ELNA : SILMIC-II

STYROFLEX de précision
- de 100 pF à 82 nF

MICA argenté 1%
- de 10 pF à 100 nF

› Transformateurs d'alimentation type "R"

Ce qui se fait de mieux pour vos appareils audio
- Faibles pertes.
- Très faible capacité E/S.
- De 30 VA à 500 VA.

Kits Selectronic pour AUDIOPHILES

› 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.

Section filtre actif
- Cellules R-C à pente 6 dB cascadables
- 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
- 4 x16 W RMS / 8 ohms, pure classe A
- Technologie MOS-FET.

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).

Filtres actifs

Amplificateurs

Le Kit COMPLET Filtre + Ampli 115.4250-2 ~~1769,00€~~ **PROMO 1590,00 €TTC**

› Supports TEFLON

NOUVEAU

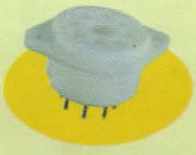
Supports en **PTFE** (Teflon) **massif** usiné.
Contacts **ARGENTÉS** (sauf indication contraire).

Pour vos réalisations à TUBES

Modèle 1

Pour tubes : 300B, WE274A
La pièce **115.2228-1**
43,20 €TTC

Modèle 2



Pour tubes : KT88, 6550A, 6SN7, etc.
La pièce **115.2228-2**
58,60 €TTC

Modèle 3
Contacts dorés

Pour tubes : EL84, ECC83, 12AU7, 12AX7, etc.
La pièce **115.2228-3**
89,00 €TTC

Modèle 4

Pour tubes : 845, etc.
La pièce **115.2228-4**
99,00 €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 vynil sur PC.

Le kit COMPLET 115.6200 199,00 €TTC

› Galva ronds - Design rétro "AVIATION"

NOUVEAU

Dimensions : 40 x 40 x 40 mm. Perçage : Ø 39 mm.

Enjoliveur

Ampèremètre 50mA
RDC = 1,6 kOhms
La pièce
115.2113-1 115,00 €TTC

Ampèremètre 150mA
RDC = 1,6 kOhms
(NB: nécessite un shunt)
La pièce
115.2113-2 115,00 €TTC

Ampèremètre 300mA
RDC = 180 Ohms
(NB: nécessite un shunt)
La pièce
115.2113-3 115,00 €TTC

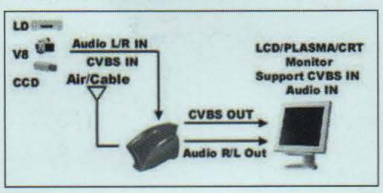
Voltmètre ±300mVDC
RDC = 6 kOhms
La pièce
115.2113-4 115,00 €TTC

Vu-mètre -20 à +3 dB
(0 dB = 1,228 V)
RDC = 26 kOhms
La pièce
115.2113-5 115,00 €TTC

Enjoliveur pour d°
En aluminium anodisé "LAITON"
La pièce
115.2113-6 28,00 €TTC

Tuner TV UNIVERSEL externe

- **Compatible avec tout moniteur** (LCD, PLASMA, CRT) avec entrée vidéo composite.
- Compatible PAL, SECAM, NTSC.
- **Standard du signal vidéo composite de sortie identique à celui du signal d'entrée.**
- Recherche de station automatique.
- Avec télécommande.
- **Entrées :**
  - 75 ohms (antenne ou câble)
  - Vidéo composite et Audio.
- **Sorties :**
  - Vidéo composite (RCA)
  - Audio stéréo (compatible NICAM).
- Alimentation par bloc-secteur fourni.



Le tuner TV 115.0390 145,00 €TTC

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

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

Magasin de LILLE
86 rue de Cambrai
(Près du CROUS)

LED0423
Photos non contractuelles

Conditions générales de vente : Réglement 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.**

LOISIRS ELECTRONIQUES D'AUJOURD'HUI
N° 176
Led

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

SARL au capital de 7 775 €
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 65 88 14

5 bd Ney, 75018 Paris
Ouvert de 9 h à 12h30 et de 13h30 à 18 h - Vendredi : 17 h

Ont collaboré à ce numéro :
Rinaldo Bassi
René Cariou
André Cocheteux
Jérôme Gest

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

Publicité :
Bernard Duval

Réalisation :
- PV Editions
Christian Mura
Frédy Vainqueur

Secrétaire de rédaction :
Fernanda Martins

Photos :
Antonio Delfin

Impression :
Berger Levrault - Toul
Imprimé en France

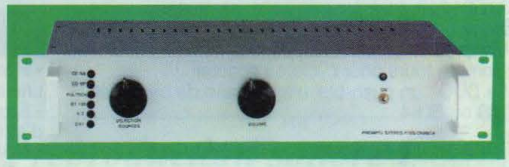
6
LA CLÉ DE L'ÉLECTRONIQUE À TUBES ? ÉLECTRON LIBRE ? PAS POUR LONGTEMPS !... (COURS N° 3)
Dure, dure, la vie d'un électron libre perdu dans la charge d'espace !... Résumons-nous : notre malheureux électron libre, agité, malmené par l'élévation de température de la cathode et enfin éjecté dans le vide de l'enveloppe d'un tube thermoïonique où il a rejoint ses milliards de congénères bloqués dans la charge d'espace, tourne en rond sans but précis ! Cette situation insupportable pour un électron moyen va évoluer à partir du moment où une main divine (la notre en l'occurrence) va appliquer une tension positive sur l'anode du tube : et là, croyez-moi ça va bouger !

17
BULLETIN D'ABONNEMENT ET SERVICE CIRCUITS IMPRIMÉS

18
SRPP ET BÉTA-FOLLOWER
Après avoir longuement étudié la topologie SRPP et les différents membres de cette famille, nous allons maintenant pouvoir «toucher du composant» en réalisant un circuit très performant pouvant servir de préamplificateur / driver aux étages de puissance les plus difficiles.

28
PETITES ANNONCES

30
RÉALISATION PRATIQUE DU PRÉAMPLIFICATEUR AUDIOPHILE (2ÈME PARTIE)
Vu l'impact obtenu avec la publication de la première partie de ce «Préamplificateur Audiophile», vous êtes assurément très nombreux à attendre la deuxième partie de cette étude pour terminer votre appareil.
Nous allons donc poursuivre notre descriptif et entreprendre la réalisation du module «Sélecteur de source» à 6 entrées.



39
AMPLIFICATEUR STÉRÉOPHONIQUE DOUBLE PUSH-PULL DE 6AS7-G OU 6080
Les amplificateurs OTL utilisant les triodes 6AS7-G ou 6080 (ou 6336) sont connus de longue date. Cependant, le choix de l'OTL n'étant jamais dépourvu de gros risques pour les enceintes, l'idée nous est venue d'étudier un appareil classique avec son transformateur de sortie.
Détournée de son utilisation première, puisque employée à l'origine dans les ordinateurs dans la fonction de régulation de tension, cette double triode «sonne» à merveille.

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.

VENTE AU NUMÉRO

à adresser aux EDITIONS PÉRIODES, Service abonnements, 5, boulevard Ney 75018 Paris

N° 152

Photocopies de l'article (Prix de l'article : 4,60 €) :
- La triode 300B. Amplificateur de 2 x 9 Weff en pure classe A sans contre-réaction

N° 153

- KITTY 255. Caméra CCD d'instrumentation, l'alimentation universelle (4ème partie)
- Multimètre 4 rampes 35 000 points (1ère partie)
- Un caisson d'extrême grave avec le haut-parleur 13VX Focal (2ème partie)
- La triode 300B. Amplificateur de 2 x 9 Weff en pure classe A sans contre-réaction (2ème partie)
- Ampli à 2 tubes en série avec pentodes EL86

N° 154

- Multimètre 4 rampes 35 000 points (2ème partie)
- La 300B en push-pull classe A de 20 Weff et sans contre réaction
- Jeu de lumières 4 voies. Des lumières au rythme des notes
- KITTY 255 : caméra CCD : l'interface 8 bits (5ème partie)

N° 155

- Un caisson d'extrême grave avec 13VX Focal ou PR330M0 Audax. Le filtre actif deux voies (3ème partie)
- KITTY 255 : caméra CCD d'instrumentation : présentation du logiciel d'acquisition (6ème partie)
- Générateur BF 20 Hz à 200 kHz
- Compte tours pour cyclo ou scooter
- Le DUO : un push-pull ultra linéaire de pentodes 7189 ou EL84

N° 156

- En Savoir Plus Sur : La protection des transistors de puissance bipolaires
- Module amplificateur de 150 Weff à TDA7294
- Filtre actif 2 voies pour caisson d'extrême grave (4ème partie)
- Caméra CCD d'instrumentation équipée du capteur TC237 (7ème partie)
- Générateur vobulé 1 Hz - 1,5 MHz avec marqueur

N° 157

- La 6L6 : Reine des tétrodes. Double Push-Pull stéréo de 2 x 40 Weff
- Utilisez votre oscilloscope en écran de télévision
- Filtre actif 3 voies pour caisson de grave et satellites : le passe-bande (5ème partie)
- Géné. vobulé 1 Hz - 1,5 MHz avec marqueur (2ème partie)
- Les déphaseurs : le double cathodes

N° 159

- Commande d'un moteur Pas à Pas Unipolaire avec le kit de développement 68HC11
- Enceinte deux voies Euridia 2000 (2ème partie)
- Générateur vobulé 1 Hz - 1,5 MHz avec marqueur l'Anti-Barkhausen (4ème partie)
- Le single : amplificateur de 2 x 8 Weff en classe A

N° 160

- Caméra Kitty : l'interface 12 bits (8ème partie)
- Les Tubes KT88 / KT90 : un push-pull en ultra-linéaire classe AB1 de 2 x 50 Weff
- BC Acoustique/SEAS : kits d'enceintes pour le HC
- Le Single II : amplificateur de 2 x 11 Weff en classe A avec tétrodes 6550

N° 161

- Caméra CCD d'instrumentation : programmation de la carte 12 bits (9ème partie)
- La Coaxiale : mini enceinte de 5 litres
- Le Triode 845 : amplificateur de 2 x 18 Weff en Single End sans contre-réaction (1ère partie)

N° 162

- Boîte de mesure secteur
- GBF Synthétisé 0,1 Hz - 102,4 kHz (1ère partie)
- Horloge murale avec fonction Thermomètre : une application du kit de développement 68HC11
- Le Triode 845 : amplificateur de 2 x 18 Weff en Single End sans contre-réaction (2ème partie)

N° 163

- Horloge murale avec fonction Thermomètre : une application du kit 68HC11 (2ème partie)
- Filtre actif 2 voies à triodes ECC83, pente d'atténuation de 12 dB/octave
- GBF synthétisé 0,1 Hz - 102,4 kHz : 2 sorties multifonctions à déphasage programmé ou sinus vobulé avec marqueur (2ème partie)
- Le Triode 845 (3ème partie)
- La Mesure des résistances de faibles valeurs Milli-Ohmmètre de précision

N° 164

- Horloge Murale dotée d'une fonction Thermomètre : application du kit de développement 68HC11 (3ème partie)
- Enceinte active 2 voies Opus 2VA
- Amplificateur / mélangeur : 5 entrées mono 2 x 50 Weff avec correcteur de tonalité
- GBF synthétisé 0,1 Hz - 102,4 kHz : 2 sorties multifonctions à déphasage programmé ou sinus vobulé avec marqueur (3ème partie)

N° 168

Photocopies de l'article (Prix de l'article : 4,60 €) :
- Préampli haut niveau à tubes : ECC83 / ECC81 4 entrées / 2 sorties à basse impédance
- Un bloc amplificateur mono de très forte puissance : 280 Weff/8 Ω avec des LM3886 (1ère partie)

N° 169

Photocopies de l'article (Prix de l'article : 4,60 €) :
- Amplificateur de 2 x 60 Weff : un push-pull de tétrodes 6550 avec déphaseur 6SN7
- Préampli à tubes ECC83/ECC81. Complément d'informations du haut niveau au bas niveau (2ème partie)
- Un bloc amplificateur mono de très forte puissance : 280 Weff/8 Ω avec des LM3886 (2ème partie)

N° 170

- Correcteur d'acoustique 10 voies à amplis OP à FET OPA-604AP
- Le MICROCONTROLEUR SX28 (Scénix). Réalisation d'un chronomètre de précision (3ème partie)
- Filtre actif triphonique de 24 dB/Octave. Aiguillage à 100 Hz
- Amplificateur classe A de 2 x 15 Weff avec tétrodes 6V6

N° 172

Photocopies de l'article (Prix de l'article : 4,60 €) :
- Push-Pull de 845 : Bloc mono de 40 Weff (1ère partie)

N° 173

Photocopies de l'article (Prix de l'article : 4,60 €) :
- Push-Pull de 845 : bloc mono de 40 Weff (2ème partie)
- Les alimentations H.T. pour amplificateurs à tubes (1ère partie)

N° 174

- Et si on parlait : «tubes» ? Remontons en arrière voulez-vous ? (Cours n°1)
- Réalisation d'un analyseur spectral audio 2x8 voies piloté par le kit SX28 (7ème partie)
- Compte rendu d'écoute du push-pull 845
- Amplificateur en classe A Single-End avec MOS-FET 2SK1058, sans contre réaction
- Dispositif d'alimentation pour le rétro-éclairage des modules LCD
- Les alimentations pour amplificateurs à tubes (2ème partie)

N° 175

- La clé de l'électronique à tubes ? (Cours n°2)
- Amplificateur audio en d mos avec le TDA 7293 de STMicroelectronics
- Les circuits SRPP
- Single End en quatuor avec tubes 7189 ou EL84M
- Enceinte avec HP RADIAN 2312
- Filtre actif 2 voies butterworth ordre 6-36 dB/octave
- Préamplificateur audiophile de très haute performance (1ère partie)

Je vous fais parvenir ci-joint le montant de ..... €

par CCP ❒ par chèque bancaire ❒ par mandat ❒

4,60 € le numéro
(frais de port compris)

NOM : ..... PRÉNOM : .....

N° : ..... RUE .....

CODE POSTAL : ..... VILLE : .....

Quelques numéros encore disponibles (prix 4,60 €) :
122, 123, 125, 132, 141, 143, 149, 151, 158

Je désire :

...n° 153 ❒ ...n° 157 ❒ ...n° 162 ❒ ...n° 174 ❒
...n° 154 ❒ ...n° 159 ❒ ...n° 163 ❒ ...n° 175 ❒
...n° 155 ❒ ...n° 160 ❒ ...n° 164 ❒
...n° 156 ❒ ...n° 161 ❒ ...n° 170 ❒

Photocopies d'articles (**préciser l'article**) :

...n° 152 ❒ ... n° 169 ❒ ... n° 173 ❒
...n° 168 ❒ ... n° 172 ❒

www.stquentin.net

St Quentin Radio

6 rue de St Quentin 75010 PARIS / Tél 01 40 37 70 74 - Fax 01 40 37 70 91 Horaire d'ouverture : du lundi au vendredi de 9h30 à 12h30 et de 14h à 18h30. Le samedi de 9h30 à 12h30 et de 14h à 17h00. Prix donnés à titre indicatif

Pot. Professionel ALPS

AUDIO stéréo logarithmique
2x10K, 2x20K, 2x50K, 2x100K.
15,00€ TTC pièce

Pot. SFERNICE P11

MONO LINÉAIRE : 470 ohms, 1K, 2K2, 4K7, 10K, 22K, 47K, 100K, 220K, 470K, 1M ..... **5,80€**
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	droit	Coudé	mâle	fem
3	4,50€	7,50€	5,50€	8,40€	4,60€	5,50€
3 *	6,10€	--	6,90€	--	6,90€	7,35€
4	5,30€	8,40€	6,80€	10,40€	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€

* noir doré

JACK 6,35 Professionel

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 chassis métal 6,35mm 7,10€

Mono pour câble 4mm ..... 3,05€
Mono pour câble 6mm ..... 3,05€
Stéréo pour câble 6mm ..... 3,35€
Stéréo pour câble 4mm ..... 3,35€

Jacks 3,5mm Fastine/Neutrik

Fastline ..... **3,50€**
Neutrik ..... **5,00€**

Câble HP Professionnel

2x0,75mm², Cullman ..... **1,00€**
2x1,5mm², Cullman ..... **2,40€**
2x4,0mm², Cullman ..... **3,60€**
2x6,0mm², Cullman ..... **4,60€**
2x2,5mm², Cullman,Cu argenté ..... **3,75€**
2x2,5mm², type coaxial, Fastline ..... **2,30€**
2x2,5mm², Fastline ..... **2,50€**
4x2,5mm², Fastline ..... **4,00€**

Câble blinde 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 ..... **2,70€**
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 ..... **2,90€**

Actuellement câble audio ZECK à très bon prix, da limite des stocks.

Tubes électroniques

ECC 81 ..... **10,70€**
ECC 82 ..... **11,45€**
ECC 83 ..... **10,00€**
12AX7 (EH) ..... **17,00€**
ECC 84 ..... **9,95€**
ECL 86 ..... **19,10€**
EL 34 ..... **18,00€**
EL 34 la paire ..... **38,00€**
EL 84 (Sovtek) ..... **10,00€**
les 2 appairés ..... **25,00€**
EL 84 les 10 ..... **70,00€**
EZ 81 ..... **15,15€**

KT 88 la paire ..... **83,00€**
KT 90 la pièce ..... **65,55€**
300B (Sovtek)
la paire ..... **315€**
7189=7320
la paire ..... **78,00€**
6L6wxt(Sovtek) ..... **17,50€**
6L6wxt (STA)
la paire ..... **38,00€**
6SN7 ..... **26,00€**
845 ..... **77,00€**

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€**

pour 300B ..... **8,00€**
pour 845 ..... **22,15€**

Fers Weller

Fers standards
SPI 16C - 15W/220V ..... **29,00€**
SPI 27C - 25W/220V ..... **29,00€**
SPI 41C - 40W/220V ..... **30,00€**
SPI 81C - 80W/220V ..... **36,00€**

Fers thermostatés
W 61 - 60W/220V ..... **68,20€**
W 101 - 100W/220V ..... **82,80€**
W 201 - 200W/220V ..... **104,90€**

Fers à gaz
Pyropen junior ..... **73,50€**
Pyropen standard ..... **121,35€**
Pyropen Piezzo ..... **138,00€**

POUR SEULEMENT 4 TIMBRES À 0,46€, RECEVEZ NOTRE CATALOGUE ST QUENTIN RADIO NOV 2002/2003
offre valable jusqu'au 30/4/03, réservez aux lecteurs de la revue LED. Catalogue gratuit avec une commande.

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 .. **48,60€**

SL2020 fer thermorégulé **69,40€**

Cond. chim. haute tension type SNAP

2,2µF/400V radial .... **0,80€**
4,7µF/350V radial .... **1,40€**
22µF/350V radial .... **1,40€**
47µF/400V radial .... **2,60€**
100µF/200V radial .... **2,60€**
100µF/350V Snap .... **3,35€**
100µF/400V Snap .... **4,60€**
100µF/450V Snap .... **5,50€**
220µF/350V Snap .... **4,50€**
220µF/400V Snap .... **6,80€**
220µF/450V Snap .... **7,65€**
330µF/400V Snap .... **7,50€**
470µF/200V Snap .... **5,35€**
470µF/400V Snap .. **14,95€**
470µF/450V Snap .. **15,00€**

680µF/200V Snap .... **8,40€**
1000µF/200V Snap .. **7,80€**
1000µF/250V Snap **13,00€**
2200µF/63V radial ... **2,75€**
4700µF/50V Snap .... **3,70€**
4700µF/63V radial ... **3,35€**
4700µF/80V Snap .... **8,50€**
10000µF/16V Snap .. **2,45€**
10000µF/35V Snap .. **7,00€**
10000µF/63V Snap .. **8,90€**
22000µF/25V Snap .. **8,40€**

Type radial, les pattes sont longues

Cond. chimique SIC SAFCO axial

10µF/450V axial ..... **3,00€**
15µF/450V axial ..... **3,00€**
22µF/450V axial ..... **4,20€**
33µF/450V axial ..... **3,85€**
47µF/250V axial ..... **3,85€**

47µF/450V axial ..... **3,85€**
100µF/450V axial ..... **6,10€**
220µF/160V axial ..... **3,85€**

Auto-transfo. 220/110V

Equipé 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.

Réf	Puis.	Poids	Prix TTC
ATNP150	150VA	1.4Kg	41,00€
ATNP250	250VA	2.4Kg	51,00€
ATNP350	350VA	2.8Kg	60,85€
ATNP500	500VA	3.8Kg	71,00€
ATNP750	750VA	6.3Kg	91,00€
ATNP1000	1000VA	8Kg	120,00€
ATNP1500	1000VA	11Kg	142,00€
ATNP2000	2000VA	13,5Kg	195,00€

Import

45VA - 10€

100VA - 19€

300VA - 39€

Cond. de démarrage polypropylène

1µF/450V ..... **7,00€**
1,5µF/450V ..... **8,00€**
2µF/450V ..... **8,00€**
4µF/450V ..... **10,00€**
8µF/450V ..... **10,00€**
10µF/450V ..... **10,00€**

12µF/450V ..... **9,00€**
16µF/450V ..... **9,50€**
20µF/450V ..... **11,00€**
25µF/450V ..... **12,20€**
35µF/450V ..... **14,50€**

Cond. SCR polypropylène 1KV

0,1µF ..... **2,75€**
0,22µF ..... **2,90€**
0,33µF ..... **3,50€**
0,47µF ..... **3,80€**

Expédition mini 15€ de matériel. Tarifs postaux : commande de moins de 30€ : 4,30€ en colis ordinaire (1 sem) ou 6,80€ en recommandé (J+1 pour région parisienne, J+2 province).
Commande de plus de 30€ : 6,80€ (recommandé) (J+1 pour région parisienne, J+2 province). .
+ 2€ par objets lourds (coffrets métal, transfo etc..). CRBT : 5,60€ en plus. Paiement par chèque ou carte bleue.

Plus de 30 Labels Audiophiles au service de la reproduction sonore !

(Amplis, Préamplis, Câbles, Tubes Audio, Accessoires……)

2 DIAPASONS D'OR HIFI

17 RECOMMANDATIONS REVUE DU SON

Un choix de 86 Amplis / Préamplis de 8 à 200W

38 Modèles disponibles en Kits !

KITS *à partir de 90 €*

(Exemple : Bloc Mono 20W – Réglage de polarisation Auto. 225 €)

La Nouvelle Référence Mondiale

300 B Mesh Plate Série Premium SOPHIA ELECTRIC

399 € *La Paire*

PHONOMI

66, Avenue des Champs Elysées - 75008 PARIS

Tél : 01-48-70-09-31 / Fax : 01-48-58-54-97

www.Phonomi.com

Et si on parlait : «tubes»

3 ÈME PARTIE

ÉLECTRON LIBRE ?... PAS POUR LONGTEMPS !...

Dure, dure, la vie d'un électron libre perdu dans la charge d'espace !... Résumons-nous : notre malheureux électron libre, agité, malmené par l'élévation de température de la cathode et enfin éjecté dans le vide de l'enveloppe d'un tube thermoïonique où il a rejoint ses milliards de congénères bloqués dans la charge d'espace, tourne en rond sans but précis ! Cette situation insupportable pour un électron moyen va évoluer à partir du moment où une main divine (la notre en l'occurrence) va appliquer une tension positive sur l'anode du tube : et là, croyez-moi ça va bouger !

Oui car vous l'avez compris, notre électron qui est une charge d'électricité négative va être attiré par l'anode qui se trouve à un potentiel positif. Il est évident qu'il existe une relation de cause à effet entre la tension positive appliquée sur l'anode (la cause...) et le nombre d'électrons qui vont atteindre cette dernière (l'effet...).

Ce flux électronique plus ou moins important se traduira par un courant qui va traverser le circuit.

Vous pouvez comprendre instinctivement que plus la tension positive sur l'anode augmentera, plus le courant traversant le circuit et le tube sera important.

Cela est fondamental car, bien que notre montage d'essai (**figure 1)** ne mette en œuvre qu'une simple diode, **les informations** que nous allons recueillir **seront**

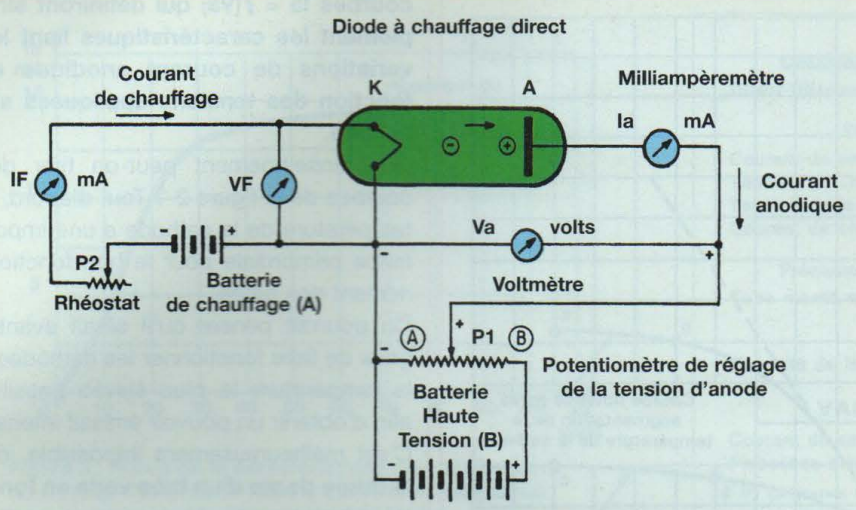


Figure 1 : montage d'essai permettant de relever la courbe caractéristique d'une diode à chauffage direct.
Le potentiomètre P1 va permettre de faire varier la tension positive sur l'anode «A», par exemple de 0 à 500 V.
Le voltmètre permettra de mesurer la tension appliquée entre l'anode et la cathode.
Le milliampèremètre «Ia» permettra la mesure du courant «Ia» traversant le circuit.
Le rhéostat P2 va permettre de faire varier le courant de chauffage fourni par la batterie «A» (par exemple 12 V). Ce dernier sera mesuré par le milliampèremètre «IF».
Le voltmètre «VF» mesurera la tension appliquée aux bornes du filament.
A l'aide de ce montage, on pourra vérifier que l'intensité du courant anodique est fonction, d'une part de la tension anodique, et d'autre part du courant de chauffage du tube, donc de la température de la cathode.
Attention !... Avec un tube à chauffage indirect et/ou à cathode à oxydes, ce montage ne permettra en aucun cas d'atteindre le courant de saturation, le tube aura rendu l'âme bien avant ! Pour pouvoir observer le phénomène, il vous faudra utiliser un tube à chauffage direct à cathode en tungstène ou en tungstène thorié.

valables pour tous les tubes électroniques quels qu'ils soient et nous permettront d'interpréter simplement un fonctionnement, du plus simple au plus complexe, car, en utilisation courante, c'est la variation du courant d'anode en fonction des variations du flux électronique qui va être à la base de la conception de tous les circuits d'utilisation.

LES COURBES CARACTÉRISTIQUES DES TUBES ÉLECTRONIQUES

Observons ensemble notre montage d'essai de la **figure 1**.
Nous avons représenté les sources de tensions sous forme de batteries pour rendre le schéma plus clair, mais il est évident qu'il est plus pratique d'utiliser une source de tension variable plus orthodoxe, surtout pour la haute tension. Nous vous proposerons dans un prochain numéro, le schéma et la construction d'une alimentation stabilisée variable à haute tension, qui est un engin absolument nécessaire si vous avez l'intention de vous amuser un peu avec les tubes.
Cela posé, qu'est-ce que nous allons mesurer ? Eh bien, tout d'abord, la variation du courant anodique en fonction de la tension d'anode.
Amenons le potentiomètre P1 vers le point A. La tension entre l'anode et la cathode est nulle au point A, les deux électrodes sont donc au même potentiel. En agissant sur P2, chauffons le tube et fixons le courant de chauffage, par exemple à 100 milliampères. Le filament va s'échauffer et les électrons libres vont franchir la barrière de surface de la cathode ; la charge d'espace va s'établir. Pour l'instant, il ne passe toujours aucun courant dans le milliampèremètre (en réalité, il passe un très faible courant - voir précédent numéro - mais notre milliampèremètre étant peu sensible, nous n'en tiendrons pas compte).
Augmentons maintenant graduellement la tension anodique en agissant sur P1. Ça marche !...
Les électrons quittent la charge d'espace et rejoignent l'anode ; le milliampèremètre dévie ; le courant s'établit dans le circuit.
Imaginez l'excitation de Fleming qui fut le premier en 1904 à quantifier le phénomène et faites comme lui : précipitez-vous sur une feuille de papier millimétré et tracez deux axes. Sur l'axe horizontal (axe des x, ou abscisse), vous allez porter la valeur de la tension «Va» lue sur le voltmètre.
Sur l'axe vertical (axe des y, ou ordonnées), vous allez porter les valeurs de courant «Ia» indiquées par le milliampèremètre (**figure 2**). A chaque valeur de «Va» va correspondre une valeur de «Ia».
C'est purement génial ! Le courant augmente proportionnellement à la tension...
Mais que se passe t'il ? Au-delà d'une certaine valeur de la tension «Va», l'intensité «Ia» n'augmente plus proportionnellement, la courbe s'aplatit ; le courant augmente très peu maintenant. Tout cela est normal, vous avez atteint le palier de saturation, ce qui signifie que l'anode puise tous les électrons de la charge d'espace et que la cathode ne peut plus alimenter cette dernière en excédent. Le courant augmente un peu cependant car, en augmentant «Va», vous accroissez le champ électrique positif à proximité de la cathode, ce qui facilite la sortie des électrons : c'est ce que l'on appelle l'effet Schottky.
La courbe ABC nous montre que le palier de saturation correspond à un courant de 62 mA pour une tension anodique de 250 V.
Avec P2, augmentons le courant de chauffage. Que constatons-nous ?
La courbe ADE va suivre rigoureusement

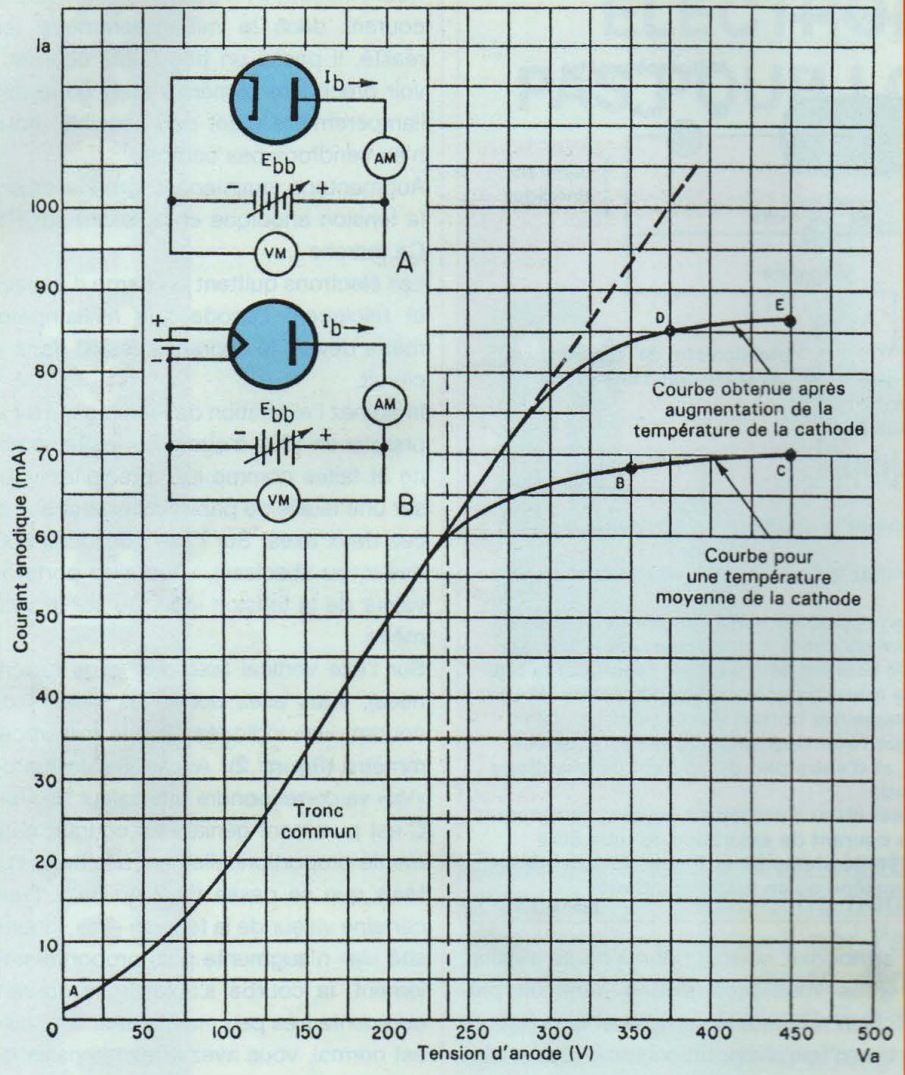


Figure 2 : relevé de la caractéristique courant/tension (Ia = ƒ (Va)) d'une diode haute tension à cathode tungstène pour deux courants de chauffage différents.
Le tronc commun aux deux courbes ABC et ADE obéit à la loi de Child-Langmuir qui caractérise la charge d'espace :
$Ia = G.Va^{3/2}$
«Ia» : courant anodique. «Va» : tension anodique élevée à la puissance 3/2. «G» est une constante appelée «pervéance» de la diode, qui ne dépend que de la géométrie du tube ; elle est indépendante des propriétés émissives de la cathode. Pour les mathématiciens, la formule de Child-Langmuir n'est autre que l'équation de la parabole semi-cubique dans les axes «Va» et «Ia».
La pervéance est chiffrée en $mA / V^{3/2}$.

le même tracé (on dit que sa pente est identique) avec une différence de taille : le palier de saturation sera repoussé à 80 mA grâce à la capacité qu'aura acquise la cathode à émettre plus d'électrons par l'augmentation de sa température.

Regardez bien ces courbes : si nous nous sommes étendus longuement sur leur tracé, c'est pour vous familiariser avec elles, car vous trouverez tout au long de l'étude des tubes électroniques, quels qu'ils soient, des courbes Ia = ƒ(Va) qui définiront simplement les caractéristiques liant les variations de courant anodique en fonction des tensions appliquées sur l'anode.

Quel enseignement peut-on tirer des courbes de la figure 2 ? Tout d'abord, la température de la cathode a une importance primordiale pour le bon fonctionnement des tubes.

On pourrait penser qu'il serait avantageux de faire fonctionner les cathodes à la température la plus élevée possible afin d'obtenir un pouvoir émissif intense. C'est malheureusement impossible, car **la durée de vie d'un tube varie en fonction inverse de la température**. Par exemple, pour un tube de puissance type 6550/KT88 à cathode à oxyde, la durée de vie passe de 1 200 heures pour une émission de 200 mA/cm^2 à près de 6 000 heures pour une émission de 55 mA/cm^2. Le constructeur va donc devoir choisir un compromis entre performances et durée de vie. Le choix variera en fonction de la destination du tube. Sachez qu'une faible variation de température provoque une très importante variation d'émission électronique. **Dans toute la mesure du possible, la tension de chauffage doit être respectée à ±5 %**, ce qui n'est pas toujours facile et ce qui explique les défaillances de certains appareils mal conçus.

Pour la petite histoire, sachez que la durée de vie moyenne de la cathode d'un tube de puissance est de l'ordre de 5 000 heures, celle des tubes exceptionnels renforcés (300B, 6AS7/G, 1622, 6080, 6336, 6550A) ou des tubes d'émission utilisés en BF (845, 211/VT4C), de 8 à 12 000 heures, celle des tubes amplificateurs de tension (12AX7/ECC 83, ECC 88/6058, EF86, etc), de 8 à 15 000 heures, les cathodes d'un tube télévision couleur ou celle d'un oscilloscope de 15 à 20 000 heures, et enfin celle de certains tubes spéciaux pour usage intensif (PTT 141, E 288CC, E 283CC, 6922, 12 AU7 WA, 12 AT7 WA, 12 AX7 S, etc) peut atteindre 50 000 heures.

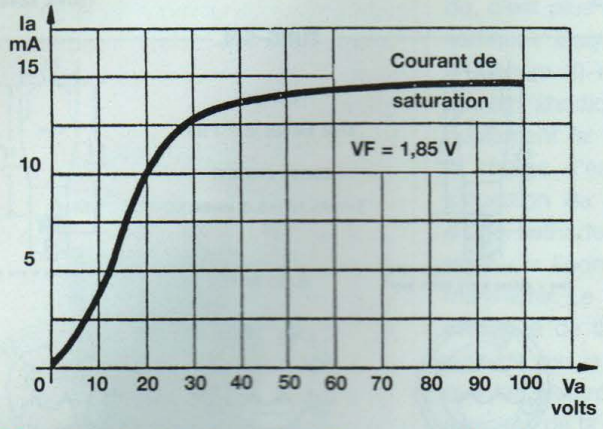


Figure 3 : relevé de la caractéristique courant/tension (Ia = *f*(Va)) d'une diode R290 à cathode de tungstène pour une tension de filament de 1,85 V (document Radio-Technique).

CARACTÉRISTIQUES

Chauffage

Direct (filament de tungstène).

CONDITIONS NOMINALES D'EMPLOI

Courant de saturation de la diode.....	Id	=	15 mA
Tension de chauffage.....	Vf	=	1,85 V
Tension de la diode.....	Vd	=	100 V env.
Courant de chauffage.....	If	=	2,7 A

Fréquence de résonance

Tube monté sur un support normal.....	Fr	=	1 425 MHz

CAPACITÉS

Capacité de la diode.....	Cd	=	2,5 pF

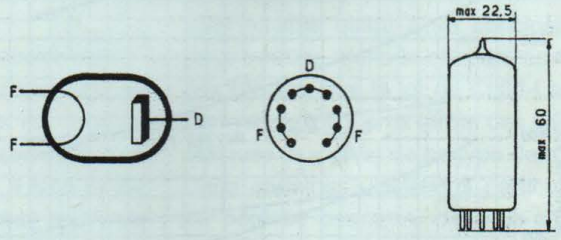
VALEURS A NE PAS DÉPASSER

Courant de saturation de la diode (*)...	Id	=	20 mA
Puissance dissipée sur la diode.....	Pd	=	3 W

(*) Ce courant correspond à une tension de chauffage inférieure à 2,1 V.

La durée d'un tube est de 100 heures environ en service permanent, dans les conditions limites ci-dessus.

DISPOSITION DES ÉLECTRODES ET ENCOMBREMENT



Embase : Miniature 9 broches (Noval).

Fiche technique de la R290.

Figure 4 : un Nuvistor 6CW4. C'est un tube miniature à forte pente et à grand cœfficient d'amplification. Le tube 12AX7 placé à sa droite permet d'apprécier ses dimensions réduites.

Certains tubes construits spécialement peuvent durer encore plus longtemps, c'est le cas des tubes répéteurs immergés au fin fond de l'Atlantique tout au long des câbles téléphoniques depuis 50 ans, et qui fonctionnent toujours après 438 000 heures de bons et loyaux services.

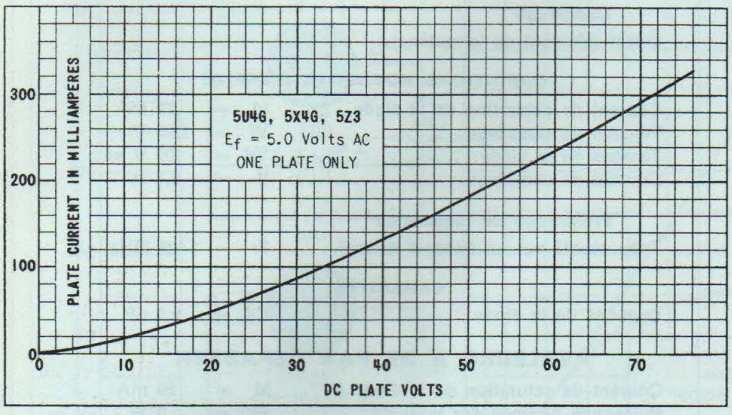
A l'inverse, certains tubes sont aptes à fournir des courants extrêmement importants pendant un temps très court en les surchauffant (de l'ordre de 30 secondes). C'est le cas de certains Nuvistors conçus spécialement pour ces engins fort peu sympathiques que sont les ogives nucléaires ou certains missiles activés à partir d'une certaine distance de l'impact et qui sont aptes à délivrer toute leur puissance jusqu'à l'explosion finale (**figure 4**).

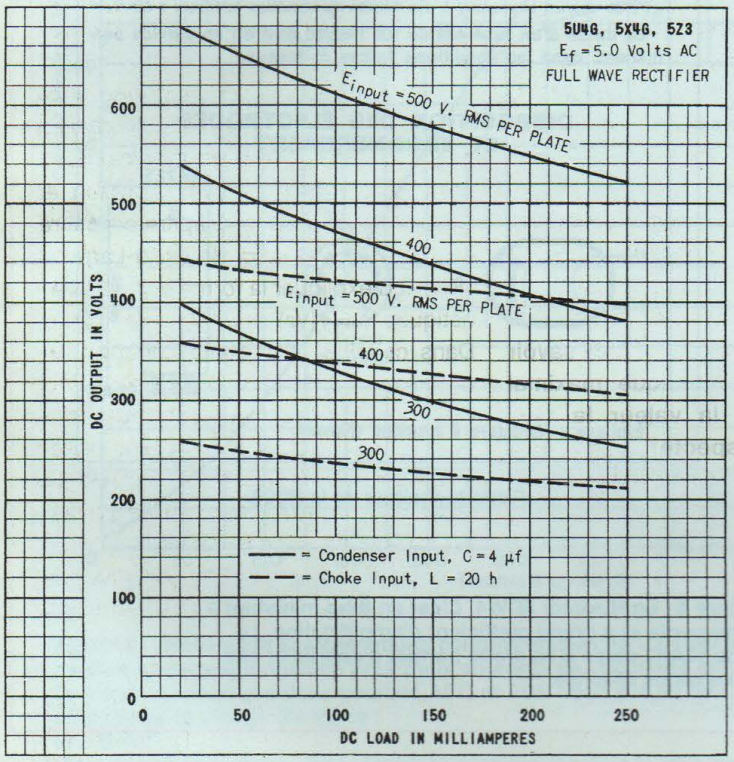
Mais revenons à l'audio et à l'utilisation paisible et pacifique des tubes électroniques. Les durées de vie que nous vous avons indiquées sont celles des cathodes et ne sont valables que si le tube est utilisé correctement en fonction de ses capacités moyennes définies par le constructeur, en particulier le courant maximum qu'il pourra débiter en fonction de la tension maximale que vous aurez le droit d'appliquer entre l'anode et la cathode. Car il faut bien que je vous l'avoue maintenant : si vous essayez de relever la courbe d'une diode à chauffage indirect avec le schéma de la figure 2, vous n'arriverez jamais au palier de satu-

5Z3 (5U4G, 5X4G)

Figure 5

(5U4G, 5X4G) 5Z3





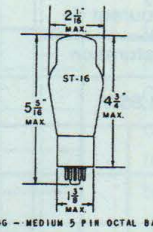
TUNG-SOL

FULL WAVE
HIGH VACUUM RECTIFIER

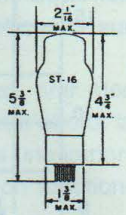
COATED FILAMENT

5.0 VOLTS 3.0 AMPERES
AC

GLASS BULB



5U4G – MEDIUM 5 PIN OCTAL BASE
5X4G – MEDIUM 8 PIN OCTAL BASE



5Z3 – MEDIUM 4 PIN BASE

G-5Ta
BOTTOM VIEW
5U4G

G-5Q
BOTTOM VIEW
5X4G

4C
BOTTOM VIEW
5Z3

THE TUNG-SOL 5U4G, 5X4G AND 5Z3 ARE DESIGNED FOR SERVICE AS POWER RECTIFIERS IN AC OPERATED RECEIVERS WHICH REQUIRE HIGH CURRENTS. THEIR RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS ARE IDENTICAL.

RATINGS

MAXIMUM PEAK INVERSE VOLTAGE	1550	VOLTS
MAXIMUM STEADY-STATE PEAK PLATE CURRENT PER PLATE	675	MA.

OPERATING CONDITIONS AND CHARACTERISTICS

FULL WAVE RECTIFIER WITH CONDENSER INPUT TO FILTER

AC PLATE VOLTAGE PER PLATE (RMS) MAX.	450	VOLTS
DC OUTPUT CURRENT MAX.	225	MA.
TOTAL EFFECTIVE PLATE SUPPLY IMPEDANCE PER PLATE MIN. A	75	OHMS

FULL WAVE RECTIFIER WITH CHOKE INPUT TO FILTER

AC PLATE VOLTAGE PER PLATE (RMS) MAX.	550	VOLTS
DC OUTPUT CURRENT MAX.	225	MA.
VALUE OF INPUT CHOKE MIN.	3	HENRYS
TUBE VOLTAGE DROP AT 225 MA. PER PLATE	58	VOLTS

A WHEN FILTER CONDENSERS LARGER THAN 40 µfds ARE USED, IT MAY BE NECESSARY TO ADD ADDITIONAL PLATE SUPPLY IMPEDANCE.

CONTINUED NEXT PAGE

Diode de redressement utilisée dans tous les amplificateurs à tubes des années 50 à 60 (Mac Intosh, Westrex, Ampex, Altec...)

ration, votre malheureux tube aura rendu l'âme bien avant.

Pour tracer les courbes des figures 2 et 3, nous avons utilisé des diodes à chauffage direct à filament de tungstène afin de mettre en valeur le palier de saturation.

Pourquoi ?

Si vous avez lu le premier article de la série, vous vous souviendrez qu'une cathode à oxyde à chauffage indirect est constituée d'un tube de nickel sur lequel on a déposé une mixture d'oxyde de baryum, de strontium et parfois du calcium. Cette mixture a un très grand pouvoir émissif et, avec une température de chauffage relativement basse, l'émission électronique est particulièrement intense. Que va-t-il se passer lorsque la tension anodique va croître ? Eh bien, la cathode va continuer à alimenter la charge d'espace. Tant que le courant reste raisonnable, tout va bien. Mais, continuons à augmenter la tension d'anode. Le courant va augmenter, la brave cathode va continuer à fournir des électrons à la charge d'espace sans réaliser qu'elle signe ainsi son arrêt de mort ! On ne meurt qu'une fois ! En effet, la surface de la cathode est plus petite que celle de l'anode, la densité de courant va augmenter dangereusement et, en particulier à la surface de contact entre le nickel et

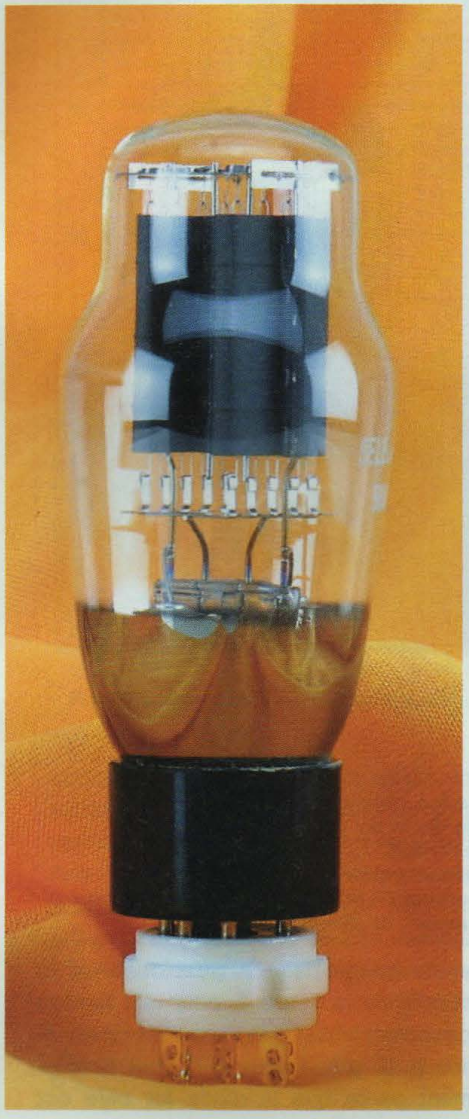


Figure 6 : tube 5U4G

la couche d'oxydes, on aura atteint le «courant maximum de cathode» qui est indiqué par le constructeur et qui est une valeur à ne dépasser sous aucun prétexte. Pendant ce temps, à l'autre extrémité, l'anode va capter de plus en plus d'électrons et ceux-ci vont la percuter avec une vitesse de plus en plus grande. Elle va chauffer (elle peut rougir) non pas à cause du courant qui la traverse mais à cause du bombardement électronique à laquelle elle est soumise. Pour la cathode, c'est plus grave encore, car soyons sadiques jusqu'au bout : agissons sur P1 (figure 2) et augmentons encore la tension anodique. L'anode va absorber goulûment la totalité des électrons de la charge d'espace (c'est le palier de saturation de la figure 2). Dans le cas d'une cathode à oxydes, c'est dramatique car l'horrible effet Schottky va se manifester. Le gradient de potentiel à proximité de la cathode, qui n'est plus protégé par la charge d'espace, est tel que les électrons vont être directement arrachés de la surface de cette dernière. C'est le chant du cygne !...

Les électrons arrachés directement aux atomes vont se précipiter vers la surface par paquets, entraînant littéralement la matière dans leur sillage, la couche d'oxydes est irrémédiablement détruite. C'est la mort du tube.

Pourquoi ce tableau apocalyptique ? Pour que vous compreniez bien que les tubes doivent être utilisés en deçà de leurs caractéristiques maximales indiquées par le constructeur. **Il faut savoir que le courant cathodique maximal est certainement la valeur la plus importante à respecter, bien plus importante que la dissipation maximale de plaque.**

Un tube met longtemps à mourir, contrairement à un transistor qui passe de vie à trépas en quelques millisecondes. C'est pourquoi beaucoup d'appareillages à tubes vendus au public ne fonctionnent correctement que quelques mois : les tubes y sont mal utilisés et meurent doucement, graduellement, sans manifestations spectaculaires. Ce ne sont pas les tubes qui sont fragiles mais les circuits qui sont mal étudiés, mal conçus.

Il faut avouer malheureusement que c'est souvent volontaire chez certains constructeurs car, très fréquemment, un tube utilisé au-delà de ses performances affichera des résultats extraordinaires en linéarité, en transparence et en finesse du message sonore, au détriment de sa durée de vie... hélas !

Donc, en règle générale, évitez d'utiliser un tube électronique au-delà des valeurs maximales d'utilisation indiquées par le constructeur, en particulier le courant maximal de cathode et la dissipation maximale de plaque.

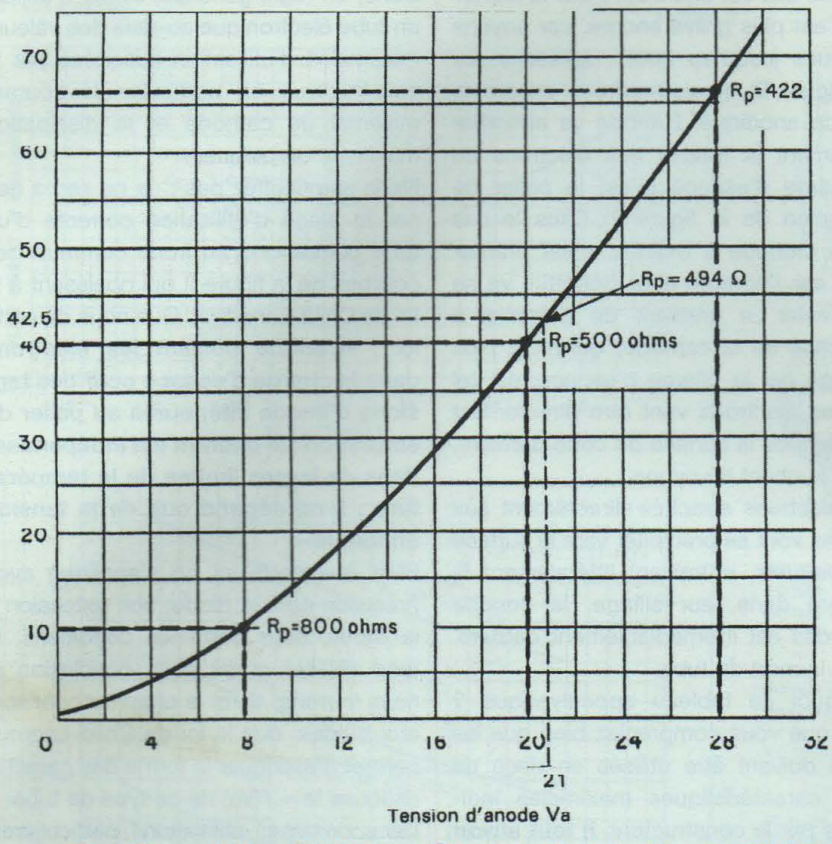
Ne le surchauffez pas ; ça ne sert à rien car la plage d'utilisation correcte d'un tube correspond au tronc commun des courbes de la figure 2 qui obéissent à la loi de Child-Langmuir. Que nous dit cette loi : **«L'anode puisant les électrons dans la charge d'espace pour des tensions d'anode inférieures au palier de saturation ; le courant est indépendant dans de larges limites de la température ; il ne dépend que de la tension anodique»**.

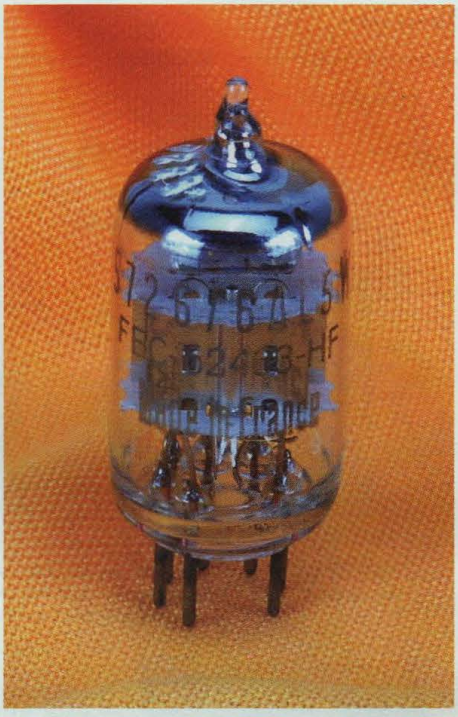
Bien que cette loi ne s'applique avec précision qu'à la diode, son extension à la triode, sous certaines conditions, la rend valable quant à sa conclusion et nous verrons, dans le chapitre consacré aux triodes, que la loi de Child-Lagmuir permet d'expliquer la forme des caractéristiques $Ia = f(Va)$ de ce type de tube.

Dans certaines utilisations particulières, on peut se permettre de sous-chauffer légèrement un tube, à condition de maintenir la tension d'anode à une valeur beaucoup plus basse que la normale. **Ce procédé est utilisé dans certains préamplificateurs à faible bruit.**

L'étude de ces circuits spéciaux fera l'objet d'un article complet dans la revue. Mais ne croyez pas qu'en les sous-chauffant, vous augmenterez la durée de vie de vos tubes, bien au contraire ; des phénomènes complexes ayant trait à la pollution des oxydes, et dont l'étude nous emmènerait beaucoup plus loin, vont intervenir, réduisant la capacité de la cathode à alimenter la charge d'espace. Le tube mourra pour ainsi dire prématurément par «empoisonnement» de sa cathode.

Mais revenons à la diode et étudions ses caractéristiques électriques car, au fond, un tube isolé sur une étagère, ça ne sert pas à grand chose, sa finalité étant de travailler dans un circuit précis. Il va nous





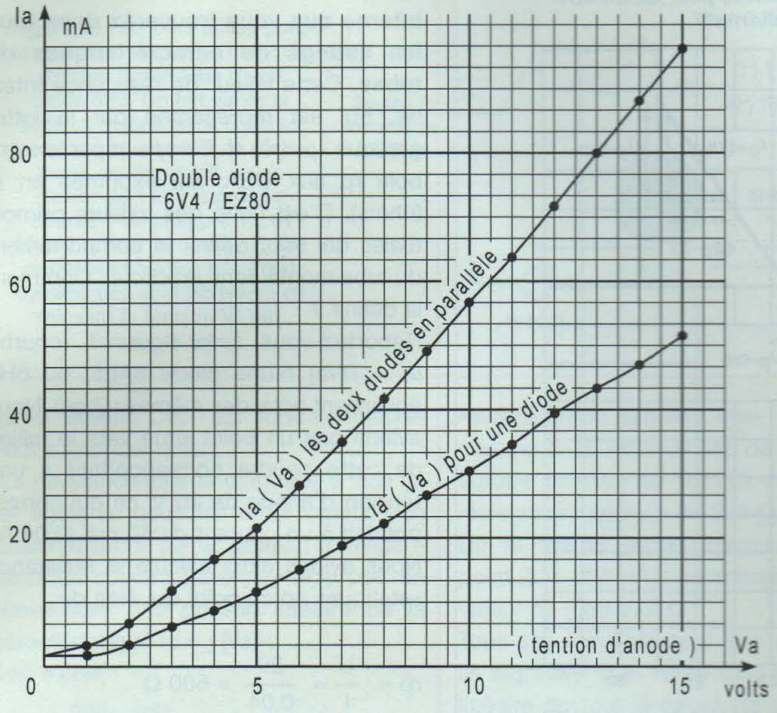
Tube 6AL5

Figure 7 : courbe Ia = *f*(Va) d'une section de la diode de détection 6AL5. Cette diode a été choisie pour mettre en valeur la courbure de sa caractéristique et sa non-linéarité. En utilisation courante, cette diode qui est utilisée comme détectrice ne «voit» que des tensions maximales de l'ordre du volt.
On peut considérer alors sur une faible portion de la courbe, assimilable à une droite, une valeur de résistance interne pratiquement constante. Dans certains cas particuliers, on va au contraire utiliser la courbure de la caractéristique Ia = *f*(Va) comme un avantage ; c'est le cas dans certains schémas de compresseurs/expanseurs de dynamique en audio.

falloir parler maintenant de la résistance interne de la diode et, au risque de me répéter, toutes ces notions que nous étudions grâce au plus simple des tubes électroniques seront applicables à tous les tubes, quels qu'ils soient.

LA RÉSISTANCE INTERNE D'UNE DIODE EN COURANT CONTINU

On l'appelle aussi résistance statique, en opposition avec la résistance dynamique que nous étudierons tout à l'heure. De quoi s'agit-il ? Regardez la **figure 7**, c'est la courbe Ia = *f*(Va) relevée pour une petite diode utilisée en détection, une 6AL5 (**figure 6**). C'est une diode biplaque dont nous n'avons utilisé qu'une moitié. Cette courbe a été relevée avec le montage de la figure 1, comme précédemment. On la nomme «caractéristique statique de la diode». Pourquoi statique ? Parce que pour l'instant notre montage ne sert à rien (sauf à relever cette courbe). Je m'explique. En utilisation normale, notre diode va débiter du courant dans un circuit extérieur. Ici rien de tout cela : la diode ferme simplement le circuit de la batterie de haute tension sur elle-même. Or, supposons un instant que nous la remplacions par un simple fil conducteur (je ne vous recommande pas de faire l'expérience !). Cela s'appelle un court-circuit et vous pouvez imaginer les conséquences d'un tel acte : le courant va atteindre une valeur énorme, votre milliampèremètre va exploser, etc. Or, lorsque la diode est dans le circuit, le courant se stabilise à une certaine valeur et ne bouge pas. Si vous observez la courbe de la **figure 7**, pour une tension par exemple de 20 V, le courant se stabilise à 40 mA. Pourquoi ? Tout simplement parce que la diode (**et cela est valable pour tous les tubes électroniques**) possède une résistance interne limitant l'intensité du courant qui la traverse, et cette résistance va se comporter comme une honnête résistance classique, c'est-à-dire obéissant à la célèbre loi d'Ohm sans laquelle l'électricité n'existerait certainement pas : U = R.I.
La tension U (exprimée en volts, symbole : V) aux bornes de la résistance est égale au produit de la résistance R (exprimée en ohms, symbole : Ω) par l'intensité du courant I (exprimée en ampères, symbole : A) qui la traverse. De



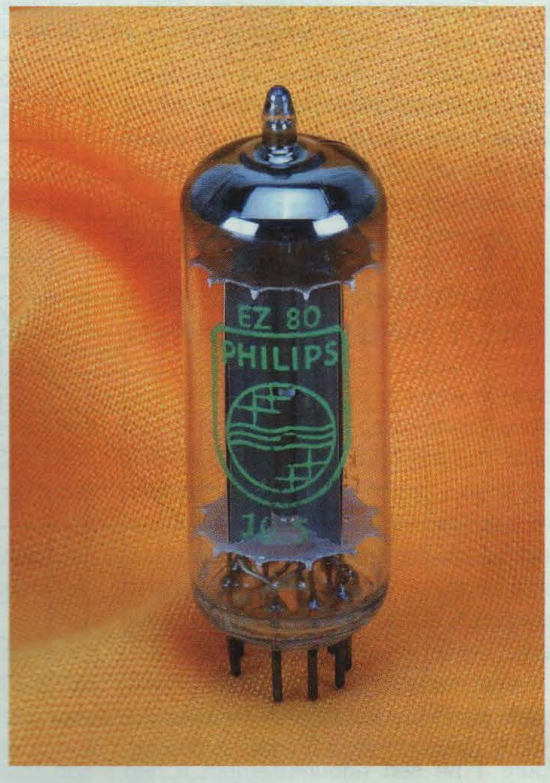


Figure 8 : caractéristiques statiques d'une double diode à vide EZ80.

cette formule archi-simple, on va pouvoir extraire la valeur de la résistance si on connaît la valeur de la tension et celle de l'intensité qui la traverse. C'est le cas de la **figure 7** où l'on mesure la tension «Va» grâce au voltmètre et l'intensité «Ia» avec le milliampèremètre. Ne ronchonnez pas ! Ce ne sont pas des mathématiques, mais de la simple arithmétique.

$$R = \frac{U}{I}$$

Au point où nous avons fait la mesure précédemment : pour U = 20 V, I = 40 mA (attention aux unités ! 1 mA = 1/1 000ème d'ampère), soit 0,040 ampère, donc la résistance de la diode au point U = 20 V est de 20 V divisés par 0,040 A, soit 500 Ω.

«Formidable !», me direz-vous «la résistance de la diode est de 500 Ω». Eh bien non, ce serait trop simple. La résistance au point U = 20 V est bien de 500 Ω, c'est incontestable. Mais déplaçons-nous sur la caractéristique statique de la diode et prenons un autre point, par exemple U = 8 V. Le courant à ce point est de 10 mA.

En calculant la résistance comme précédemment, on trouvera R = 800 Ω. Si on choisit U = 28 V, I = 66 mA, on trouvera R = 422 Ω. Que se passe-t-il donc . Eh bien, c'est la faute de la loi de Child-Langmuir. La caractéristique statique de la diode (et de tous les tubes quels qu'ils soient) n'est pas une ligne droite (ce qui serait le cas s'il s'agissait d'une vraie résistance). **On dit que la caractéristique n'est pas linéaire** ; ce qui est très ennuyeux car, nous le verrons dans le prochain chapitre lorsque nous parlerons de la triode amplificatrice, cette courbure de la caractéristique est la cause principale des distorsions qui vont affecter plus ou moins un signal audio.

Les constructeurs essaient, dans toute la mesure du possible et en jouant sur la géométrie des électrodes d'un tube, de rendre cette caractéristique statique la plus droite possible. Mais quoi qu'on fasse, il restera toujours une très légère courbure, et c'est alors le talent et l'astuce du concepteur des circuits accompagnant le tube qui devront s'exprimer afin de réduire au maximum les effets pernicieux de cette non-linéarité. Rassurez-vous, on y arrive très bien !

Un dernier point avant d'abandonner la caractéristique statique : si on met en parallèle les deux moitiés de notre petite diode 6AL5, toutes les valeurs du courant seront doublées pour une même tension et la résistance de la nouvelle diode que nous avons créée sera divisée par deux.

C'est aussi valable pour tous les tubes, et c'est un procédé employé couramment pour augmenter le débit de courant dans un circuit et réduire en proportion la résistance interne du circuit. C'est le cas particulier de certains amplificateurs où plusieurs tubes finaux sont montés en parallèle afin d'augmenter la puissance disponible en sortie (**figure 8**).

Tout cela est bien intéressant me direz-vous mais pour l'instant le montage de la

Figure 9 : caractéristique Ia = ƒ(Va) qui peut être utilisée pour déterminer la résistance interne de la diode en alternatif.

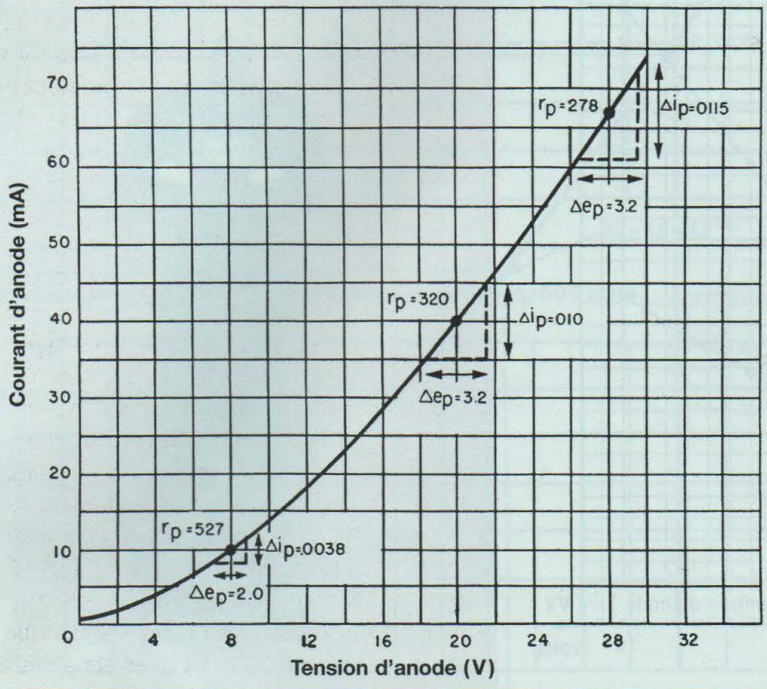


figure 1 ne sert rigoureusement à rien sauf à réaliser une expérience amusante de laboratoire. C'est vrai !... Vous avez entièrement raison mais patience, ne ronchonnez pas, on y arrive ! mais tout d'abord.

UNE DIODE À QUOI ÇA SERT ?

Essentiellement à redresser un courant alternatif (car **elle ne conduit le courant que dans un seul sens, de la cathode vers l'anode**), soit dans une alimentation redressant le courant alternatif à 50 Hz tel qu'il vous est délivré par votre fournisseur habituel (EDF n'achetant pas d'espace publicitaire dans notre revue, nous ne nous étendrons pas là-dessus) afin de le transformer en courant pulsé de même sens et en courant continu après filtrage (ceci fera l'objet d'un prochain article), soit en redressant le courant fourni par votre émetteur favori (c'est la détection) afin que vous puissiez voir une image sur l'écran de votre téléviseur et que vous puissiez entendre le son accompagnant cette image. Ce sont des diodes qui sont utilisées dans les démodulateurs en anneaux de vos récepteurs FM, ce sont aussi des diodes qui sont utilisées dans les convertisseurs analogiques/numériques ou dans les expanseurs/compresseurs de dynamique audio.

Il faut préciser ici que la majorité de ces fonctions sont effectuées aujourd'hui par des diodes à semi-conducteurs. Pourtant, dans certaines utilisations particulières, essentiellement en audio, la diode à vide reste souvent imbattable. Mais n'allons pas trop vite, puisque la diode est un «redresseur» de courant, il nous faut parler maintenant de sa résistance en courant alternatif.

RÉSISTANCE EN COURANT ALTERNATIF D'UN TUBE QUEL QU'IL SOIT

Oui, car bien que nous parlions ici de la diode, la méthode de mesure de la résistance interne d'un tube quel qu'il soit est la même pour tous. Ceci est fondamental car **c'est la valeur de la résistance interne que vous trouverez dans tous les listings de caractéristiques de tubes**. Cette valeur de résistance interne, qui est représentée par la lettre grecque «ρ» (rô) en Europe et par le symbole rp aux USA, est exprimée en Ω (ohms). C'est l'une des valeurs primordiales qui vont définir le comportement du tube monté dans un circuit. Comment la définir ?

Reportez-vous à la figure 7 (courbe Ia = ƒ(Va) d'une diode 6AL5, ou 6H6 équivalent octal des mêmes tubes). Nous avions pris un point situé vers le milieu de cette courbe correspondant à une tension d'anode de 20 V, ce qui correspondait à un courant de 40 mA (0,04 A). Nous avions alors calculé la résistance «statique» en ce point qui était de

$$rp = \frac{U}{I} = \frac{20}{0{,}04} = 500\ \Omega$$

Maintenant examinons la **figure 9**. C'est la même courbe, sauf que maintenant nous allons faire fonctionner «dynamiquement» notre petite diode. En reprenant le point : 20 V / 40 mA, nous allons choisir deux points de part et d'autre de ce point central, pas trop éloignés l'un de l'autre.

Munis d'une règle nous pouvons considérer que cette petite portion de courbe va être droite (si j'ose m'exprimer ainsi !) pour une variation de plus ou moins 1,6 V de part et d'autre du point central 20 V / 40 mA. A 20 V - 1,6 V, soit 18,4 V, correspondra un courant de 35 mA. A 20 V + 1,6 V soit 21,6 V correspondra un courant de 45 mA.

Cette variation de «Va» de ±1,6 V soit 3,2 V (le «Swing» pour les Anglo-saxons) a donc entraîné une variation de courant de 45 - 35 = 10 mA (0,010 A). C'est ce qui va nous permettre de définir la résistance interne en courant alternatif de notre diode au point de fonctionnement choisi : ici 20 V / 40 mA au «repos». Ce qui est valable pour la diode l'est pour **«tous les types de tubes à vide» quels**

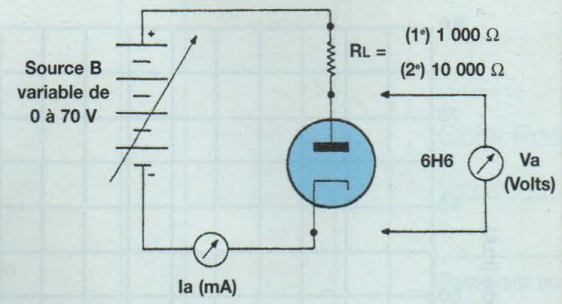


Figure 10 : schéma utilisé pour le relevé de la courbe caractéristique dynamique d'une diode 6H6. On fait varier la tension de la source B après avoir fixé la valeur de la résistance de charge RL à une valeur de 1 000 Ω pour la courbe 1 de la figure 11, et 10 000 Ω pour la courbe 2. Les nouvelles courbes Ia = ƒ(Va) dynamiques sont obtenues en relevant la tension Va aux bornes du tube.

qu'ils soient. Ceci est fondamental et peut s'énoncer ainsi :
«La résistance interne d'un tube à vide (ρ) est égale au quotidien de la variation de tension d'anode par la variation correspondante du courant traversant le circuit, **en choisissant une portion linéaire de la caractéristique Ia = ƒ(Va)**».
Cela s'écrit :

$$\rho(rp)_{\Omega} = \frac{\Delta ep \text{ volts}}{\Delta ip \text{ ampères}}$$

La lettre grecque Δ signifiant : «petite variation».
Dans l'exemple que nous avons choisi, la résistance interne en alternatif de la diode 6AL5 au point de repos 20 V / 40 mA et de

$$\rho = \frac{\Delta ep}{\Delta ip} = \frac{21{,}6\text{-}18{,}4}{0{,}045\text{-}0{,}035} = \frac{3{,}2}{0{,}10} = 320\ \Omega$$

Mais, me direz-vous, c'est encore la célèbre loi d'Ohm :

$$R = \frac{U}{I}$$

Eh oui ! C'est toujours la loi d'Ohm, ce qui fait dire à certains qu'avec un peu d'imagination et beaucoup de loi d'Ohm on peut comprendre toute l'électronique. Je n'irai pas jusque là, mais au fond, il y a beaucoup de pertinence dans cette affirmation.
Trêve de plaisanterie, plaçons-nous à un autre point de la caractéristique (point 28 V - 67 mA) de la figure 9 et faisons «swinguer» la tension «Va» de ±1,6 V comme en B. Pour un Δep de 3,2 V, nous aurons un Δip de 0,0115 A, soit une résistance interne ρ de 278 Ω.
De la même façon, plaçons-nous au point (8 V - 10 mA) : nous trouverons une valeur de ρ de 527 Ω.
Tous ces résultats sont très ennuyeux ; ils signifient que notre diode n'est pas linéaire du tout (à cause de la courbure de sa caractéristique), ce qui fait que si nous l'utilisions telle quelle pour détecter, par exemple, la retransmission d'un concert avec Pavarotti à la télévision, la voix de ce dernier nous parviendrait avec des arrière-goûts de scie musicale tant le taux de distorsion serait élevé.
C'est valable pour la diode de détection mais aussi pour tous les étages d'amplifications du signal comportant des tubes électroniques, du moins s'ils étaient employés tels quels. Dieu merci, ce n'est pas le cas car un tube ne fonctionne jamais à vide (sauf dans les relevés des caractéristiques fournies par les constructeurs). **Un tube, pour être utilisé, doit débiter son courant dans une charge et c'est cette charge qui va linéariser ses caractéristiques**.
Dernière observation avant de parler de la charge de la diode, vous constaterez que la résistance interne ρ est très différente de la résistance statique rp (au point 20 V/40 mA, ρ = 320 Ω et rp = 500 Ω). Cette différence provient de la pente de la courbe caractéristique du tube.
La résistance statique rp ne sert qu'à définir le point de fonctionnement du tube au repos en fonction de la tension appliquée entre sa plaque et sa cathode. **Cette confusion entre résistance statique et résistance interne peut entraîner bien des déboires** et est très souvent une source grave de dysfonctionnement dans des circuits mal conçus.

LES CARACTÉRISTIQUES DYNAMIQUES D'UN TUBE

Jusqu'à présent, nous n'avons raisonné qu'en fonction de la caractéristique dite «statique» de notre brave 6AL5. Il est temps de la mettre au travail, c'est-à-dire de la faire fonctionner pour ce à quoi elle a été conçue, c'est-à-dire de lui faire débiter du courant dans un circuit extérieur. Regardez la **figure 10**. Au lieu de refermer le circuit sur lui-même, **nous avons inséré une résistance** que nous appellerons RL dans les schémas anglo-saxons (L pour «Load» : charge) et RCH en bon français.
Que va-t-il se passer ? Le courant «Ia» qui va traverser le circuit à travers la diode va aussi traverser la résistance de charge et développer aux bornes de cette dernière, à cause de la loi d'Ohm (encore elle !), une tension égale à :
U = RL x Ia

Comme précédemment, faisons «swinguer» la tension U autour de son point de repos. Cette variation de tension va entraîner une variation de courant Δi. Aux bornes de la résistance RL nous recueillerons une variation de tension qui sera égale à :
ΔU = RL x ΔIa

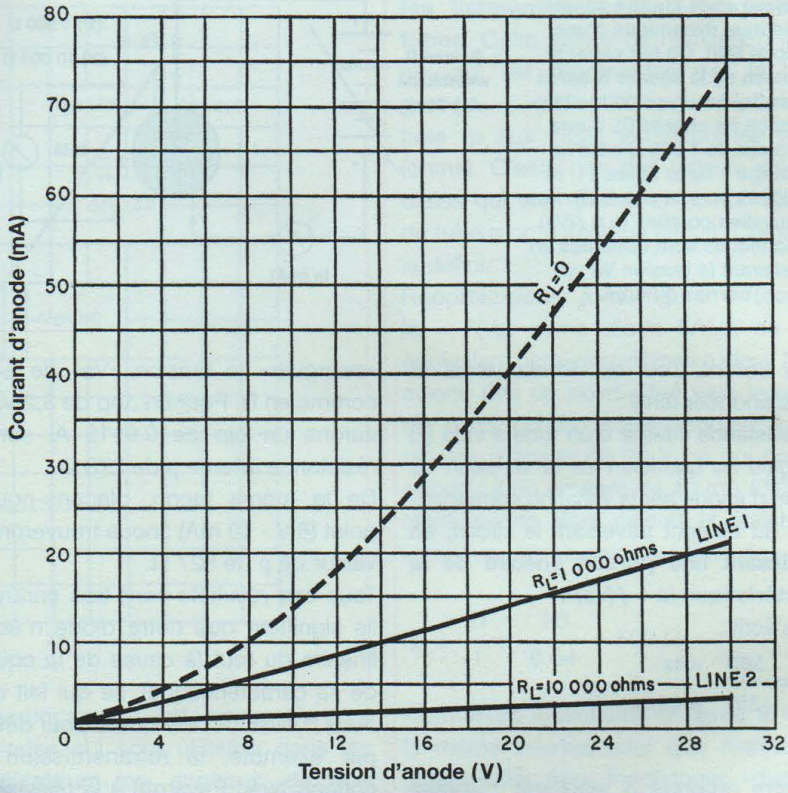
C'est cette variation de la tension que nous allons utiliser plus tard, car n'oubliez pas que nous raisonnons sur des circuits à tubes thermoïoniques dans lesquels, contrairement aux transistors, **ce sont les tensions qui nous intéressent et non les courants**. Hors l'utilisation de cette tension pour activer un circuit extérieur, quelle est la conséquence primor-

diale de la présence de cette résistance de charge ?
Comme nous allons le voir, nous avons bouleversé la caractéristique statique de notre diode ; la courbe de la figure 9 va être considérablement altérée. Qui dit altération dit souvent dégradation ; eh bien ici, c'est exactement le contraire et **notre courbe, qui n'était pas linéaire, va se «linéariser»** et la voix de Pavarotti va ressembler de plus en plus à Pavarotti.
Nous allons voir pourquoi (**figure 11**).

LORSQU'IL N'Y AVAIT PAS DE CHARGE DANS LE CIRCUIT

Ce qui revient au même, si $R_L = 0$. La seule résistance présente était la résistance interne du tube (nous avions calculé $\rho = 320\ \Omega$). Pour simplifier, nous considérerons comme négligeables les résistances internes de la source B et du milliampèremètre.
A partir du moment où la charge R_L est présente, le courant va circuler à travers le tube et la résistance R_L. Augmentons cette résistance et donnons-lui une valeur de plus en plus grande. La chute de tension U_{RL} dans R_L sera de plus en plus grande avec pour conséquence une tension U_A aux bornes du tube de plus en plus faible et un courant dans le circuit diminuant en conséquence (toujours la loi d'Ohm). Si nous traçons la nouvelle courbe $Ia = f(Va)$ aux bornes du tube (figure 11), nous constaterons les phénomènes suivants : la pente de la courbe a diminué mais, ô miracle (!), cette courbe ressemble de plus en plus à une droite. Nous avons linéarisé notre tube et tracé ce que l'on nomme **la caractéristique dynamique de la diode**. Plus la résistance de charge augmente, plus on se rapproche de la droite, ce qui s'explique car la variation de la résistance interne du tube devient négligeable devant la valeur de la résistance de charge. Comme on ne peut pas avoir le beurre et l'argent du beurre, cette linéarisation se paye cher. **Il va falloir de grandes variations de tension «Ua» pour entraîner de faibles variations de «Ia»** et, en conséquence, une tension utilisable U_{RL} plus faible. A l'extrême, si nous tracions une courbe dynamique pour une résistance de charge de 100 000 Ω par exemple, cette dernière serait pratiquement confondue avec l'axe des tensions «U_A». La caractéristique serait parfaitement droite mais le tube ne servirait strictement à rien.

Figure 11



Donc, maintenons notre résistance de charge dans des limites raisonnables (**environ trois fois la résistance interne de notre diode**). Vous êtes déçus ? Bien sûr ; vous écoutez votre concert à travers une paire d'écouteurs anémiques. Ne désespérez pas : nous sommes en 1907 et **Lee De Forest vient d'avoir l'idée géniale de glisser une grille entre la cathode et l'anode de notre diode**. Ce petit détail qui change tout va nous permettre enfin de pouvoir amplifier grâce à la triode.
Ce sera l'objet du prochain article.
Rendez-vous au prochain numéro.

Rinaldo Bassi

EDITIONS PÉRIODES
5, boulevard Ney
75018 Paris

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

SERVICE CIRCUITS IMPRIMÉS

Support verre époxy FR4 16/10 - cuivre 35 µm

Circuits professionnels Kappa Industries

	Qté	Circuits percés et étamés Prix en euro	Total
* SRPP/Béta-Follower		9,00 €	
* Préamplificateur			
- Carte préampli		12,00 €	
- Carte alimentation		9,50 €	
- Carte volume		3,80 €	
- Carte entrées à relais		11,50 €	
- Carte commutation des relais		3,85 €	
* Amplificateur triodes 6AS7G			
- Carte préamplificatrice		12,00 €	
- Carte filtrage H.T.		3,20 €	
- Carte filtrage B.T.		2,80 €	

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

5, boulevard Ney, 75018 Paris

Tél. : 01 44 65 88 14

ABONNEZ-VOUS À Led

Je désire m'abonner à **Led** (6 n° 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°.....

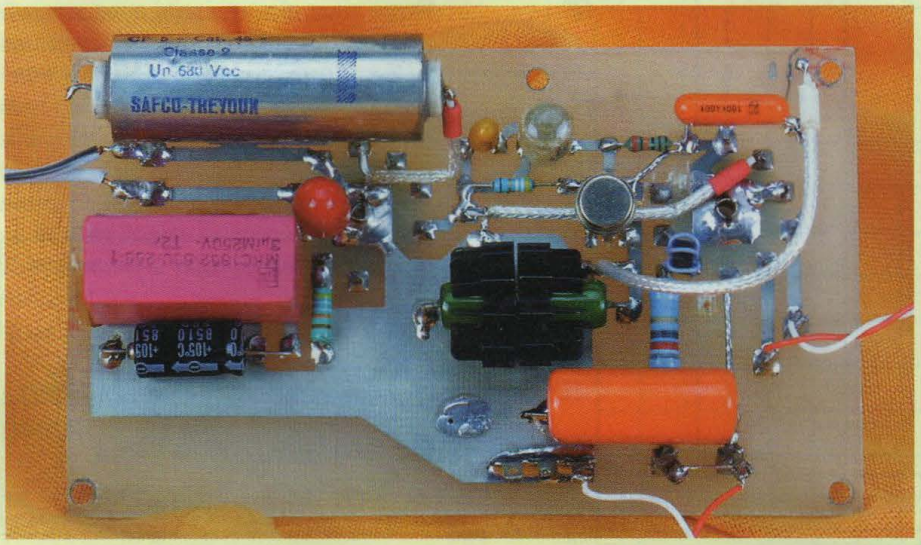
* Pour les expéditions «par avion» à l'étranger, ajoutez **8 €** au montant de votre abonnement.

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

A retourner accompagné de votre règlement à :

Service abonnements, EDITIONS PÉRIODES, 5 boulevard Ney, 75018 Paris Tél. : 01 44 65 88 14

SRPP ET BÉTA-FOLLOWER



Après avoir longuement étudié la topologie SRPP et les différents membres de cette famille, nous allons maintenant pouvoir «toucher du composant» en réalisant un circuit très performant pouvant servir de préamplificateur / driver aux étages de puissance les plus difficiles.

PRÉSENTATION DES MONTAGES SRPP

Afin de faciliter la réalisation et l'évaluation de 3 différents montages, il va être fait usage ici d'un circuit imprimé qui regroupera tous les composants nécessaires, sachant que les tubes resteront toujours les mêmes. Vous pourrez ainsi, si vous le souhaitez, essayer toutes les configurations au prix de quelques mineures modifications sur le circuit, et opter définitivement pour la version la plus «charmante» à vos oreilles.

Comme nous l'avons vu dans le numéro précédent, il est possible par un choix judicieux des composants de réaliser un mu-follower cumulant les avantages d'un grand gain et d'une large bande passante tout en abaissant à des valeurs inhabituellement basses l'impédance de sortie. Par ailleurs, la grande dynamique et la faible distorsion qu'il sera possible d'atteindre rendront «musicalement parlant» le circuit très réaliste. Pour cela, il nous faut choisir des tubes performants et facilement disponibles. Pour des raisons évoquées au préalable, mon choix s'est porté sur des tubes à grille cadre, seuls à pouvoir cumuler des grands gains à des faibles résistances internes. Notons au passage que la pente toujours élevée de ces tubes nous obligera à prendre certaines précautions telles que résistance en série avec la grille et perle de ferrite sur sa connexion pour voir le montage renoncer à toute velléité de mise en oscillation. Afin d'obtenir un gain en tension important, j'ai choisi d'utiliser une triode EC86, comme pour une alimentation décrite dans un précèdent numéro. Avec un (μ) de 68 pour une résistance interne de 4,8 kΩ, ce tube est une petite merveille de linéarité et de faible bruit pour un coût très modique. Vous vous en doutez, la valeur de (ρ) est un critère important pour obtenir une faible impédance de sortie Zout. Cette petite triode capable de dissiper plus de 2 W va être utilisée exactement dans les conditions préconisées par les constructeurs, à savoir V_A = 175 V et I = 7,5 mA. Pour obtenir ce point de polarisation, une résistance de 221 Ω 1 % sera utilisée pour R1, un condensateur «hybride» constitué de plusieurs modèles montés en parallèle étant chargé d'assurer un découplage efficace. Cette solution des condensateurs multiples est souvent préconisée et apporte des résultats convaincants. Les modèles chimiques ayant de piètres caractéristiques dès que la fréquence atteint quelques kHz, il semble logique de les épauler avec des éléments efficaces à ces fréquences, quoique de capacités plus modestes. Pour cela, vous trouverez ici un condensateur de 470 μF / 6,3 V en parallèle avec un modèle 100 μF au tantale et une capacité de quelques μF au polycarbonate, en charge de traiter les fréquences de l'ordre de la dizaine de kHz. L'association ainsi formée garantira de constituer un véritable court-circuit en régime dynamique, et ce quelle que soit la fréquence : on a ici fc = 1,25 Hz. La partie inférieure de notre SRPP n'appelle pas d'autres commentaires, si ce n'est qu'il sera nécessaire de référencer à la masse le filament de l'EC86 pour parvenir à un rapport S/B aussi faible que possible.

La partie supérieure du circuit est plus intéressante : elle se compose d'un tube EL183, tétrode à faisceaux dirigés à très forte pente (25 mA/V). Capable de dissiper jusqu'à 6 W pour l'anode et 2 W pour la grille écran, ce tube hautement linéaire que nous appellerons désormais pentode de façon abusive est une petite merveille (je me répète...), à 100 lieues des classiques EL84. Il nous faut ici préciser une chose importante : les caractéristiques évoquées plus haut s'entendent à 40 mA (données constructeurs), ce qui est beaucoup trop pour un étage amplificateur de tension. Il ne faut donc pas s'attendre à obtenir une pente aussi forte pour des courants plus faibles, cette caractéristique du tube n'étant pas

Figure 1

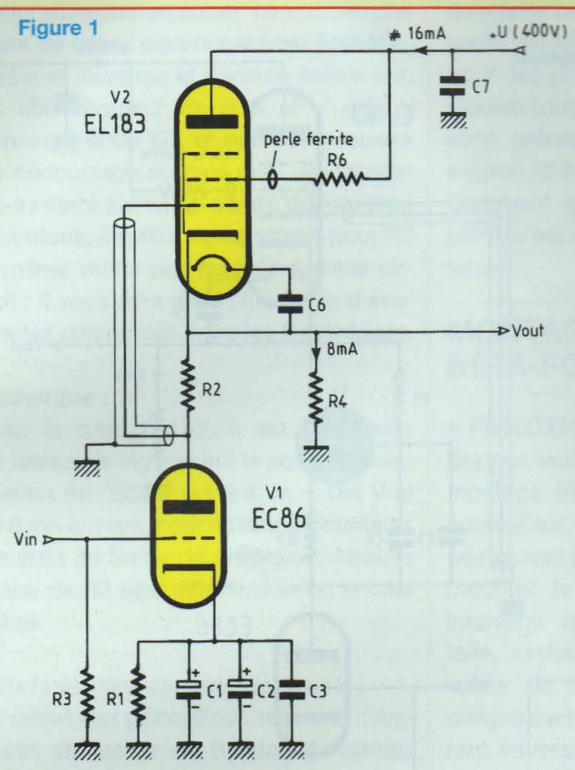
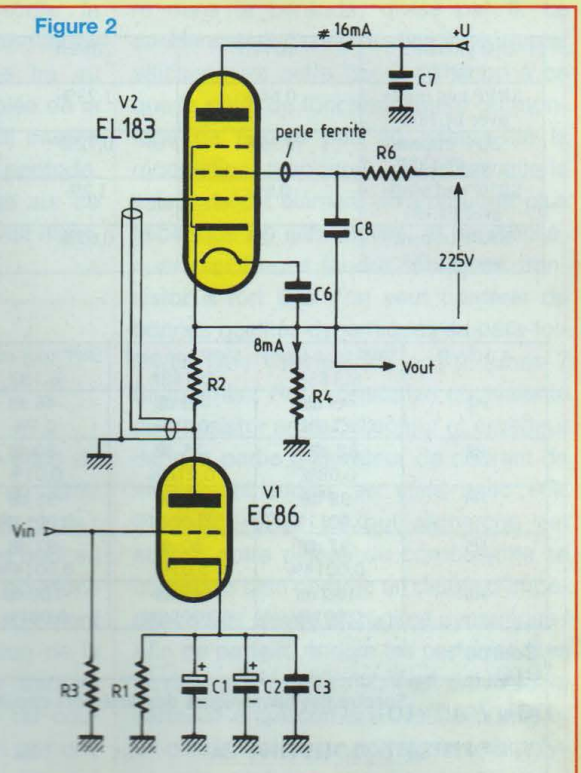


Figure 2



constante comme on le croît souvent. Il va être possible cependant, en ajoutant une simple résistance entre masse et cathode, de faire circuler dans ce tube un courant plus important que dans la triode et de préserver ainsi une pente élevée (voir schéma). Si vous tenez absolument à mettre en équation le montage ainsi obtenu, sachez seulement que la valeur de la nouvelle impédance de sortie est égale à la valeur de la résistance de charge en parallèle avec la Zout du circuit dépourvu de cette même résistance (Zout = Zout sans RL // RL). Au passage, notez que cette impédance a encore été abaissée par la manoeuvre !

• TRIODE OU TRIODE-PENTODE

C'est ici que nous allons pouvoir réaliser 2 circuits différents selon que vous voudrez ou pas n'utiliser que des triodes.

• Pour un montage tout triode (**figure 1**), vous n'aurez qu'à connecter ensemble l'anode et la grille 2 de l'EL183. Afin que le montage ne soit pas instable, il sera tout de même nécessaire de monter une perle de ferrite avec 2 ou 3 tours de fil à proximité de la grille écran, et de relier cette dernière à l'anode par l'intermédiaire d'une résistance de 82 Ω / 1/2 W non bobinée (effets selfiques indésirables). Pour assurer une bonne polarisation du montage, il ne vous restera plus qu'à souder une dernière résistance de 324 ou 392 Ω / 1/4 W / 1 % entre la cathode du tube et l'anode de l'EC86. Un courant de 16 mA circulera alors dans la pentode tandis que 7,5 à 8 mA seulement traverseront la triode. Le montage nécessitera une tension de 400 V pour fonctionner correctement, pour une consommation totale de 6,5 W. Je vous invite à vous reporter au N° 174 où vous trouverez une alimentation tout à fait appropriée pour cette utilisation, à moins que vous n'ayez déjà ce qu'il vous faut sous la main. Notez que notre circuit a obligatoirement besoin de 2 alimentations filaments distinctes, la différence de potentiel entre ceux-ci étant trop importante pour pouvoir envisager de n'en utiliser qu'une seule. Pour les mêmes raisons que l'EC86, le filament de l'EL183 sera référencé à sa cathode à travers un condensateur de 100 nF, ce qui fait qu'il sera flottant ! Il n'y a rien à craindre pour la vie du tube même si cette façon d'agir est assez inhabituelle, et cela mérite une petite explication... Si nous relions filament et cathode par une résistance, la bande passante du circuit serait réduite de façon importante (elle serait divisée par 3 environ). En effet, la capacité filament-cathode dans un tube de ce type n'est pas négligeable et son influence sur la capacité d'entrée est tout à fait mesurable. Vous pouvez choisir d'alimenter ces filaments en courant alternatif ou continu, cette dernière solution étant préférable si l'on veut optimiser le rapport S/B, vu le gain important du montage. Afin de ne pas faire d'erreurs, il conviendra d'être attentif aux tubes EL183. En effet, on trouve ceux-ci sous 2 références, EL183 et EL183P, correspondant à des tensions et broches filaments différentes. Le circuit imprimé correspond ici aux 2 versions mais vous obligera à opter pour une alimentation filament de 12,6 V.

Dist globale à : (DHT)	10Veff	20Veff	50Veff
SRPP tout triode avec EL183P	0,64%	1,23%	3,5%
SRPP tri/pent avec EL183P	0,36%	0,72%	2,2%
SRPP tout triode avec EL183	0,6%	1,2%	3%
SRPP tri/pent avec EL183	0,32%	0,65%	1,9%

Tableau 1

A 10Veff	SRPP tout triode EL183P	SRPP tri/ pent EL183P	SRPP tout triode EL183	SRPP tri/ pent EL183
H2	-45 dB 0,56%	-49 dB 0,35%	-46 dB 0,5%	-50 dB 0,31%
H3	-82 dB 0,08%	-75 dB 0,018%	-80 dB 0,01%	-75 dB 0,018%
H4	-99 dB 0,0011%	-74 dB 0,02%	-95 dB 0,0018%	-71 dB 0,028%
H5	-97 dB 0,0014%	-80 dB 0,01%	-97 dB 0,0014%	-79 dB 0,011%
H6	-100 dB 0,001%	-85 dB 0,0056%	-100 dB 0,001%	-85 dB 0,0056%

Courbe 1

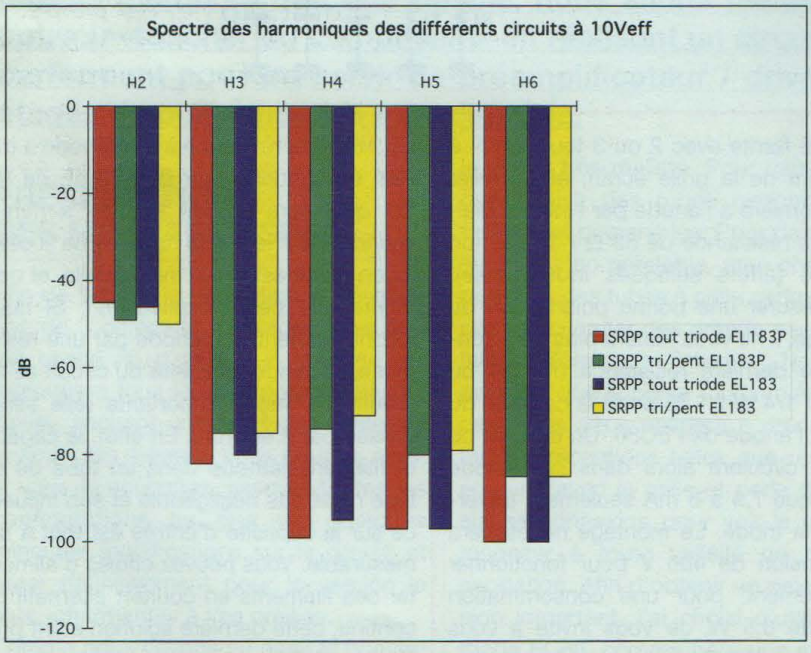


Figure 3

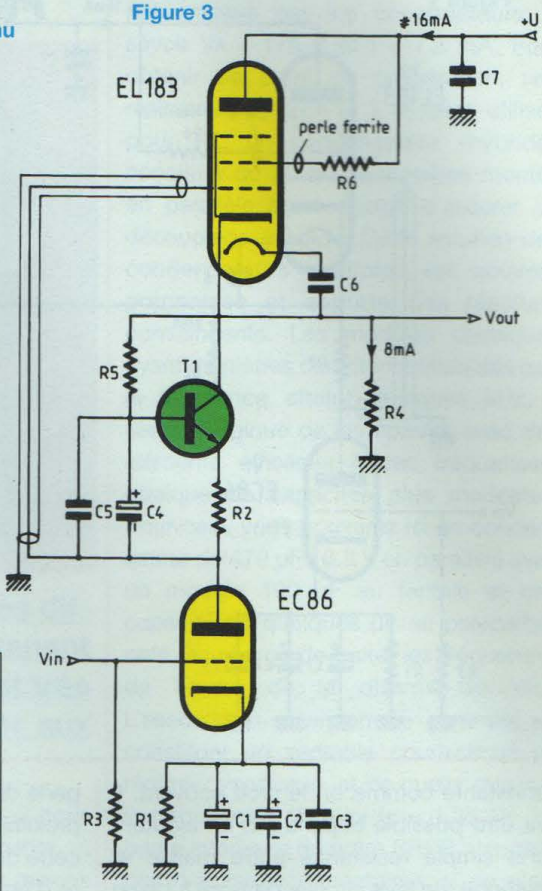
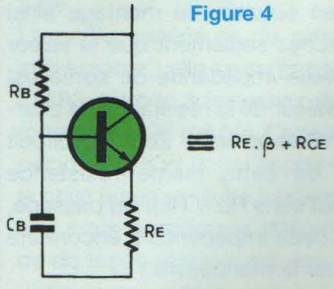


Figure 4



Quelques mineurs ajustements de valeurs seront à prévoir pour R2 selon que l'on utilisera un tube ou l'autre.

• Pour un montage triode-pentode (**figure 2**), il vous suffira d'alimenter la grille écran de l'EL183 à l'aide d'une alimentation extérieure de 225 V référencée par rapport à la cathode du tube. Le faible courant requis par cette grille permet d'utiliser une source d'alimentation peu puissante qui sera de préférence stabilisée et exempte de bruit. Il faut ajouter ici un détail d'une importance capitale pour pouvoir accéder à un très bon rapport S/B. Les enroulements du transformateur d'alimentation correspondants à la haute tension et à la tension écran devront être séparés par un écran électrostatique. Pour mieux faire encore, je conseille d'utiliser 2 transformateurs séparés. Sans cette précaution, vous pourriez trouver en sortie du montage une ronflette de plusieurs volts qu'il serait impossible d'éliminer. Un petit transformateur d'isolement fera parfaitement l'affaire pour construire à moindres

frais l'alimentation écran. Là encore, une perle de ferrite sera nécessaire pour stabiliser le montage et dans ce même but, un condensateur de 330 nF / 400 V connecté entre G2 et cathode assurera un découplage au plus près. La tension V_{K-G2} étant identique à celle du montage tout triode, il suffira de reprendre pour R2 la même valeur que pour ce premier circuit : il vous sera ainsi plus facile d'évaluer les différences entre les 2 montages.

Remarque :
Avec le tube EL183, il est nécessaire de rehausser légèrement le point de polarisation de l'EC86, porté à V_A = 185 V et I = 8 mA environ, pour obtenir les meilleurs résultats en terme de distorsion. Ainsi, la valeur de R2 sera différente selon le tube utilisé.

- Relevé des caractéristiques :

Le relevé des gains, Zout, tensions maximales de sortie et bandes passantes nous donne les résultats suivants :

- Avec l'EL183P, R2 = 324 Ω :
- **SRPP tout triode** : Av = 50,4, Zout = 470 Ω, Vmax = 82 Veff à vide et 14 Veff chargé par 1 kΩ, BP = 1,2 MHz à 50 Veff.
- **SRPP triode-pentode** : Av = 63,5, Zout = 600 Ω, Vmax = 110 Veff à vide et 15 Veff chargé par 1 kΩ, BP = 1,4 MHz à 50 Veff.

- Avec l'EL183, R2 = 392 Ω :
- **SRPP tout triode** : Av = 50,8, Zout = 560 Ω, Vmax = 82Veff à vide et 15 Veff chargé par 1 kΩ, BP =1,2 MHz à 50 Veff.
- **SRPP triode-pentode** : Av = 63,3, Zout = 585 Ω, Vmax = 110 Veff à vide et 15 Veff chargé par 1 kΩ, BP = 1,4 MHz à 50 Veff.

Les résultats de distorsion donneront par ailleurs une idée de la musicalité des montages (voir **tableau 1 + courbe n°1**).

Tous ces résultats étaient prévisibles. En effet, si le gain, la BP et la tension max de sortie sont légèrement supérieurs pour le second montage, il n'en est pas de même pour l'impédance de sortie : la pente du tube et R2 restant identiques pour les 2 circuits, l'avantage ira au modèle tout triode, l'EL183 câblée de la sorte présentant une résistance interne environ 20 fois plus faible qu'en pentode. Comment améliorer le montage sur ce point, c'est ce que nous allons voir maintenant.

MONTAGE BÉTA-FOLLOWER

• FONCTIONNEMENT

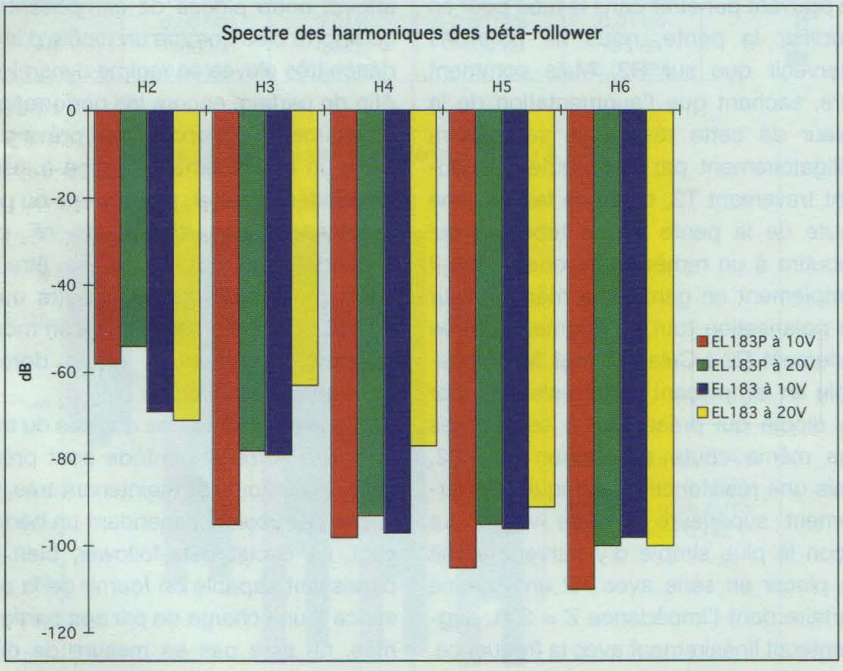
Si nous voulons préserver les vertus du montage triode-pentode tout en diminuant Zout, nous n'avons pas le choix : ne pouvant pénétrer dans le tube pour en modifier la pente, nous ne pourrons intervenir que sur R2. Mais comment faire, sachant que l'augmentation de la valeur de cette résistance se traduira obligatoirement par une chute du courant traversant T2, et de ce fait par une chute de la pente de ce tube, ce qui aboutira à un remède pire que mieux ? Simplement en gardant la même valeur de polarisation tout en augmentant très fortement R2 ! Cela est tout à fait possible en remplaçant cette résistance par un dipôle qui présentera à ses bornes une même chute de tension que R2, mais une résistance dynamique très largement supérieure à cette valeur. La façon la plus simple d'y parvenir serait de placer en série avec R2 une bobine parfaite dont l'impédance $Z = 2\pi fL$ augmenterait linéairement avec la fréquence. Malgré sa simplicité, ce montage n'est pas recommandé : en effet, si Z est fonction de la fréquence, il en sera de même pour Zout et les autres paramètres du circuit, ce qui n'est pas envisageable. Nous arrivons ainsi au concept du béta-follower (**figures 3 et 4**).
Dans ce montage, R2 est remplacée par une association de 2 résistances, 2 condensateurs et 1 transistor. Les 2 résistances sont choisies de façon à obtenir un courant de base correspondant à la valeur du courant que l'on désire dans la pentode, divisé par ß. Le condensateur C_B est destiné à découpler efficacement cette base, de façon à ce que le point de fonctionnement du montage ne fluctue pas au rythme de la modulation. Il apparaît clairement que la valeur de cet élément sera d'autant plus faible que R_B sera élevée, et par conséquent qu'il nous faudra choisir un transistor à fort ß si l'on veut conférer de bonnes qualités dynamiques au béta-follower. Que voient donc nos 2 tubes ? Simplement R_{CE}, résistance équivalente du transistor entre collecteur et émetteur dans la partie générateur de courant de sa caractéristique, en série avec $ßR_E$ ($Req=R_{CE}+ßR_E$). Le but recherché est atteint, notre pincée de composants se comporte bien comme un dipôle d'impédance très élevée en régime dynamique ! Afin de parfaire encore les performances en régime impulsionnel, il est prévu sur la carte un emplacement destiné à insérer un condensateur au polystyrène ou polypropylène d'une dizaine de nF pour seconder C_B. Celui-ci pourra être, au choix, un modèle tantale goutte ou un CTS13 au tantale solide que l'on montera alors verticalement (cette dernière solution a mes faveurs).
Pratiquement toutes les qualités du montage SRPP triode-pentode sont préservées, mais Zout est maintenant très, très basse ! Il subsiste cependant un bémol à ceci. Le circuit béta-follower, bien que paraissant capable de fournir de la puissance à une charge de par ses particularités, ne sera pas en mesure de driver des charges inférieures à une dizaine de kΩ, sous peine de voir sa tension maximale de sortie baisser de façon drastique. Nous verrons prochainement que la valeur optimale pour la résistance de charge de tout circuit SRPP dépend intimement de la valeur de R2, et que l'augmentation de cette dernière rend le montage incapable de driver des charges relativement basses. Mais au fait, avez vous remarqué que le tube T2 sur le schéma est une triode et non une pentode ! Ce n'est pas une erreur, et voilà l'ex-

Tableau 2

Dist globale à : (DHT)	10Veff	20Veff	50Veff
Béta-follower EL183P	0,13%	0,24%	0,6%
Béta-follower EL183	0,062%	0,09%	1%

	Béta-follower EL183P à 10V	Béta-follower EL183P à 20V	Béta-follower EL183 à 10V	Béta-follower EL183 à 20V
H2	-58 dB 0,13%	-54 dB 0,2%	-69 dB 0,036%	-71 dB 0,028%
H3	-95 dB 0,0018%	-78 dB 0,0125%	-79 dB 0,0011%	-63 dB 0,07%
H4	-98 dB 0,0013%	-93 dB 0,0022%	-97 dB 0,0014%	-77 dB 0,014%
H5	-105 dB 0,00056%	-95 dB 0,0018%	-96 dB 0,0016%	-91 dB 0,0028%
H6	-110 dB 0,00032%	-100 dB 0,001%	-98 dB 0,0013%	-100 dB 0,001%

Courbe 2



plication... Comme l'impédance de charge de la cathode est très élevée (plusieurs dizaines de kΩ), le fait d'avoir en série la résistance interne d'une pentode ou d'une triode change peu de choses. Si l'on reprend les équations relatives aux circuits SRPP, on remarque effectivement que le fait de prendre pour (ρ2) 2 kΩ ou 20 kΩ, résistance interne de l'EL183 en triode ou pentode, n'a que peu d'influence si l'on adopte R2 = 50 kΩ, ce qui est une valeur proche de la réalité. Ainsi, si l'on prend μ1 = 68 et ρ1 = 4,8 kΩ pour l'EC86 et 25 mA/V pour la pente de l'EL183, on trouve avec ρ2 = 2 kΩ :

Av = 66,64, G = 36,46 dB, Zout = 42,86 Ω

avec ρ2 = 20 kΩ :

Av = 67,85, G = 36,63 dB, Zout = 43,71 Ω

L'utilisation d'une triode présente 2 avantages. D'une part, une seule alimentation suffira pour le béta-follower, puisque la grille écran ne nécessitera plus une source séparée : cela allègera beaucoup la réalisation. D'autre part, le montage aura un meilleur rapport S/B. C'est une conséquence de la suppression de l'alimentation écran qui a la fâcheuse tendance à ramener un peu de bruit directement sur la sortie (cathode de l'EL183). Nous avons en fait ici une grande différence entre théorie et pratique, car la résistance interne importante d'une pentode devrait nous permettre d'accéder à un bruit en sortie plus faible qu'avec une triode, l'ensemble T2+R2 se comportant dans ce cas comme un meilleur générateur de courant. Cela ne serait pourtant vrai qu'avec une alimentation écran parfaitement silencieuse, ce qui ne se verra jamais ! Les seuls avantages qu'aurait véritablement apporté une pentode auraient été une augmentation de la tension maximale de sortie d'environ 30 %, de la bande passante (déjà très élevée avec une triode...) et du rejet du bruit de l'alimentation haute tension principale.

• TRANSISTORS UTILISABLES :

Tous les transistors ne peuvent pas convenir à l'utilisation qui est faite ici. Si l'on désire atteindre une grande qualité de reproduction sonore sur les crêtes, une qualité essentielle sera requise sur le $V_{CE}sat$ de ceux-ci. En effet, il faudra pour ce paramètre essayer d'obtenir la valeur la plus basse possible. Cela est assez simple à comprendre : ce composant jouant un rôle identique à une résistance de cathode, il assure la bonne polarisation du tube T2. Or, dans une grande majorité des cas, cette tension sera faible (de l'ordre de 1,5 à 3 V environ), surtout si le tube utilisé est à forte pente. Il est donc tout à fait primordial que notre transistor se trouve déjà dans la partie générateur de courant de sa caractéristique pour d'aussi faibles valeurs de tensions. Lors des crêtes, le courant et la tension V_{CE} pouvant varier dans des proportions assez importantes, cela nous évitera d'avoir de terribles distorsions si la résistance équivalente R_{CE} du transistor devait s'effondrer pour $V_{CE}<V_{CE}sat$.

Les meilleurs choix, quoique onéreux, sont certainement les LM394 ou MAT02 qui présentent un VCEsat incroyablement bas par rapport aux transistors courants, c'est à dire 50 à 100 mV pour Ic = 1 mA, et ce pour un gain très important (de l'ordre de ß = 600 à 1 mA). De plus, ces transistors sont optimisés pour générer un bruit très faible toujours inférieur à 2 nV/√Hz, quelle que soit la fréquence, même à 10 Hz : cela est assez rare pour le signaler (très peu de bruit en 1/f ou de scintillement). Les grandes qualités des circuits à tubes sur ce point crucial seront entièrement préservées avec l'utilisation de ces transistors exceptionnels. Le prix avoisinant les 18 € est parfaitement justifié. Les performances donneraient presque envie de construire un amplificateur... à transistors ! Notons que ceux-ci étant des modèles doubles, il est possible de n'utiliser qu'une section par canal sans avoir à craindre des problèmes de diaphonie, puisque les 2 sections sont parfaitement isolées. J'ai cependant choisi d'utiliser un composant par canal pour des raisons pratiques. On peut ainsi séparer les 2 circuits nécessaires à un étage stéréo de plusieurs dizaines de centimètres, ce que n'aurait pas rendu possible l'utilisation d'un seul transistor. Ce surcoût non négligeable sera tout de même pondéré par le fait que le bruit induit par les transistors sera 2 fois plus faible et le gain encore plus élevé. Sachez tout de même qu'un transistor possédant un Vcesat modéré et un faible bruit comme le BC549C peut faire l'affaire si l'on accepte une légère baisse des performances du béta-follower : il faudra alors revoir la valeur de RB pour obtenir le même point de fonctionnement du montage.

- Relevé des caractéristiques :

Avec l'EL183P, RB = 110 kΩ, RE = 49,9 Ω :

• Mu-follower : Av = 65,3, Zout = 42 Ω, Vmax = 95 Veff à vide et 12 Veff chargé par 1 kΩ, BP = 1,25 MHz à 50 Veff.

Avec l'EL183, RB = 140 kΩ, RE = 49,9 Ω :

• Mu-follower : Av = 65, Zout = 60 Ω, Vmax = 85 Veff à vide et 12 Veff chargé par 1 kΩ, BP = 1,15 MHz à 50 Veff. **(tableau 2 + courbe n°2)**

QUELQUES MOTS SUR LA RÉALISATION

Afin de pouvoir fixer directement la plaquette à l'intérieur d'un boîtier, j'ai choisi de disposer les supports des tubes côté composants et les autres éléments côté soudures. Cela apporte un avantage non négligeable en permettant une maintenance plus aisée sans avoir à démonter l'ensemble d'un amplificateur, puisque composants et soudures sont facilement accessibles.

Vous remarquerez que l'ensemble est assez compact et qu'un large plan de masse est prévu, ce qui facilite les raccordements en assurant une bonne immunité aux parasites. Des composants sont soudés directement sur la partie centrale des supports qui présente une large surface : je préfère cette solution plutôt que de faire courir d'autres pistes, toujours sources de désagréments, en particulier lorsqu'elles sont situées près des grilles. Cela peut vous sembler inutile si vous êtes habitués à travailler avec des ECC83, mais je vous rappelle que nous avons ici des tubes capables de fonctionner à plus de 1 MHz et donc très sensibles aux perturbations extérieures. A cet effet, la connexion entre l'anode de l'EC86 et la grille de l'EL183 sera blindée, même pour une aussi faible longueur. Afin de minimiser celle-ci, j'ai choisi de faire passer le câble blindé sous le MAT02, entre les pattes des 2 sections ! La tresse sera soudée sur le plan de masse côté EC86, et sera soigneusement isolée par un bout de gaine thermorétractable du côté de la pentode. Sur la photo du module apparaît un condensateur d'entrée de 220 nF, au papier huilé, blindé et fixé sur le plan de masse. C'est à mon avis la meilleure solution pour obtenir un excellent rapport S/B, mais la difficulté d'approvisionnement de ce type de composant m'oblige à ne pas le faire figurer dans la nomenclature. Vous pouvez cependant n'utiliser aucun condensateur d'entrée, la grille de l'EC86 étant ramenée à la masse par R3. Encore un conseil afin de ne pas détruire le transistor en le soudant : utilisez un «support tulipes» doré 6 broches ou un modèle 8 broches que vous couperez soigneusement. Si vous êtes une oreille à «entendre les contacts», la soudure du transistor sur cet élément est possible et souvent bien plus rapide que sur le cuivre ! La résistance R4 dissipant 1,5 W, vous pourrez y insérer 2 petits dissipateurs pour boîtier TO5 qui correspondent parfaitement au diamètre des modèles RB57.

Dernière remarque : les heureux possesseurs d'un distorsiomètre pourront choisir de câbler une résistance ajustable multitours à la place de R5. Un réglage précis de celle-ci, différent pour chaque tube, permettra d'abaisser encore un peu la distorsion produite par le circuit. Cependant, les excellentes valeurs obtenues avec les résistances R5 préconisées destinent ce réglage aux «coupeurs de cheveux en quatre» !

BILAN

Précisons tout d'abord que les mesures faites dans cet article ne permettent pas de juger de la qualité musicale d'un circuit, de sa capacité à donner la «chair de poule», mais permettent de dégrossir le travail avec objectivité. Tous les amplificateurs «bons» à la mesure ne sont pas forcément «bons» à l'écoute, mais la réciproque n'en est pas moins fausse ! Il m'est sincèrement difficile, voire impossible, de conseiller un montage plutôt qu'un autre... Tout d'abord, il faut noter que les résultats des mesures donnés ici sont en fait des moyennes faites à partir de plusieurs exemplaires de chaque type de tube, de marques et provenances différentes. On peut remarquer que les 2 modèles d'EL183 donnent des résultats plus ou moins proches selon le circuit

dans lequel ils sont utilisés. Dans les montages SRPP, la 183 semble engendrer un peu moins de distorsion que la 183P à bas ou haut niveau, mais les dégradés harmoniques des 2 tubes restent globalement identiques. Au contraire, au sein des montages béta-follower, les 2 types de tubes vont se comporter de façon assez différente... Dans ce type de circuit, l'EL183 est capable de performances remarquables (0,06 % à 10 Veff et même moins pour certains échantillons !), ce qui fait de ce montage un préampli / driver de très grande qualité pour un étage de puissance à triode de puissance modérée ou encore de monopentode. On peut cependant noter que le dégradé harmonique obtenu avec ce tube est moins régulier qu'avec la 183P, l'H3 pouvant même dépasser l'H2 lorsque la tension de sortie augmente. Il faudra donc éviter d'utiliser ce tube avec des étages de sortie peu sensibles. Les circuits SRPP triode/pentode présentent quant à eux une tension de sortie maximale très supérieure aux autres montages et peuvent convenir à des étages de puissance nécessitant une grande excursion de grille, comme les 845 ou 211.

Leur impédance de sortie, quoique légèrement plus importante que pour les modèles tout triode ou béta-follower, sera bien suffisante pour cet usage... Il faut en effet comparer cette valeur de 600 Ω à l'impédance de sortie de l'ordre de 500 Ω à 1 kΩ de la plupart des circuits cathode-follower conventionnels à base d'ECC81, 82 ou 83, qui n'apportent aucun gain de surcroît !

Le béta-follower à 183P, même si sa tension maximale de sortie est inférieure au SRPP triode/pentode, n'en constitue pas moins un excellent choix pour un amplificateur à 6C33 ou 845... (De quoi donner des idées aux lecteurs ayant réalisé le montage à base de 845 décrit dans les revues N[os] 172/173). Sa Zout extrêmement basse permettra un contrôle parfait de ces tubes et garantira d'atteindre une bande passante très large, et du même

Figure 5

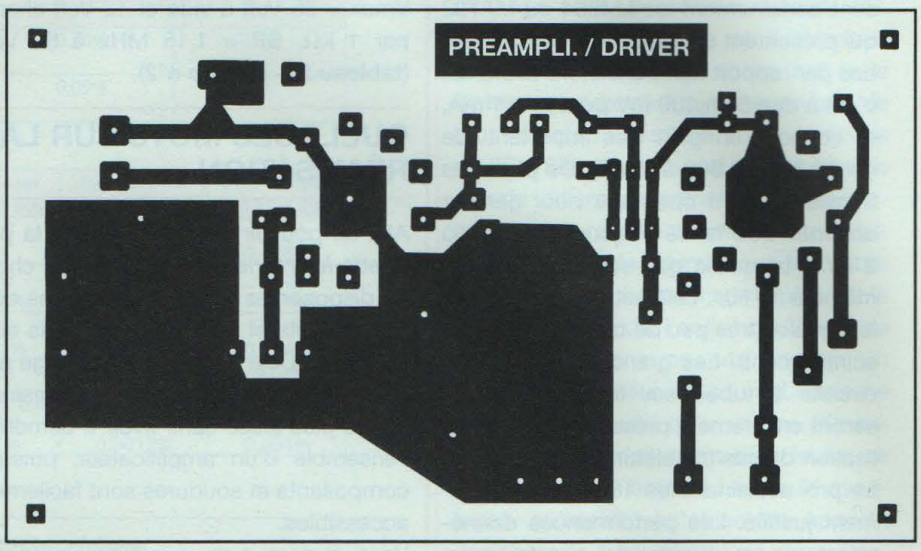
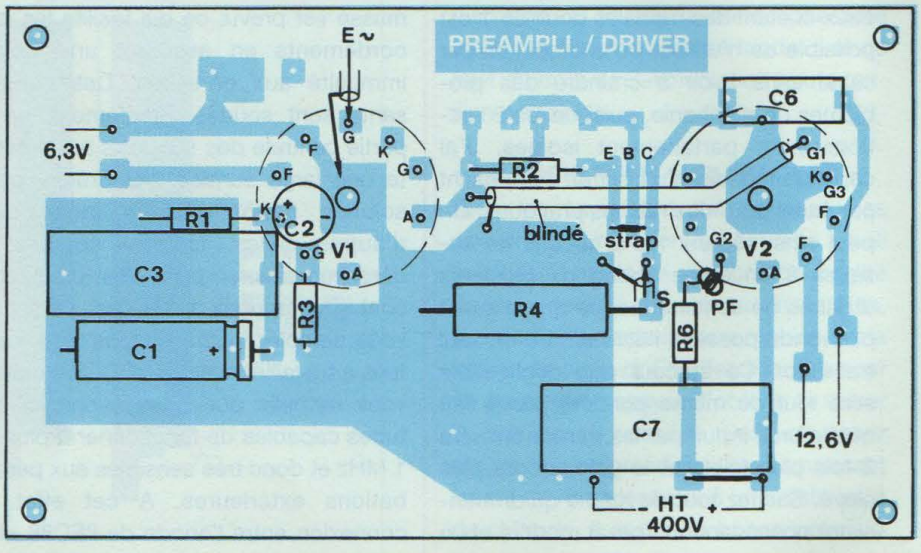


Figure 6 : SRPP avec EL183 montée en pseudo-triode



coup des signaux carrés parfaits. Sa distorsion un peu plus forte qu'avec les 183 est tout de même insignifiante et présente l'avantage de rester faible pour des tensions de sortie importantes : c'est là une qualité pour driver des tubes de puissance à faible gain. De plus, le spectre harmonique obtenu avec ce tube garde un aspect identique en fonction de la tension de sortie, ce qui n'est pas le cas avec la 183.

Notez enfin que cette dernière présente un phénomène microphonique parfois assez marqué, ce qui oblige à soigner son montage du point de vue mécanique.

L'EL183P ne nécessite quant à elle aucune précaution particulière, sa construction la rendant pratiquement insensible aux perturbations extérieures.

Comme vous le voyez, tous les montages ont leurs qualités et leurs défauts, comme les tubes ! A ce propos, je terminerai cet exposé en vous précisant que la référence EL183 est plus répandue que la 183P plus récente, la production

Figure 7 : SRPP triode / pentode

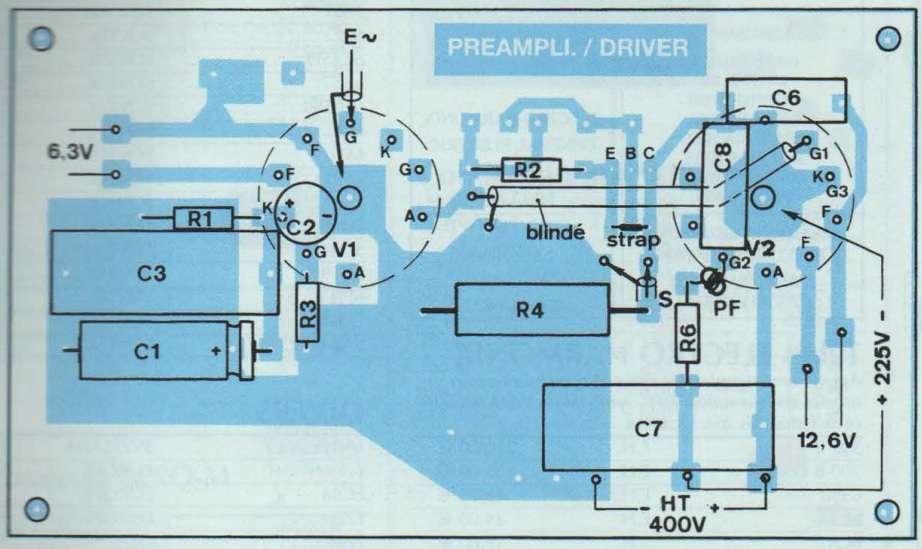
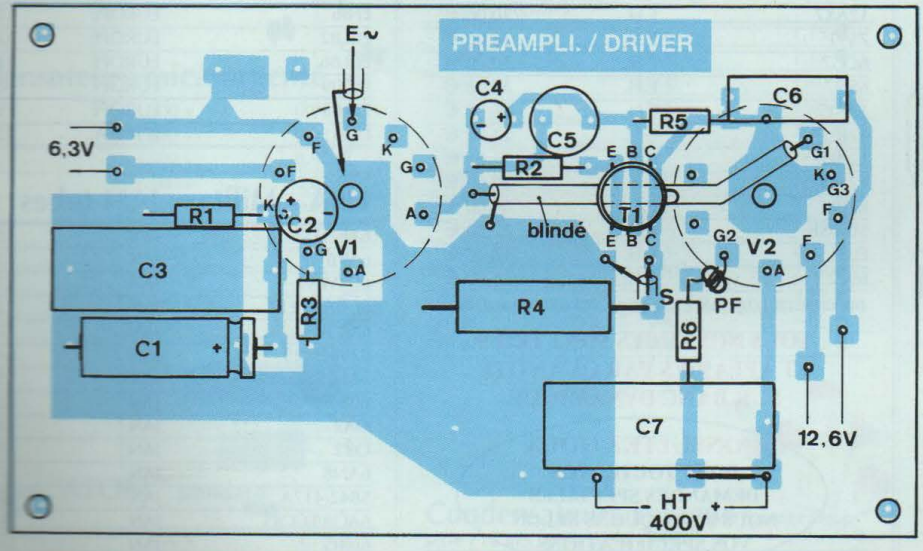


Figure 8 : Beta-follower



NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

R1 = 221 Ω / 1/4 W / 1%
R2 = voir texte 1/4 W / 1%
R3 = 499 KΩ / 1/4 W / 1%
R4 = 22 KΩ bobinée 5 W
R5 = Rb voir texte 1/4 W / 1%
R6 = 82 Ω 1/2 W
C1 = 470 µF / 6,3 ou 10 V
C2 = 100 µF tantale 6 ou 10 V
C3 = 3 ou 4,7 µF polycarbonate
C4 = 22 µF tantale 10 V
C5 = 10 nF polystyrène ou polypropylène
C6 = 100 nF polyester 250 V
C7 = 330 nF polyester 630 V
C8 = 330 nF polyester 250 ou 400 V
PF = perle de ferrite ou VK200
T1 = LM394 ou MAT02
V1 = EC86
V2 = EL183 ou EL183P

Attention lors du montage : notre transistor possède la particularité d'avoir l'ergot côté collecteur à l'inverse de 99 % de ses homologues trois pattes.

de cette dernière ayant été beaucoup plus courte. Dans tous les cas, vous ne devriez pas rencontrer de difficultés d'approvisionnements.

En guise de conclusion, j'inciterai volontiers les lecteurs intéressés à essayer le montage béta-follower triode/pentode, qui devrait cumuler les avantages de ce type de circuit avec l'importante tension maximale de sortie du SRPP triode/pentode.

En effet, le seul point que nous pourrions reprocher à nos montages est de ne pas posséder une dynamique exceptionnelle, en comparaison de nos montages simples du dernier numéro avec lesquels nous obtenions jusqu'à Vs = 80 Veff pour seulement 250 V d'alimentation, du fait d'une plus grande symétrie...

A très bientôt pour un montage amplificateur hybride de puissance 6 à 8 W mono-étage et... mono-tube !

Pour mémoire, voici les équations ayant permis de calculer les différents circuits présentés dans cet article...

$$A_V = \frac{-\mu_1(\rho_2 + \mu_2 R2)}{(\mu_1+1)R1 + (\mu_2+1)R2 + \rho_1 + \rho_2}$$

$$Z_{OUT} = \frac{\rho_2(R1(\mu_1+1) + R2 + \rho_1)}{(\mu_1+1)R1 + (\mu_2+1)R2 + \rho_1 + \rho_2}$$

Rappel :

Tous les composants sont implantés côté cuivre, seuls les supports de tubes sont placés côté époxy.

Jérôme Gest

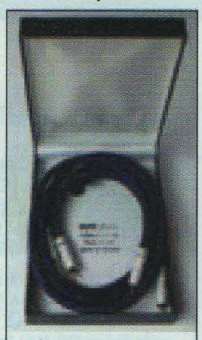
FREQUENCE TUBES

La passion des tubes

OUVERT LE LUNDI DE 14 H À 19 H ET DU MARDI AU SAMEDI DE 10 H À 19 H

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

MPC AUDIO



CÂBLES MPC AUDIO
SECTEUR, MODULATION ET NUMÉRIQUE
(PRÊT SOUS CAUTION)
FABRICATION FRANÇAISE

PLUS DE 1200 REF. DE TUBES EN STOCK.

COMPOSANTS :
CONDENSATEURS, RÉSISTANCES, POTENTIOMÈTRES TOUTES VALEURS, PIÈCES DÉTACHÉES, SUPPORT DE TUBES, TRANSFORMATEURS, CONNECTIQUES,

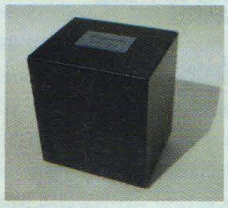
RÉPARATION ET RESTAURATION DE TOUTES LES ÉLECTRONIQUES :
TUBES ET TRANSISTORS TOUTES MARQUES

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	TRANSFO ALIM :	115,00 €
PUSH PULL 845	TRANSFO SORTIE :	86,00 €
SCHEMA R. CARIOU	INDUCTANCE :	52,00 €
	INTERETAGE :	65,00 €

Transformateurs audio

(Fabrication française : MAGNETIC SA)

TYPE	Z	CAPOT	CUVE
PUSH EL84	8000	38,00 €	53,00 €
PUSH EL34	3800	54,00 €	65,00 €
300B	3000	68,00 €	86,00 €
300B	3000	PRESTIGE	183,00 €
PUSH 6C33	3000	TORIQUE	50,00 €
845SE	9000		125,00 €
PUSH 6550	3800	68,00 €	86,00 €
QUATUOR 6V6	8000	38,00 €	53,00 €
SELF	5HY03A	25,00 €	38,00 €
SELF	10HY03A	29,00 €	42,00 €
ALIM	150VA	43,00 €	54,00 €
ALIM	250VA	53,00 €	68,00 €
ALIM	350VA	65,00 €	82,00 €
ALIM	500VA	83,00 €	110,00 €

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.	210,00 €
300 B Gold	E.H.	255,00 €
6550	E.H.	49,00 €
EL 34	E.H.	24,00 €
6CA7	E.H.	38,00 €
6L6GC	E.H.	29,00 €
6V6GT	E.H.	18,00 €
12AX7	E.H.	20,00 €
7591	E.H.	35,00 €
6CG7	E.H.	30,00 €
6SN7	E.H.	30,00 €
12AY7	E.H.	16,00 €
12BH7	E.H.	22,00 €
12AU7	E.H.	21,00 €
12AT7	E.H.	20,00 €
KT88	E.H.	66,00 €
5U4GB	E.H.	22,00 €
EL84	E.H.	18,00 €
6922	E.H.	26,00 €

DISPONIBLITÉ D'UN VASTE ASSORTIMENT DE TUBES AMÉRICAINS

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

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

site : magnetic.com.free.fr

Sortie

N° LED	CAPOT		CUVE	
143-145	68,00 €	T4	86,00 €	C4
151	38,00 €	T2	53,00 €	C2
157	68,00 €	T4	86,00 €	C4
159	54,00 €	T3	65,00 €	C3
161-162			125,00 €	C4
165	68,00 €	T4	86,00 €	C4
166	54,00 €	T3	65,00 €	C3
169	68,00 €	T4	86,00 €	C4
170	54,00 €	T3	65,00 €	C3
171	54,00 €	T3	65,00 €	C3
172-173			86,00 €	C4
175				
175	54,00 €		69,00 €	

Alim

CAPOT		CUVE	
53,00 €	T4	68,00 €	C4
53,00 €	T2	68,00 €	C4
65,00 €	T5	82,00 €	C5
53,00 €	T4	68,00 €	C4
		110,00 €	C6
65,00 €	T5	82,00 €	C5
53,00 €	T4	68,00 €	C4
65,00 €	T5	82,00 €	C5
53,00 €	T4	68,00 €	C4
53,00 €	T4	68,00 €	C4
		115,00 €	C6
36,00 €		48,00 €	
68,00 €		82,00 €	

DÉBUT AVRIL, FREQUENCE TUBES FABRIQUE

TUBES ÉLECTRONIQUES

SOVTEK

2A3	SOVTEK	68,00 €
5881	SOVTEK	28,00 €
6922	SOVTEK	20,00 €
6C45PI	SOVTEK	22,18 €
6EU7	SOVTEK	19,00 €
6H30PI	SOVTEK	23,41 €
6SL7	SOVTEK	12,00 €
6SN7	SOVTEK	13,00 €
7591XYZ	SOVTEK	29,00 €
12AX7LPS	SOVTEK	20,00 €
EL84M	SOVTEK	27,00 €
5U4G	SOVTEK	16,00 €
6C19PI	SOVTEK	17,65 €
6PI45C	SOVTEK	30,00 €
EM80	SOVTEK	18,00 €
5AR4/GZ34	SOVTEK	23,00 €

DIVERS

6N1P	SVETLANA	18,00 €
6J5	EUROPE	13,00 €
EC86	EUROPE	8,00 €
EZ80	EUROPE	13,00 €
J998	USA	50,00 €
845	**CHINO**	**75,00 €**
807	EUROPE	25,00 €
EF86	EUROPE	13,00 €
ECL82	EUROPE	12,00 €
ECL86	EUROPE	13,00 €
EL509	EUROPE	30,60 €
EL183	EUROPE	9,00 €
EL34	JJ/TESLA	22,00 €

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 BLINDÉ	4,00 €
OCTAL CI	2,90 €
OCTAL CHASSIS USA	4,60 €
MAGNOVAL	4,50 €
JUMBO (845) OR	**19,00 €**

Potentiomètre PIHER

axe métal, de 100 Ω à 10 MΩ – mono/stéréo - lin/log

simple	9,15 €
double	13,72 €

CONDENSATEURS

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

Condensateurs LCR
(Made in England)

16 + 16 µF	/ 450 v	24,00 €
32 + 32 µF	/ 500 v	26,00 €
50 + 50 µF	/ 500 v	27,00 €
100 + 100 µF	/ 500 v	28,00 €
200 + 200 µF	/ 500 v	45,00 €
200	/ 500 v	30,00 €
500 µF	/ 500 v	43,00 €

Condensateurs F&T
(Made in Germany)

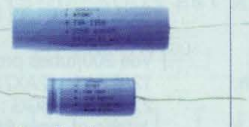
32 + 32 µF	/ 500 v	18,00 €
50 + 50 µF	/ 500 v	20,00 €
100 + 100 µF	/ 500 v	33,00 €

Condensateurs AERO-M
(Made for Mallory-USA)

20 + 20 + 20 + 20	/ 475 v	44,00 €
30 + 30 + 30 + 10	/ 475 v	68,00 €

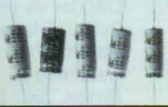
Condensateurs mica-argenté

10 pF	/ 500 v	0,92 €
22 pF	/ 500 v	0,92 €
33 pF	/ 500 v	0,92 €
47 pF	/ 500 v	0,92 €
100 pF	/ 500 v	0,92 €
120 pF	/ 500 v	0,95 €
250 pF	/ 500 v	1,10 €
390 pF	/ 500 v	1,23 €
500 pF	/ 500 v	1,33 €
1 nF	/ 500 v	1,33 €



Sprague "ATOM" standard
(USA)

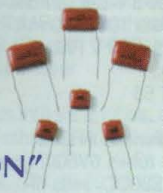
8 µF	/ 450 v	5,70 €
10 µF	/ 500 v	8,00 €
16 µF	/ 475 v	9,00 €
20 µF	/ 500 v	8,50 €
20 µF	/ 600 v	17,00 €
40 µF	/ 500 v	12,50 €
80 µF	/ 450 v	12,00 €
100 µF	/ 450 v	16,50 €



Condensateurs
(Made in Japan) "Illinois"

22 µF	/ 500 v	6,00 €
47 µF	/ 500 v	12,00 €
80 µF	/ 450 v	9,00 €
100 µF	/ 450 v	10,00 €
220 µF	/ 300 v	8,50 €

BIBLIOGRAPHIE (DATA BOOK) : ÉQUIVALENCES ET BROCHAGES



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 €
4,7 nF	/ 600 v	1,86 €
10 nF	/ 600 v	1,91 €
22 nF	/ 600 v	2,60 €
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 µF	/ 500 v	6,76 €
47 µF	/ 500 v	10,85 €
80 µF	/ 450 v	12,51 €
100 µF	/ 450 v	15,06 €
220 µF	/ 450 v	20,05 €

LED N°176

PUSH PULL 6AS7G	KIT TRANSFOS :	250,00 €
SCHEMA R. CARIOU	KIT COMPLET :	650,00 €

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 µF	/ 450 v	23,48 €
2,2 µF	/ 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 µF	/ 600 v	49,78 €

Condensateurs "JJ"

32 + 32 µF	/ 500 v	14,04 €
50 + 50 µF	/ 500 v	15,06 €
100 + 100 µF	/ 500 v	22,72 €
47 µF	/ 385 v	9,95 €
100 µF	/ 385 v	10,72 €
220 µF	/ 385 v	13,53 €
350 µF	/ 385 v	17,10 €
550 µF	/ 385 v	19,14 €
800 µF	/ 385 v	22,72 €
40 + 20 + 20 + 20	/ 500 v	38,03 €

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

Petites annonces gratuites

Vds 3 enceintes Celestion Pro.15 de 250 W, équipées de G15Z200CE (ø38 cm) avec RTT50 en médium/aigu et filtre 2 voies RT-15, excellent état, prix unitaire : 500 €. Contacter Mr Duval au 01 44 65 88 14

Vds protopype pré-ampli audiophile Led 175, câblé réglé.
Tél. : 03 20 48 77 88

Vds intégré pré-amp et filtre actif 4 voies Kaneda et 8 Monstres, gestion bat et alim 2 farads.
Tél. : 00 32 25 32 57 39

Vds, bon état, révisés, 2 blocs Quad II : 700 € + préampli, neuf, Wellemann à tubes, mod 8020 : 380 € + tubes neufs PX25, EF37A, 6F6, 5X4G, prix à débattre.
Tél. : 03 88 62 26 30

Vds casque stéréo 2x3 voies, neuf : 29 € port compris + micro sans fil réception sur 90.15 MHz/FM : 29 € port compris + bandes magnétiques ø27, 1 100 m sur bobine métal. + magnétophone Uher Variocord 63S, 4 pistes. Mr Raymond Gerard, Le Calvaire, 50260 Les Perques

Liquide lot de 100 kg, appareils de mesure à revoir ou pour pièces : 100 €, dispose d'oscillos 2x15 et 2x50 MHz, psophomètre et géné BF.
Tél. : 02 48 64 68 48

Vds pré-ampli Transfus Sowter 9335 dans coffret : 380 € + oscilloscope pro Philips PM3250 : 170 € + lecteur CD Marantz CD63-SE : 200 €.
Tél. : 02 40 52 22 98

Recherche tube EF41 + Scanner pour recherche des fréquences, faire offre.
Tél. : 04 66 29 42 88

Cherche un schèma pour la réalisation d'un lampemètre.
Tél. : 06 86 05 05 73

Vds Lowther DX2, très peu servi : 500 € + paire PX25 KR servi 1 heure : 230 € + paire Mullard M8137, Siemens C3m. Tél. : 04 78 77 63 54

Cse, inemploi, vd ampli-préampli Onkyo intégra A-9711, noir, emb origine, 2x80 W, pas une éraflure qq h fonction, téléc, - de 50 %, prix : 310 €, pas de réservation.
Tél. HB : 04 73 36 81 29

Vds ampli-tuner 2x60 W + Harman/Kardon HK670, double alim classe A, faible puissance, très musical.
Tél. : 01 39 94 94 72

Vds ampli trans 130 W mono, table mix, transf 350 VA/500 V, filtre réseau, tubes, alim BT, cond 10 nF / 3 KV, composants, liste sur demande.
Dépt 13 Tél. : 04 90 59 89 18

Vds multimètre Métrix MX591 + alim Kepco 0 à 17 V, ISA + GBF Waveteck FG3B + sondes TEKP6137 + lot composants divers + tubes : liste sur demande. Tél. : 06 80 02 08 94

Cherche HP Audax PR330MO, neuf ou tbe. Tél. : 06 88 64 29 61

Vds transfo alim + 2 sorties Chretien PP EL84 : 80 € les 3 + bain d'huile 4 µF/1 000 V, 2 selfs 10 H/150 mA : 60 € les 2 + condo 400 V Philips, Novea et Aerovox.
Tél. : 06 89 14 07 68

Recherche TS Millerioux AH26B, XH36B, HH18B + tubes 6V6GT, gros bulbes + E80F + E80CC, selfs filtrages 300 mA Millerioux.
Tél. : 01 42 04 50 75

Recherche blocs mono Luxman 3045 + ampli lampes Luxman SQ 360 + ampli Technics SE9060 + blocs cinéma Westrex 26B + Mc Intosh A116, A123, A127 + lampes 1614, 1622, KT66 d'époque. Vds une paire de blocs Filson réf JF1100 à lampes 100 W : 1700 € + ampli et pré-ampli Luxman M383, C383, état neuf avec cartons d'emballage : 1500 €. Faire proposition au 05 53 97 38 67 (heures de repas) ou au 06 70 17 67 56

Vds préampli Dynaco Dynapas : 250 € + Vincent SV231, classe A, neuf, sous garantie : 600 € + Technics SU8080 : 160 € + JBL 4311 : 700 € + K7 Micromega Junior : 140 €. Tél. : 03 20 55 25 71

Recherche T.S. Millerioux, HH18B, 8000 Ω + épave ampli Filson 225S + schémas poste lampes, opus, concerto, Telefunken et documentations, marque années 1955-1960.
Tél. : 01 42 04 50 75

Vds Electrocompaniet 75 W : 690 € + enc Aura 1 : 1150 €. Cherche amp D76, D150, D250.
Tél. : 06 60 88 17 97 (Paris)

Vds Le Haut-Parleur années 1988 à 1992, complètes + année 1993 de janv à oct : 10 € l'année ou 48 € le tout + port + Wobuloscope 231 Metrix : 65 €. Tél. : 04 50 73 91 20

Vds tubes émission QQE 03/20 et 03/12, supports porcelaine plus divers tubes très anciens.
Tél. : 03 20 03 67 87

Vds ampli tubes Dynaco MARK 3, 2 blocs mono : 500 € + stéréo 70 : 300 € + tubes 6GH8A, 6U8A, 6550GE. Tél. : 06 61 71 72 87 (Var)

Recherche photocopie articles µC Scénik n°1, 2, 4, 5, 6, 7, remboursement des frais, merci d'avance.
Tél. : 06 62 89 03 62
ou 04 92 91 91 91 (Laurent)

Recherche THT pour téléviseur couleur Philips, multi standard à tubes, type KM1. Tél. : 03 27 81 06 63

Vds câbles Klotz long 2 m XLR + Cinch Neutrik, la paire : 40 € + disques 33T, 45T, maxis 45T, CD, tous styles, à partir de 2,50 € + console Soundcraft Delta DLX 12/2 avec interface, meuble spécial Hi-Fi + Studer Rack H42U + mag A807 + Dat D780, K7 A721 + tuner A764, CD D730 + ampli B250 + B208 + Cabasse Proff Corvette M2, notices, emballages + documentations, livres, EMT, Studer, Cabasse, Nakamichi, Revox, Mc Intosh, Tascam, Fostex, Otari, Nagra, Shure, Tandberg, Cello.
Tél. : 06 85 96 37 70

Vds cellules Ortofon NF15E/II, diamant conique neuf + Shure M44-7 sans diamant : 20 € les 2.
Tél. : 03 20 03 02 59

Vds divers composants pour ampli à tubes : tubes, transfos, condos, potar Ko-On, neufs. Tél. : 01 42 40 70 68

Recherche pour Mire Metrix GX953A, barrettes VHF, faire offre.
Tél. : 06 19 87 76 67

Recherche tubes E80CC, 6SN7, ECC808, CV378, ZA3 mono plaque. Vds EZ81/6CA4 : 12 € + ECL86 : 10 € + 12SN7 Tung-sol : 10 € + E180F : 10 € + EZ88CC : 25 €.
Tél. : 01 42 23 63 64

Vds tubes nfs, 6SJ7 WE, 6AU6, 25L6, 6C5, 6AS7, enceintes Altec M19 + HP Altec 416-8C, neufs + Marantz 3200 et 140. Recherche 1 Quad 2.
Tél. : 04 67 87 97 92

Vds intégré Musical Fidelity E100, 50 W téléc, tbe : 360 €.
Tél. : 04 92 27 03 94

Vds enceintes Jericho Horn : 800 € + 2xFE208 Sigma, neuf : 425 € + platine Pink Triangle, bras Helius, cellule Grado : 800 € + 2 HP Tannoy HPD385 : 2000 €.
Tél. : 02 98 07 81 27

Recherche D76 Audio Research, Luxman 360 même fatigués.
Tél. : 01 47 99 30 42 (après 21 h)

Vds tubes émission QQE, 03/20 et 03/12, supports porcelaine, divers tubes anciens. Tél. : 03 20 03 67 87

Vds enceintes Pierre Etienne Léon Intégrale : 1200 €.
Tél. : 03 20 08 24 06

Recherche Nagra 4-IVS .
Tél. : 01 43 02 36 60 (Michel)

Vds platine magnétophone Truvox 3 moteurs dont 1 past 3 bobine ø 18 cm, 3 vitesses + casque 2x3 voies, neuf : 29 € port compris + magnétophone Uher Variocord 63B, 4 pistes, micro sans fil, réception sur 90.15 MHz FM : 29 € port compris.
Tél. : 02 33 52 20 99

Vds condo 47 000 µF, 68 000 µF, 33 000 µF : 15 € + tuner tubes Esart : 150 € + tubes ECC81, 82, 83 : 4 €. Achète Audax T21PA12 + cellule + diamants Pierre Clément.
Tél. : 06 30 62 44 30

Vds ampli SE6B4G, ampli PP6V6 et PP KT88. Tubes neufs, EL84M, 6L6, 6C33, 6C45, 6C19, 5U4, ECC83. Enceintes colonnes 2 voies 8 Ω 1 000x210x320. Tél. : 01 46 75 92 47

Vds Thorens 160B MKII : 85 €, avec bras Ultracraft : 160 € + TD125 + T30 : 100 € + TD Lenco 3033 bras S : 85 € + TD Denon DP 3000, marbre : 200 € + CD Jadis JD 2 : 2100 € + 2 HP/WFR24 : 77 € + 2 CP21, tweeter : 160 €.
Tél. : 06 19 05 89 24 (Lille)

Vds bloc mono Leak TL25 : 900 € + tuner HDG Nakamichi ST7E : 990 € + tube KT88 gold Lyon, 6336A, 6528, 5881, filtre secteur Ariane, préampli stéréo Leak. Tél. : 05 58 41 90 21

Vds préampli Preyal Valadier, tubes 5687JAN, transfos, self Magnetic, composants de qualité ou échange JBL 2405J, voir Teal P700.
Tél. : 05 49 17 17 91 (Week-End)

Vds intégré Sugden A28 + P28 : 400 € + enceintes Goodmans superbe état : 500 € à débattre + condos au papier huilé jusqu'à 8 µF + vds tuner Tanberg 3011 : 600 €.
Tél. : 01 44 84 06 11

Vds ou échange condensateurs papier huilé 0,01 à 0,8 µF, intégré à tubes Audio Innovation série 500, val : 2000 € vendu : 1000 €.
Tél. : 03 80 38 26 19

Recherche schémas, document poste TSF Telefunken mod Opus, Concerto, et autres TSF, schémas ampli Hitone H150, lexique tubes anciens Philips, RTC. Tél. : 01 42 04 50 75

Vds 200 tubes prof miniatures, Noval, 12AT7WA, 12AX7S, 5687, etc : 2,50 € + 6L6GG : 7 € + support Jumbo nf, pour 845, VT4G : 14 €.
Tél. : 05 49 21 56 93

Recherche Led n°171, faire offre.
Tél. : 06 92 65 40 20

Vds système Braun LV 1020, préampli-tuner + 4 enceintes 3 voies, amplifiées, à réviser, 1 boomer refait : 150 € + notice. Tél. : 01 45 07 25 98

Dispose de oscillo 2x15 et 2x120 MHz, pont Metrix IX307A, transfos 2x16 V/10 amp, géné et wattmètre BF, analyseur transistors Philips. Tél. : 02 48 64 68 48

Cherche photocopie schéma CD 723 Philips. Tél. : 01 46 32 31 67

Vds lampemètre Metrix 310CTR avec docs + port : 450 € + Thorens PR24, 2x18 W à tubes condos, neufs, parfait état et 4 tubes 6973 en plus :

Petites annonces gratuites

450 €. Cherche tous supports adaptateurs pour analyseur LX109-U61 Mettrix. Cherche 6CA7 ECG Philips USA + 12BH7 RCA.
Tel/Fax : 02 98 57 12 76

Vds tubes neufs en emb d'ogirine : 4x KT88 Marconi, 3x NF2 TFK, 1xEL503 Philips, 12x6SH7 JAN RCA, Dat Aiwa de salon XD001 : 230 €. Vds divers HP Alnico Audax, Princeps, Philips, Cabasse, enceintes AR90, AR5, AR2QX. Vds lecteur laserdisc Pioneer 2950 + 110 laserdiscs, emb, notice d'origine (lot indissociable) : 1150 €, état excellent. Tél. : 03 82 54 42 41

Vds préampli Quad : 450 € + tube à mémoire T912, neuf : 200 € + micro Neumann U87 : 900 € + Nagra 4L + alim synchro. Tél. : 06 10 14 16 16

Vds 2 HP Triangle T130, 16 Ω, large bande de 600 à 12 000 Hz + 2 selfs à prise : 150 € + 6 x 7591 General Electric : 180 €.
Tél. : 01 47 00 33 61

Vds 2 HP Supravox T215RTF 64 de la belle époque, très bon état : 122 €. Vds Leak préampli stéréo : 155 € + transfo d'alim ACEA pour Led 166/170 : 70 € + tube 6V6 USA : 10 € pièce. Tél. : 04 50 36 40 15 après 19 h

Vds 6L6GT, 6V6GT, 2E22, P17C, 6SJ7WE, condensateurs Aerovox 3700 µF/ 350 V, Felsic C039, 680 µF / 350 V, 2200 µF/ 160 V pour alim OTL tubes. Tél. : 04 75 98 81 74
Vds préampli ECL86, Mu-Follower (Led 148) AV carte phono : 350 € + IMT Thorens AZ25 (PP6973) : 200 € + lot de tubes radio en partie neufs : 45 € (30 pièces).
Tél. : 04 50 32 15 95

Vds filtre actif 2 voies Cabasse : 450 € + filtre secteur Schaffner : 15 € + tubes ECC81, EF86, 6SN7GT, EZ80, 12BY7, etc.
Tél. : 02 48 67 82 45 (HB) ou 02 48 21 09 58 (le soir)

Recherche schémas décodeurs quadriphoniques.
Tél. : 05 59 30 21 01

Vds 2 boomers Focal 8W5411, 20 cm : 190 € les 2.
Tél. : 01 34 83 37 56
ou 06 15 52 32 12

Vds Revox B226, B710 MK2, A77, B77, bandes 26 cm, oscillo Tektronix 465, 2x100 MHz, le tout en parfait état. Tél. : 04 68 92 68 70

Vds pavillon 811 + moteur Altec 808 : 590 € (2) + TW JBL 2402 : 300 € (2).
Tél. : 03 80 48 05 88

Vds oscillo analogique portable (7 kg), 4x100 MHz, double BT, voltmètre intégré, matériel pro, Schlumberger 5224, notice, bon état et fonctionnement garantis : 450 €, envoi possible en C.R.
Caractéristiques et photos sur page perso : http://gerardcjat.free.fr
Tél. : 06 76 99 36 31

Vds HP Altec Biflex 412C + EMT WOW-Fluter, rare + Supravox + filtre actif, caisson grave + divers HP large bande et tweeters.
Tél. : 01 43 27 56 31 (Soir)

Vds tubes audio neufs Label US Army : 6J5G, 6SL7GT, 112SL7GT, 6F6G/GT, 6V6G/GT, ML6 appairées. Recherche transfos AH26B, FH26B, XH261B, un de chaque.
Tél./Fax : 01 34 66 34 93
Répondeur

Vds intégré à tubes, achat récent, Synthésis Nimis, prix : 690 € + 2 HP Focal Audiom 12KX, prix : 500 €.
Tél. : 01 39 79 98 75 (après 19 h)

Vds ampli intégré Cairn 4807, 2x60 W, Mos-Fet : 250 €, noir audiophile, étages lignes en classe A, balance, tbe, sortie préampli.
Tél. : 01 47 82 16 79
ou 06 07 38 64 22

Vds enceintes haut rendement (pavillons repliés pierre + noyer) équipées en HP ACR-Fostex (LB FP253 + FT90H), réalisation ébéniste : 1200 €.
Tél. : 05 46 74 27 65 (HR)

Vds lampemètre, ampli de mesure BK 2607, oscillo Tektro 7603, tiroirs 7A13, 7A22, 7A24, 7A26, 7A18, 7B53A, filtre BK, Wandel SPM15.
Tél. : 04 94 91 22 13 (soir)

Vds paire 300B chine : 100 € + VT25.10, 10Y, NOS : 45 € pièce.
Tél. : 03 85 50 41 18

Vds revues Led, Elex, Elektor : 3 € pièce + oscillo Schlumberger 5222, 2x50 MHz : 225 €. Achète Led N°115 et CI d'ampli classe A des Led 114-115. Tél. : 02 98 86 12 61

Recherche schémas téléviseurs récents moins de 10 ans Philips, Thomson, Grundig et autres.
Tél. : 06 76 37 98 93

Vds vinyl : B&O tangentiel, micro Seiki, D.D. Tannoy, GRF Autograph, except intégrés : Fisher Dumortier tubes. Achète EMT, Scott, Ampex, RCA. Tél. : 00 32 65 75 96 94
ou 00 32 498 137 324

Vds blocs de puissance V69A Telefunken (1956) classe A : 610 € + Filson 2x100 W, 8 EL34 : 800 € + OTL, 2x40 W, 110 V : 380 € + bloc Live Sound, 2x28 W, classe A : 700 €.
Tél. : 05 61 63 47 76

Vds prototypes pré-ampli audiophile Led 175, câblés, réglés.
Tél. : 03 20 48 77 88

Recherche filtre actif 2 voies associant Quad ESL63 et Kef B300 ou conseils pour le réaliser.
Tél. : 01 34 93 08 47

Vds ampli Marantz PM8000, neuf (janvier 2003) : 500 €.
Tél. : 03 82 25 14 70

Vds et cède gratuitement matériels de mesure. Tél. : 06 72 53 29 97

Vds condensateurs, neufs, marque Siemens, Novéa etc, de 47 à 47 000 µF de 16 à 400 V : 1 à 2 € pièce. Recherche même en panne HP3580A. Tél. : 04 94 91 22 13 (soir)

Votre annonce gratuite

LA GRILLE CI-DESSOUS EST À REMPLIR LISIBLEMENT EN CARACTÈRES D'IMPRIMERIE

NOM

ADRESSE

TEL

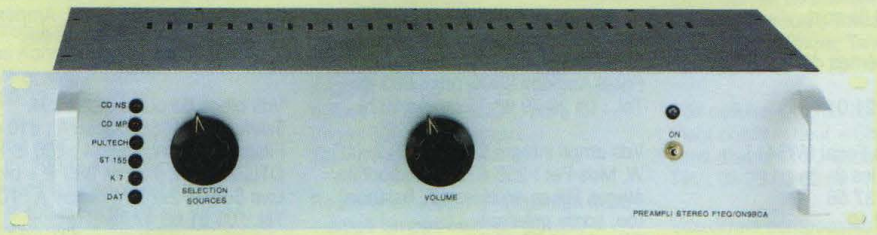
TEXTE DE L'ANNONCE

Mars / Avril 2003

A retourner à Editions Périodes 5 bd Ney 75018 Paris

2ÈME PARTIE

RÉALISATION PRATIQUE DU PRÉAMPLIFICATEUR AUDIOPHILE



Vu l'impact obtenu avec la publication de la première partie de ce «Préamplificateur Audiophile», vous êtes assurément très nombreux à attendre la deuxième partie de cette étude pour terminer le câblage de votre appareil.
Nous allons donc poursuivre notre descriptif et entreprendre la réalisation du module «Sélecteur de source» à 6 entrées.

Ce sélecteur de 6 sources de haut niveau utilise un commutateur rotatif à 6 positions. Son principe de fonctionnement a été décrit en figure 9 dans notre précédent numéro. Il sert d'une part, à commuter les relais en face arrière, d'autre part à visualiser en face avant la source sélectionnée. C'est cette seconde fonction qui nous intéresse ici.

La **figure 18** propose le circuit imprimé de ce module de commande, tandis que le plan de câblage de la **figure 19** permet d'insérer les composants dans le bon sens, pour le régulateur 7812 comme pour les diodes leds. La cathode de ces composants (-) est pratiquement toujours reconnaissable au méplat pratiqué dans la collerette en plastique.

AU SUJET DU TRANSFORMATEUR

Nous avons utilisé le transformateur référence «5654» que la Société ACEA a fabriqué selon le cahier des charges que nous lui avons fourni.

Il s'agit d'un transfo double C avec blindage mu-métal. Ce transfo a été étudié pour éviter tous rayonnements. Ce point est très important pour le rapport signal sur bruit du préamplificateur. Il est possible d'utiliser un autre produit, pouvant être moins cher, mais attention aux rayonnements et aux bruits.

Dans la première partie de cet article (Led 175) nous avons écrit que ce transformateur devait comporter deux enroulements 12,6 V, le redressement se faisant par deux ponts, PR1 et PR2 permettant d'alimenter en continu 12,6 V d'une part T1 et T4 et d'autre part T2 et T3.

Toutefois, afin de ne pas changer le transformateur d'alimentation lors de l'adaptation de cette description à la version professionnelle optimisée, nous avons pris le parti d'utiliser des enroulements 6,3 V. En effet, cette version utilisera des doubles triodes chauffées en 6,3 V continu.

Ce transformateur comporte donc trois enroulements 6,3 V - 1,5 A.

Cette première version nécessite une fois 6,3V alternatif pour les filaments de la carte alimentation, et **deux fois 12,6 V** continu pour les tubes T1, T2, T3, T4. Par conséquent, nous utiliserons en lieu et place de PR1 et PR2 deux petits circuits annexes doublant la tension. Ces circuits sont des «doubleur Latour». Dans la version professionnelle, ces circuits seront retirés et remplacés par les ponts PR1 et PR2.

Figure 18

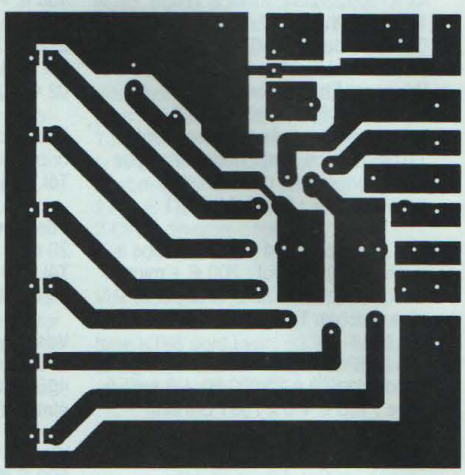
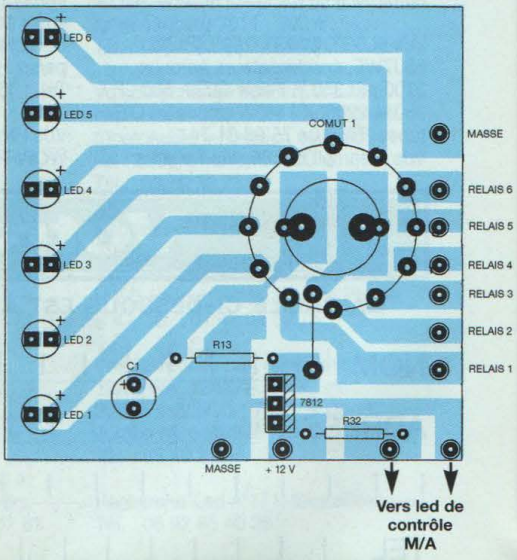


Figure 19

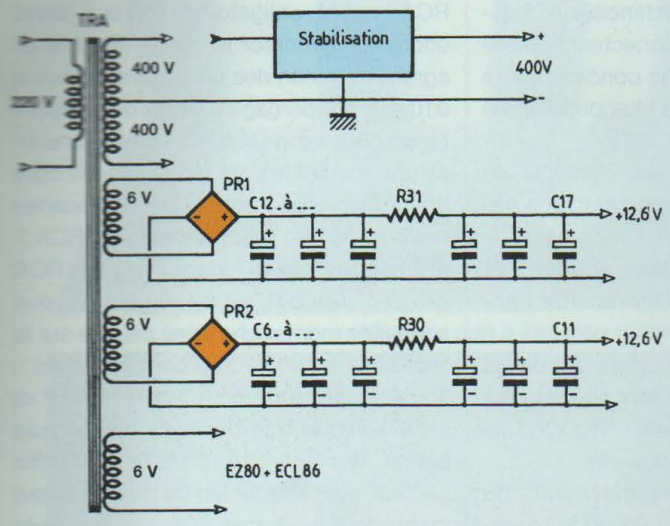


NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

• MODULE COMMANDE CONNECTIQUE

COMUT1 : commutateur rotatif 2 circuits 6 positions
LED 1 à 6 : rouge ø5 mm
R13, R32 : 510 Ω
CI 7812 : régulateur 12 V
C1 : 100 µF / 16 V

Figure 20



NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

MODULE ALIMENTATION

• Résistances
R14, R16 : 100 Ω
R15 : 150 kΩ
R17 : 47 kΩ / 2 W
R18 : 150 kΩ
R19 : 15 kΩ
R30, R31 : 0,33 Ω / 2 W
PV1 : 100 kΩ ajustable

• Condensateurs
C6 à C17 : 1 000 µF / 25 V chimique
C18 : 1 µF / 400 V
C19 : 1 000 µF / 450 V chimique
C20 : 10 µF / 450 V axial

• Tubes
T1 : EZ81
T2 : ECL86
T3 : OA2 / OB2

• Divers
2 supports NOVAL 9b
1 support miniature 7b
7 borniers à vis 2 plots TBLOCK 1 à 3
1 bornier à vis 3 plots TBLOCL 4
PR1, PR2 : ponts de diodes 6 A / 400 V

Figure 21

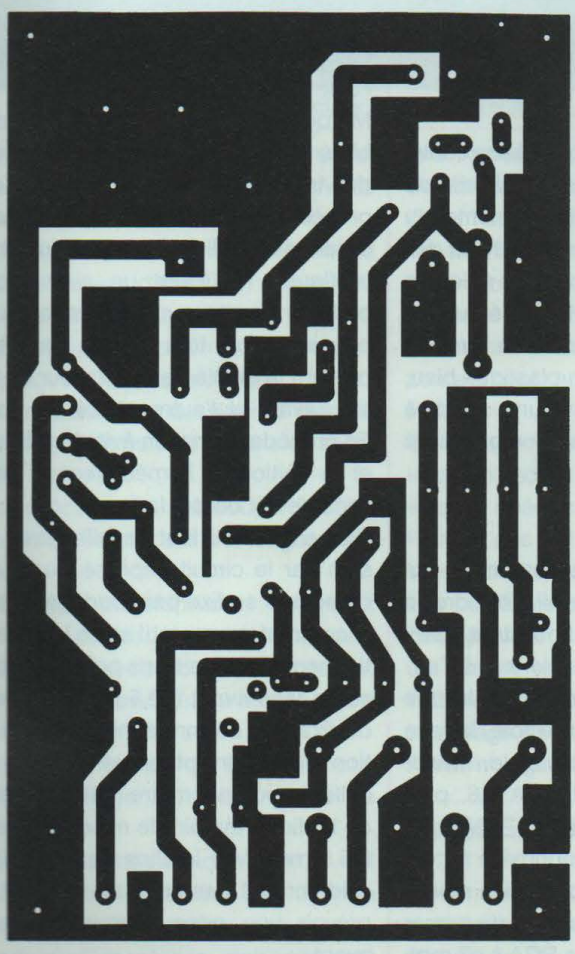


Figure 24

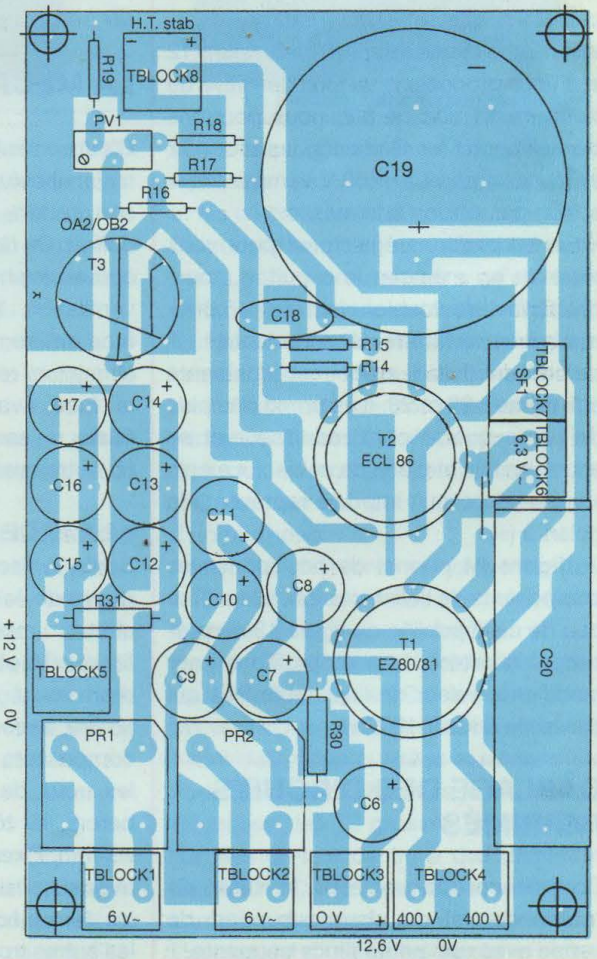
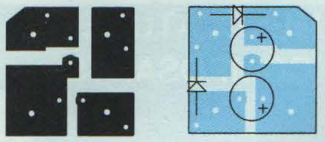
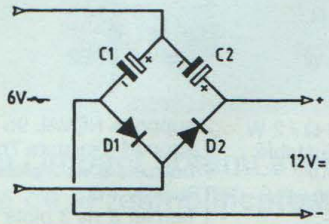


Figure 22 Figure 23



D : BYV28-200 - C : 100 µF / 16 V



La **figure 20** indique les modifications apportées au circuit de chauffage des filaments.

Par rapport à la figure 8A du Led n°175, nous remarquons également que le (-) des ponts PR1 et PR2 n'est plus référencé à la masse. Ceci nous a amené à intervenir sur le circuit imprimé de la figure 12 et à vous proposer la version définitive de la **figure 21**. De ce fait, nous pourrons bien alimenter les filaments des tubes T2 et T3 par rapport à +200 V comme prévu et non par rapport à la masse.

Nous en profitons également pour vous remettre en mémoire le circuit «Latour» qui permet de doubler une tension continue avec une facilité déconcertante !

Le petit module «Latour» est représenté aux **figures 22** et **23**. Il ne prend pas plus de place que le pont redresseur et se soude en lieu et place de celui-ci. Le coin «cassé» du circuit imprimé représente la polarité (+).

La **figure 24** permet de positionner les composants de l'alimentation, elle diffère peu de celle publiée en figure 13 du précédent numéro. Nous en profitons pour modifier la valeur de l'ajustable PV1 qui passe de 5 kΩ à 100 kΩ.

CÂBLAGE DES CIRCUITS IMPRIMÉS

Commencer par enlever le tube de masse central de chaque support de lampe avec une petite pince coupante.

Pour chaque circuit imprimé, câbler les éléments dans l'ordre suivant :

Les straps, puis les résistances, les supports de lampes, les connecteurs entrée sortie, les ajustables, les condensateurs en commençant par les plus petits et en dernier les LM317T.

Autrement dit, soudez les éléments du plus petit vers le plus gros, du moins fragile vers le plus sensible.

Sur le circuit alimentation, souder PV1 (100 kΩ) coté pistes pour faciliter l'accès au réglage.

Sur les circuits qui comportent des picots de connections, ceux-ci sont soudés côté pistes, contrairement aux TBLOCK qui sont eux fixés coté composants.

Attention à l'approvisionnement du potentiomètre double ALPS 50 kΩ logarithmique, il semble que tous les fournisseurs aient été approvisionnés en «linéaire» (réf A) au lieu de logarithmique.

LA MÉCANIQUE

C'est certes la partie la plus désagréable, mais absolument nécessaire. Sortir de son carton, les différents éléments du coffret. On doit trouver les deux tôles des couvercles haut et bas, avec les ouies de ventilation, les deux cotés latéraux, la face arrière noire, le châssis de fond en aluminium recouvert d'un plastique bleu, la face avant en aluminium anodisé épais, un sac avec les deux poignées, et un autre avec la visserie.

• LA FACE ARRIÈRE

Sortir la face arrière qui est celle qui demande le plus de travail. Prendre le circuit imprimé correspondant aux figures 16 et 17 et le positionner à l'endroit voulu, contre l'intérieur de la tôle arrière, avec les pistes côté tôle, la face composants étant donc visible. Tracer les trous de RCA D1 et RCA G6, puis percer la tôle aux endroits tracés à ø3 mm. Fixer le circuit imprimé à la tôle avec deux vis de 3 mm pour bien rendre les deux pièces solidaires. Ensuite percer les autres trous des fiches RCA à ø3 mm.

En opérant ainsi, c'est le circuit imprimé qui sert de gabarit de perçage, et les RCA seront obligatoirement aux bons endroits. Démonter le circuit imprimé et agrandir chacun des douze avant-trous à ø10 mm par perçage. Opérer de la même façon pour les quatre RCA des «Sorties» en choisissant le coté gauche, ou le coté droit du circuit imprimé selon l'écartement souhaité ; (l'écartement des RCA 1 et 2 est de 30 mm, l'écartement des RCA 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, est de 25 mm). Si vous souhaitez monter une prise casque sur la face arrière, faire le trou correspondant.

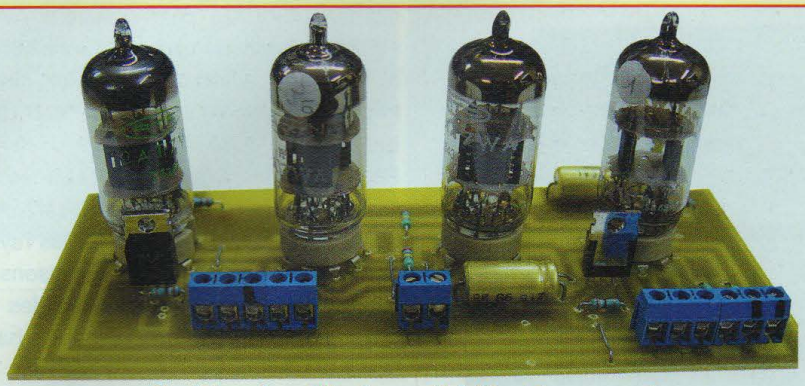
Tracer la découpe de la prise secteur et s'il y a lieu le trou du porte-fusible puis percer. Monter les 16 fiches RCA, la prise secteur, puis souder les fils de masse qui raccordent les fiches RCA (isolées de la masse) entre elles.

• LA FACE AVANT

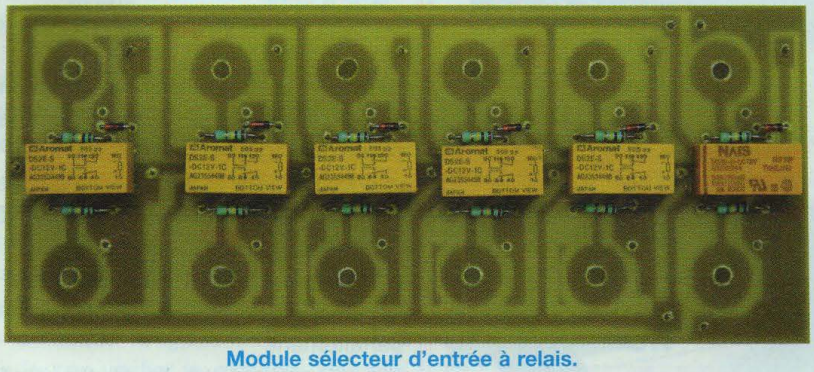
Laisser la protection plastique bleue sur l'alu.

Marquer par une croix sur le plastique bleu, avec un stylo à bille, l'emplacement des trous sur l'avant de la face. Comme précédemment une bonne précision est obtenue en utilisant le circuit imprimé de la figure 18. Faire un avant-trou de ø1,5 mm juste sur chaque croix, puis percer chaque trou au bon diamètre, en perçant la moitié de l'épaisseur de la tôle sur l'avant et l'autre moitié sur l'arrière. En procédant ainsi on évite les «bavures» et la finition et immédiatement parfaite sans devoir utiliser la lime.

Bien entendu, il faut travailler avec précision car le circuit imprimé du sélecteur de source se fixe par soudage direct sur le commutateur rotatif et les LED se positionnent dans les trous prévus à cet effet sur la face avant (ø6,5 mm avec le clips de fixation, ø5 mm sans clips). La position de l'interrupteur général (ø5 mm), celle du potentiomètre (ø10 mm) et celle de la diode témoin de mise sous tension (ø6,5 mm avec le clips de fixation) n'est évidemment pas critique. On peut aussi prévoir une prise casque sur la face avant.



Module préamplificateur prêt à être interconnecté.



Module sélecteur d'entrée à relais.

Le module alimentation stabilisée.

Ranger soigneusement les faces avant et arrière sans monter les circuits imprimés pour le moment.

Dans la plaque de fond en aluminium, au niveau des ouies d'aération, tracer une fenêtre de 23x327 mm.

Le repérage se fait aisément au vissant cette plaque à la face inférieure.

Au feutre, il suffit de dessiner le premier et le dernier ouie puis de joindre les sommets.

Le plus délicat reste la découpe de cette fenêtre, proprement, sur une longueur de 327 mm.

Positionner le transformateur coté droit du châssis, contre le pli avant, en laissant 35 mm à droite du transformateur, les cosses du transfo étant dirigées vers l'arrière.

Repérer les 4 pattes de fixation (trous oblongs), poinçonner puis percer à ø4 mm.

Procéder de la même façon avec la self de filtrage située à l'arrière vers la prise secteur (4 trous à ø3 mm).

Le module «Alimentation stabilisée» est fixé verticalement le long du flanc droit du coffret. Cette fixation est obtenue par l'intermédiaire de deux équerres en «L» en aluminium, vissées à la plaque de fond. Ces équerres mettent le module à la «masse châssis».

Le module préamplificateur est fixé horizontalement, au centre de la plaque de fond.

On utilise les plans de masse du circuit imprimé pour mettre le module à la «masse châssis».

Prévoir des entretoises métalliques filetées mâle/femelle de 10 mm de hauteur.

Les perçages effectués, fraiser les trous pour pouvoir y insérer les têtes des vis qui seront noyées dans l'épaisseur de l'aluminium. Ainsi, elles ne gêneront pas le vissage de la plaque inférieure lors de l'assemblage du coffret.

L'ASSEMBLAGE

Visser le module préamplificateur, le transformateur d'alimentation, la self de filtrage de 5H et le module de stabilisation à la plaque de fond en aluminium.

Assembler provisoirement la face arrière et les côtés autour de la plaque.

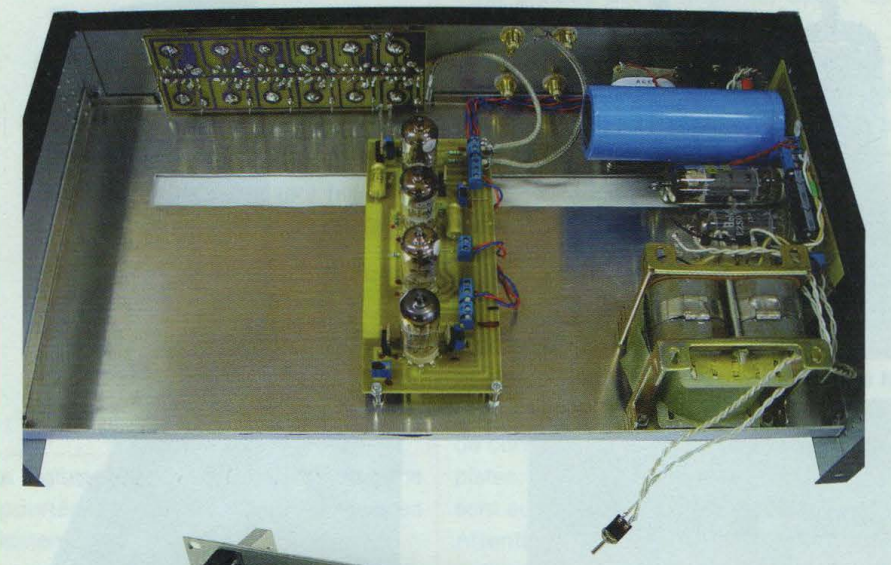
On constate qu'un petit problème se présente, comment intervenir sur l'ajustable RV1 de l'alimentation stabilisée ? Déjà il faut savoir où se trouve la vis de réglage, vers le haut, vers le bas, vers le côté droit. En fonction de son orientation, suivant le multitours utilisé, on percera l'endroit qui fait face à celle-ci d'un trou de ø10 mm pour pouvoir y introduire la lame d'un tournevis.

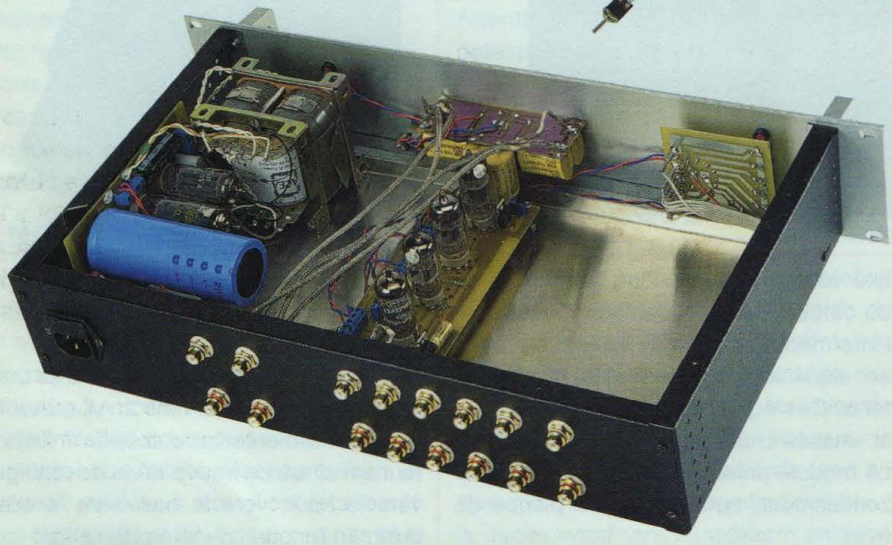
Assembler définitivement la face arrière, la face avant équipée de ses poignées et les côtés à la plaque de fond.

Insérer le module à relais dans les «queues» des prises Cinch (relais orientés vers la face arrière), faire dépasser de 1 mm des pistes cuivrées et souder.

Pour les circuits imprimés fournis par la Rédaction, les 12 grosses pastilles sont percées en leur centre à des diamètres de ø1,3 mm. Ces forages permettent d'y introduire des picots à souder ronds.

L'astuce est d'utiliser les picots en «inter-





NOMENCLATURE COMPLÉMENTAIRE

- Boîtier
1 coffret rack ARABEL 2U
1 fiche secteur
1 transfo d'alimentation
1 self de filtrage 5H / 30 mA
1 inverseur bipolaire miniature
1 LED bleue
1 fusible avec support

face» entre les prises Cinch et le module. Il suffit dans un premier temps de les souder aux prises Cinch, puis ensuite d'introduire dans les trous de ø1,3 mm les autres extrémités.

Pour un léger décentrage d'une prise lors de sa fixation au châssis (ce qui est souvent le cas), il suffit de tordre légèrement le picot avec une pince plate afin que celui-ci trouve l'entrée du forage.

Cette solution semble plus souple que de souder directement les queues des Cinch au circuit imprimé.

Après avoir fixé et soudé le circuit avec les relais à la face arrière, positionner le circuit de commande sur la face avant et boulonner le commutateur ce qui fait tenir l'ensemble. Même chose pour le circuit de réglage de niveau.

Nous conseillons de respecter le positionnement des circuits imprimés pour conserver le chemin le plus court pour le signal audio. De plus, l'espace laissé volontairement libre sur la gauche servira à implanter ultérieurement un circuit imprimé «Pré pré» avec correction RIAA de type LC.

Réaliser les interconnexions entre les différents circuits imprimés en utilisant du fil de câblage torsadé pour éviter les rayonnements pour ce qui est des liaisons en alternatif. Respecter les couleurs des fils, noire pour les masses, rouge pour la haute tension, blanche pour l'alternatif etc.

Le fil en nappe servira à la jonction entre le circuit de sélection de sources et le circuit de commutation.

La liaison BF entre le circuit de commutation de sources et le circuit du préamplificateur est faite en câble blindé, de même que celle entre la sortie du circuit «réglage de niveau» et les sorties RCA. N'hésitez pas a utiliser du câble de bonne qualité il en faut très peu. Du câble coaxial RG62A/U (75 Ω) convient parfaitement.

Les interconnexions ne sont pas nombreuses. Les sorties (SD) et (SG) du module «Sélecteur de source» sont reliées aux dominos TBLOCK9 et TBLOCK10 du module «préamplificateur» par du blindé. Les sorties (SD) et (SG) du préamplificateur sont reliées avec du câble ordinaire (sorties à basse impédance) au module «potentiomètre», plus exactement aux condensateurs C1 de 2,2 µF qui eux appliquent la modulation au potentiomètre ALPS, aux picots (E).

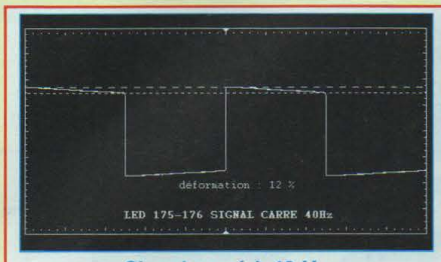
Les sorties (S1) et (S2) sont ensuite connectées aux prises Cinch à l'arrière de l'appareil. Utiliser du câble blindé.

Il ne reste plus qu'à appliquer les différentes sources d'alimentation prélevées sur le module alimentation «stabilisée».

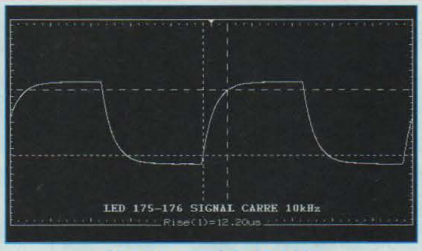
Ne pas oublier de connecter le domino TBLOCK7 à la self de filtrage.

PREMIERE MISE SOUS TENSION

Monter les quatre tubes ECC81, mais ne pas mettre les trois tubes de l'alimentation stabilisée.



Signal carré à 40 Hz



Signal carré à 10 kHz

Rapport signal/bruit : LIN : 77 dB
Pondéré : 103 dB
Pour un signal de 1 Veff en sortie

Tension de sortie : 27 Veff à l'écrêtage à 1 kHz
Saturation d'entrée : 1,7 Veff
Niveau de sortie : 19 Veff pour 2 % de D.H.T.
Gain de 24 dB (facteur multiplicateur 16)

Distorsion par harmoniques totale

Fréquences	15 V (- 1 dB)	2 V (- 3 dB)	1 V (- 6 dB)	500 mV
100 Hz	1,2 %	0,14 %	0,08 %	0,08 %
1 kHz	1,1 %	0,13 %	0,07 %	0,08 %
10 kHz	0,95 %	0,12 %	0,07 %	0,06 %

Mettre sous tension, la LED de contrôle doit s'allumer ainsi qu'une des 6 LED de contrôle d'entrée. Tourner le commutateur de sélection de la source, les LED doivent s'allumer en suivant, et à chaque rotation ont doit entendre le «clic» du relais de commutation.

Vérifier que les tubes s'allument et que les cathodes rougissent. Si cela n'est pas le cas vérifier le câblage des filaments. Si tout fonctionne, couper le courant. Laisser refroidir les tubes et les enlever du circuit imprimé.

Mettre les trois tubes du circuit de stabilisation de haute tension, laisser chauffer les tubes et régler la haute tension à vide à 400 V avec PV1 **à l'aide d'un tourne vis isolé**. Couper le courant et attendre quelques minutes.

Positionner les quatre tubes ECC81 dans les supports.

Remettre sous tension et laisser chauffer quelques minutes.

Si tout est correct, régler à nouveau la haute tension à 400 V et vérifier que la tension en sortie de préamplificateur sur la borne de sortie avant le condensateur de 2,2 µF est d'environ 180 V sur chaque voie. Si le schéma a bien été respecté il n'y a pas d'autre réglage et on va pouvoir passer à l'écoute.

Couper le secteur, fermer le coffret.

Brancher l'une des sorties du préampli à l'amplificateur, ou à défaut à un casque d'impédance 200 Ω minimum. A vous le plaisir de l'écoute grand son.

RÉGLAGE

Monté tel que décrit dans cet article, le seul réglage est celui de la haute tension à ajuster à 400 V. Le préampli doit fonctionner du premier coup.

OPTIMISATION

Pour ceux d'entre-vous qui disposez d'un générateur BF, d'un distorsiomètre, et d'un voltmètre électronique, il est possible d'optimiser les performances du préamplificateur en matière de taux de distorsion.

Procéder de la façon suivante :

Sur la carte préamplificateur (figures 10 et 11) remplacer les résistances R20, R23, R26 et R27 par des potentiomètres ajustables PV2, PV3, PV4, PV5 de 4,7 kΩ ; le circuit imprimé est prévu pour cela comme l'indique la **figure 25**.

Régler à l'ohmmètre la valeur de la résistance à environ 950 Ω. Relier les deux entrées à la masse.

Brancher un voltmètre électronique sur (SD) de TBLOCK14, et régler précisément la tension mesurée à 200 V (soit HT/2 avec HT = 400 V) en jouant sur PV2 (qui remplace R23).

Faire la même chose sur (SG) de TBLOCK13 en jouant sur PV3 (qui remplace R20).

Brancher un générateur sinusoïdal BF (fréquence 1 000 Hz, tension de sortie du générateur 0,3 V) sur les deux entrées.

- Si vous possédez un distorsiomètre

Relier le distorsiomètre sur la sortie droite (SD) en intercalant un condensateur de 2 ou 3 µF. Faire baisser le taux de distorsion au minimum en jouant sur PV2 (le fignolage du réglage doit être infime). Faire la même opération sur la sortie gauche (SG) en jouant sur PV3.

- Sans distorsiomètre

Brancher la sonde d'un oscilloscope à la place du distorsiomètre. Monter le niveau d'entrée jusqu'à l'apparition d'une asymétrie du signal de sortie. Rendre le signal symétrique à l'aide de PV4 pour (SG) et de PV5 pour (SD), sans retoucher PV3 et PV2.

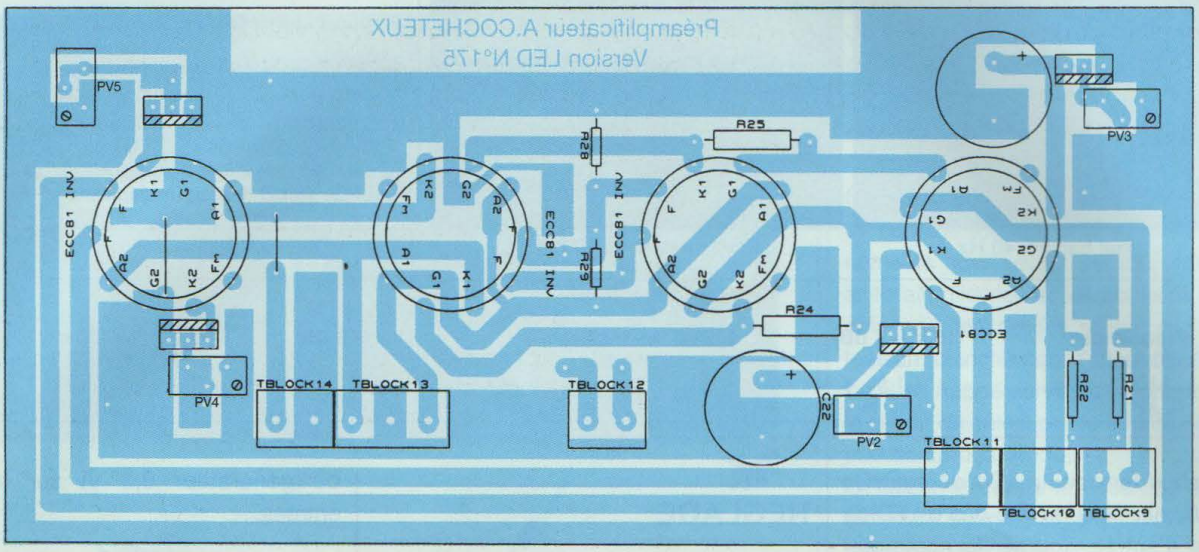
LES MESURES

Les mesures ont été faites avec les ajustables réglés à 950 Ω.

L'optimisation avec les réglages de PV4 et PV5 n'influence en aucun cas la forme des signaux. Elle permet uniquement de symétriser le signal sinusoïdal à l'écrêtage et donc d'obtenir un niveau de saturation en entrée beaucoup plus important.

Nous avons mesuré un signal sinusoïdal à 1 kHz de 4,2 Veff au lieu du 1,7 Veff annoncé.

Figure 25



Dans notre prochain numéro de Led, nous vous présenterons un étage préamplificateur RIAA pour la lecture des disques vinyls.

Remerciements :

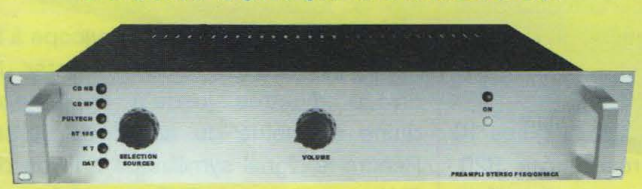
L'association ARTS sans qui cette réalisation n'aurait jamais vu le jour.

Rinaldo BASSI pour sa gentillesse, ses mesures et ses conseils avisés.

A suivre...

André Cocheteux

KIT PRÉAMPLI HAUT DE GAMME DÉCRIT PAR A. COCHETEUX



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

KIPREAMPC-1 . . . . . .390€00

Le coffret rack ARABEL 2U profondeur 250 mm + 2 boutons :

HAER4809-250-CO . . . . . .60€00

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
16, rue de la Croix d'Or	59500 DOUAI	Tél: 03.27.87.70.71	Fax: 03.27.88.55.64
39, av. de St. Amand	59300 VALENCIENNES	Tél: 03.27.30.97.71	Fax: 03.27.30.97.90

2 NOUVELLES PROMOTIONS MARS 2003

Téléchargeables sur notre site www.elecdif.com

❑ **Je désire recevoir gratuitement un exemplaire des promotions Mars 2003**

Nom : .....

Adresse : .....

Code postal : .....

Ville : .....

Coupon à retourner à
ELECTRONIQUE DIFFUSION Avenue de la Victoire 59117 WERVICQ-SUD

ARTS

L'Association Française des Arts et Techniques du Son

L'Association Française des Arts et Techniques du Son est née en 1996 sous l'impulsion de son Président Attila Balaton (l'historien de Western Electric), de Jean-Pierre Rami, Bernard Pujolle et Rinaldo Bassi. Elle réunit tous les passionnés audio, amateurs et professionnels, et les fait communiquer par l'intermédiaire de ses structures et de son organisation. Que vous offre-t-elle ?

Le Laboratoire
sur rendez-vous

Entièrement équipé pour les mesures, les réglages et les tests sur des réalisations personnelles ou des appareils d'exception, ainsi que pour les tests sur les tubes et leur appareillement.

La Bibliothèque
sur rendez-vous

Elle regroupe plus de 800 ouvrages techniques, dont 350 en anglais, de 1936 à nos jours, couvrant toute l'électronique, des tubes aux semi-conducteurs, ainsi que l'électro-acoustique et la prise de son.
En outre, vous trouverez les collections complètes de toute la Radio, la Revue du Son, TSF et TV, Radio Constructeur, Radio Plans, Sound Practices, etc...
Vous trouverez aussi toutes les caractéristiques des tubes, y compris les tubes d'émission et ceux de la Western Electric.
Notre schémathèque qui grandit de jour en jour, regroupe la majorité des appareils audio d'exception.

L'Auditorium

Entièrement équipé, il accueille les membres qui le désirent pour des tests et écoutes personnalisées de matériels anciens, d'exception, ou de réalisations personnelles.

L'Assistance Technique et le Conseil

Nous nous déplaçons si nécessaire, afin de vous aider à optimiser votre système.

Le Bulletin Trimestriel

Il est constitué de compilations des meilleurs articles parus dans la presse spécialisée de 1936 à nos jours sur un sujet donné.
Nous ouvrons nos colonnes à ceux de nos membres qui désirent publier leurs réalisations personnelles et originales.
Vous trouverez d'autre part un courrier des lecteurs, des informations, de bonnes adresses pour le dépannage, les pièces détachées, les matériels de laboratoire, des schémas extraits de notre schémathèque.

Les Manifestations exceptionnelles
avec participation aux frais

Les Réunions Trimestrielles

Elles ont des thèmes précis et sont animées par nos membres d'honneur.

La Cotisation

Elle est fixée à 75 € par an pour les membres actifs. Cependant nous souhaitons faire bénéficier les abonnés de LED d'une réduction de 25 % du prix de la cotisation, soit 55 € au lieu de 75 €.

Rejoignez-nous nombreux pour mettre en commun nos connaissances et notre passion.

Bulletin d'adhésion à ARTS

Nom _____ Prénom _____ Profession _____
Adresse _____
Code postal _____ Ville _____ Téléphone _____

❒ Je suis abonné à LED. Mon numéro d'abonnement est : _____
Ci-joint chèque de 55 € libellé à l'ordre de : Association ARTS

❒ Je ne suis pas abonné à LED
Ci-joint chèque de 75 € libellé à l'ordre de : Association ARTS

Je suis particulièrement intéressé par :

△ Bulletin △ Laboratoire △ Bibliothèque △ Auditorium
△ Conférences △ Manifestations exceptionnelles △ Assistance technique et Conseils

✍ **Vos suggestions :** _____

Association Française des Arts et Techniques du Son (Association Loi 1901 déclarée à la Préfecture de Police de Paris le 17 mai 1994)
Siège Social : 9 bis rue Truffaut - 75017 Paris

Les bulletins d'adhésion, les règlements et les courriers sont à adresser à
✉ ARTS - 48 Rue de Paris - 93230 Romainville ✆ 01 48 45 28 93

PLASMATHÉRAPIE

hifi vidéo Home Cinéma

REPORTAGE
DVD-RAM : Panasonic contre-attaque

AUDIOMOBILE
Pioneer D4Q, un tuner irréprochable

ECRANS PLATS
TOUS LES PLASMAS

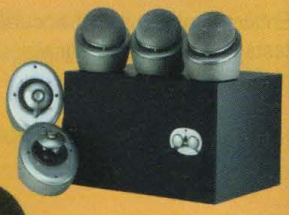
46 ENSEMBLES PRÉSENTÉS
4 ESSAIS COMPLETS

Bancs d'essai

Philips DVD 963SA lecteur SACD/DVD universel et DCDi

Ampli-tuner Pioneer VSX-D2011

Pack 5.1 Mirage

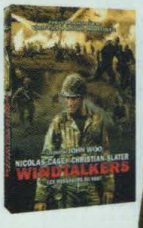


3€ seulement

DOM : 3,80 € - BEL/LUX : 4,35 € - ESP : 3,60 € - GRD : 4,40 € - PORT-CONT : 5,15 € - CAN : 6,50 $ - CH : 7,90 FS

Le cahier DVD MAG

WINDTALKERS
Les messagers du vent



MENSUEL - N° 307 - MARS 2003
M 01637 - 307 - F: 3,00 €

Le cahier DVD MAG
Toutes les sorties DVD du mois

hifi vidéo Home Cinéma

Le guide de vos passions

AMPLIFICATEUR STÉRÉOPHONIQUE
DOUBLE PUSH-PULL DE 6AS7-G OU 6080

Je connaissais de longue date les amplificateurs OTL utilisant les triodes 6AS7-G ou 6080 (ou 6336). Cependant, le choix de l'OTL n'étant jamais dépourvu de gros risques pour les enceintes, l'idée m'est venue d'étudier un appareil classique avec son transformateur de sortie. Seulement voilà, définir au départ les justes valeurs de certains composants n'était pas aisé. Patience et persévérence aidant, la satisfaction fut immense lorsque le prototype fut terminé qu'il fonctionna et qu'il me fit découvrir à l'écoute des choses bien intéressantes.

Détournée de son utilisation première, puisque employée à l'origine dans les ordinateurs dans la fonction de régulation de tension, cette double triode «sonne» à merveille.

Ainsi, je suis parti d'une idée : faire simple pour réduire le coût sans pour autant sacrifier la musicalité de l'appareil. Je conserve toujours à l'esprit le fait que les anciens savaient faire un amplificateur avec peu de choses. Cependant tout était exploité. Le hasard ne trouvait pas sa place, tandis que les astuces de la connaissance se rencontraient au détour de chaque composant... ou presque.

Il eut été bien sûr possible de concevoir différemment, soit en diminuant les tensions, en modifiant les étages d'entrée ou encore en modifiant les charges de plaques. Sans obtenir d'améliorations musicales vraiment significatives, le coût se trouvait cependant modifié dans le mauvais sens. Le schéma que je propose est un choix et on peut parfaitement faire autre chose avec ces tubes. Sur les deux schémas que j'ai retrouvés, l'un fonctionnait sous des tensions de 250 V environ et le second sous des tensions de 400 V. J'ai lu un article ancien indiquant que les triodes donnent de meilleurs résultats quand elles sont attaquées par des tensions élevées... J'ai suivi ce conseil.

LE CIRCUIT

Comme tubes d'entrée, j'ai utilisé un ECC83 et deux ECC82 pour les déphaseurs. Ce dernier modèle est par ailleurs à plus faible résistance interne. La liaison entre l'entrée et le déphaseur est directe, le condensateur disparaît pour des raisons de simplicité mais aussi de musicalité. Le gain sur le tube d'entrée est élevé et l'est également dans une moindre mesure sur le déphaseur. Ceci conduit à utiliser des tensions élevées.

Les résistances employées sont à couche carbone, elles sont d'un prix intéressant, et généralement d'une qualité qui dépasse très largement toutes les médisances qui les entourent.

Une **photo** sur laquelle apparaissent les condensateurs de liaison laisse également penser que le «top» n'est sans doute pas obtenu, et pourtant ces braves condensateurs au polyester ont une musicalité que l'on n'imagine pas, et pour cause, on les dit mauvais. Il vaut mieux essayer avant de médire et c'est ce que j'ai fait. Depuis longtemps d'ailleurs je les préfère à d'autres bien plus onéreux et normalement meilleurs, normalement seulement.

6AS7 OU 6080

Les tubes 6AS7G ou 6080 (le bulbe de ces derniers est différent, mais l'on trouve aussi différents bulbes pour les 6AS7G) étaient utilisés pour la régulation des tensions des ordinateurs. Ils n'ont donc, à l'origine, rien à voir avec l'audio.

Figure 1

Svetlana 6AS7

Dual Power Triode for High Performance Audio Applications

The Svetlana™ 6AS7 is a glass envelope, dual power triode with high transconductance and high plate current capacity. Each triode has a plate dissipation rating of 13 Watts with convection cooling. It is intended for low distortion audio frequency power amplification service in either single or push-pull/parallel tube applications. The Svetlana 6AS7 has an indirectly-heated unipotential cathode. The heater may be DC operated for the absolute best hum/noise performance.

The Svetlana 6AS7A was originally designed as a series pass tube in regulated power supplies. Low plate resistance makes it an excellent choice in OTL and other high performance audio circuits. Close manufacturing specification tolerances and improved processing provides enhanced reliability and superior sonic performance.

The Svetlana 6AS7 is manufactured in the Svetlana factory in Russia, and is designed to be a direct replacement for any 6AS7.

General Characteristics

Electrical				
Heater:	Min.	Nom.	Max.	
Voltage (AC or DC)	5.7	6.3	6.9	V
Current		2.5		A
Cathode:		Oxide-coated, unipotential		
Cathode-to-heater potential, max.			± 300	V
Direct interelectrode capacitances, max.***				
Grid to cathode			8	pF
Plate to cathode			3	pF
Grid no.1 to plate			11	pF
Mechanical				
Operating Position**				Any
Base		JEDEC 8BD, octal 8-pin		
Maximum dimensions:				
Height			140 mm (5.51 in.)	
Diameter			52 mm (2.05 in.)	
Cooling				Convection
Approximate net weight				90g (3.2 oz.)

***When mounting horizontally, pins 1 & 8 must be in the same horizontal plane*

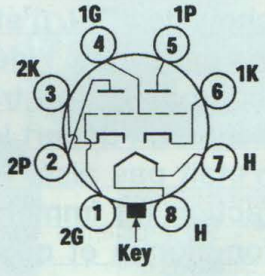
****Without external shielding, nominal values*

AF Power Amplifier

Maximum ratings (per triode)		
DC plate voltage	250	V
Transconductance (typical)	5500	µS
Grid no.1 (control) voltage	-150	V
DC cathode current	130	mA
Plate Resistance	280	Ω
Plate dissipation	13	W
Bulb temperature (surface hottest point)	250°	C

Svetlana 6AS7 Outline Drawing

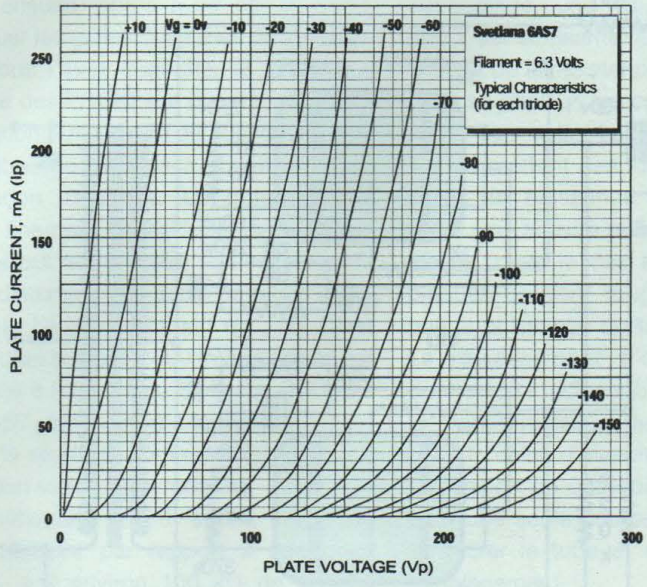
Bottom View
Octal Base Connections

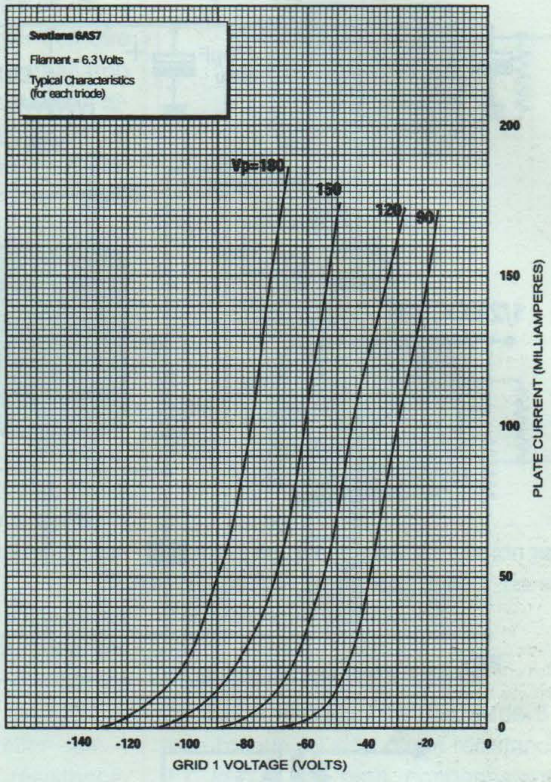


En **figure 1**, vous trouverez quelques caractéristiques concernant la 6AS7 Svetlana.

Toutefois, ces tubes étant des doubles triodes, il était intéressant d'essayer d'en extraire un peu de musique pour ... entendre. J'ai lu que ces tubes, bien drivés donnaient des timbres égaux, voire meilleurs que ceux des 300B. Sans entrer dans une quelconque polémique, il faut reconnaître que l'essai en valait la peine.

Mais ce sont des tubes d'informatique, très inégaux avons nous dit et avec des disparités plus importantes que de coutume qu'il faut corriger. Ainsi, la valeur maximale de la résistance de grille donnée par les fabricants est de 1 MΩ. Une série d'essais à permis de conclure qu'une résistance de 220 kΩ représentait la bonne valeur pour que les tubes trouvent une certaine sagesse. Le fabricant dit aussi que lorsque la différence de tension entre le filament et la cathode est supérieure à 100 V, il peut naître entre les deux un courant de 50 µA. C'est peu mais ça fait un tube à deux cathodes et la tension de cette dernière grimpe à nouveau. Partant de l'idée que ce courant n'est pas sûr de naître, mais que si





Typical Operation, Audio Power Amplifier, Class A, Two Triodes, Push Pull		
Plate voltage	*250*	*V*
Zero signal plate current	*80*	*mA*
Max signal plate current	*110*	*mA*
Cathode resistor (each triode)	*1250*	*Ohms*
Peak grid to grid AF signal	*250*	*Vp-p*
Effective Load resistance	*6000*	*Ohms*
Power output	*10*	*W*

tel était le cas, il faut s'attendre à voir le transformateur de sortie chauffer anormalement pour s'en rendre compte, restons prudents. A l'aide d'un diviseur de tension, le potentiel entre la tension de cathode et celle du filament est réduite et ramenée à quelques volts. Le diviseur est constitué d'une résistance de 270 kΩ et d'une autre de 100 kΩ.

Un condensateur de 470 µF / 200 V permet de réduire de façon significative les pics de tension présents sur les résistances de 22 Ω. Ces quelques précautions bien élémentaires en font des tubes finalement comme les autres.

L'ALIMENTATION HAUTE TENSION

Le transformateur d'alimentation dispose de 4 secondaires bien dimensionnés pour leurs charges respectives. L'alimentation haute tension est de conception simple, avec un pont de diodes suivi d'un condensateur de 100 µF (chimique) et un condensateur au polypropylène de 47 µF, une self, puis un condensateur de 1 000 µF / 450 V et un autre élément au papier huilé de 4 µF (un polypropylène de même valeur convient également). A moins de 1 000 µF, il n'y a guère de salut et la stabilité de l'amplificateur est à ce prix. Pour autant, il ne sert à rien d'aller au-delà de cette valeur.

Sur le schéma que j'avais découvert, il y avait également un condensateur de 1 000 µF au même endroit et il est très probable que le concepteur à l'époque avait du faire les mêmes constatations que moi.

Ce filtrage en π présente aussi l'intérêt de ne pas voir le transformateur débiter directement dans un condensateur de grande capacité.

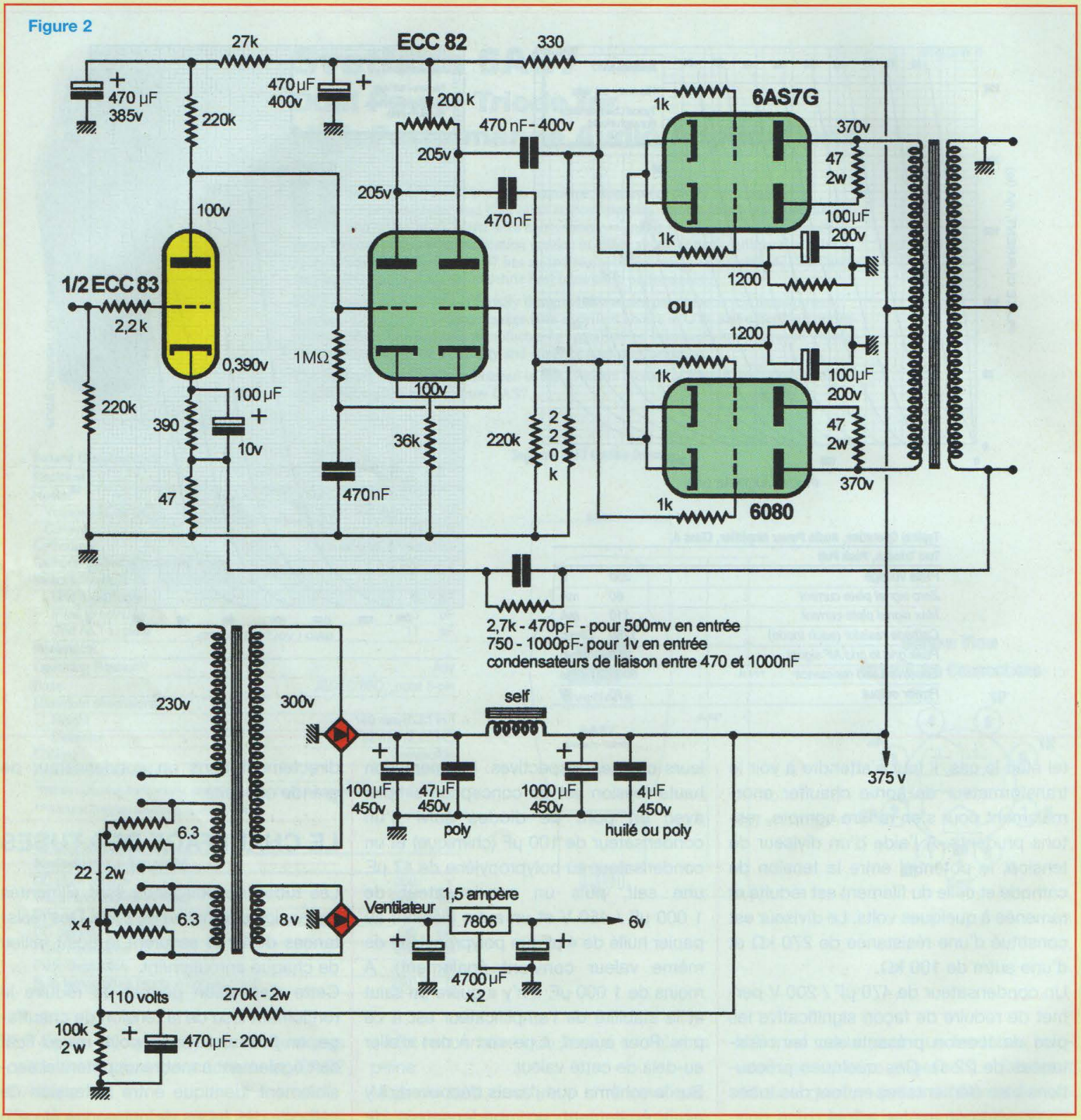
LE CHAUFFAGE DES TUBES

Les tubes de puissance sont alimentés en tension alternative de 6,3 V. Des résistances de 22 Ω assurent le point milieu de chaque enroulement.

Cette disposition permet de réduire le ronflement issu de la tension de chauffage, en l'occurrence ce point milieu fictif sert également à mettre un potentiel sensiblement identique entre la tension de cathode des tubes de puissance et celle du chauffage, tel que cela est décrit.

Les tubes ont une consommation totale de 10 A soit 2,5 A par 6AS7G. S'agissant des tubes d'entrée, une alimentation en continu a été prévue avec deux condensateurs de filtrage de 4 700 µF / 16 V et

Figure 2



un régulateur 7806 en boîtier T0220 qui doit «tenir» 1,5 A. Il supportera 0,9 A de chauffage en permanence et doit donc être pourvu d'un dissipateur.
Un ventilateur est branché en amont du régulateur.

DESCRIPTION DU SCHEMA

L'amplificateur d'entrée est conçu de façon simple avec trois tubes comme le montre la **figure 2**. Le signal audio arrive sur la grille d'un 1/2 ECC83, il est amplifié avant de traverser un déphaseur de type Schmidt monté avec un ECC82. Le signal est ensuite récupéré par les condensateurs de liaison de 470 nF qui laissent passer le signal alternatif et blo-

quent la tension continue de 205 V. Il peut ensuite, après avoir été stabilisé, attaquer les grilles des tubes de puissance. Vous l'avez constaté, la charge de plaque des ECC82 est constituée par un potentiomètre linéaire de 200 kΩ afin que les tubes de puissance soient attaqués de façon identique. Le potentiomètre règle finement l'amplitude des 2 sinusoïdes qui doivent être égales, au profit de la distorsion qui recule de façon significative. Le gain total est de 170. C'est dire qu'un signal de 500 mV en entrée est amplifié à hauteur de 85 V sur une grille de 6AS7, par rapport à la masse.

Pour le réglage, comment fait on ? La question vient d'elle-même.

L'amplificateur étant éteint, régler le potentiomètre par rapport à son point milieu, soit environ 100 kΩ de chaque côté. Plusieurs solutions sont ensuite possibles. Mettre l'amplificateur sous tension. Avec un générateur BF, injecter un signal sinusoïdal de fréquence 1 000 Hz en entrée. Avec une charge de 8 Ω en sortie, 3 à 4 V suffisent. Aux bornes de cette charge, contrôler au distorsiomètre le minimum de distorsion. Sur un voltmètre vous trouverez le passage au plus fort signal de sortie. Avec l'oscilloscope, ce sera la plus belle sinusoïde. Quant à l'oreille elle vous permettra d'entendre le passage au point de travail recherché par le fait que l'on entendra un son pur avec le bon réglage. L'équilibre des tensions en extrémités de potentiomètre donne aussi les résultats recherchés. Vous constaterez que l'écart entre extrémités et point milieu n'est pas très grand (92 kΩ et 108 kΩ environ) mais tout de même suffisant pour améliorer la distorsion et également la puissance de sortie. Ce n'est donc pas compliqué à régler.

• LES TUBES DE PUISSANCE

Les tubes 6AS7G ont une dissipation plaque de 13 W soit 26 W par tube. Les cathodes sont couplées entre elles. La résistance de polarisation est de 1,2 kΩ / 25 W. Ces résistances sont montées par paires sur un radiateur car elles chauffent. Un condensateur est monté en découplage, une valeur de 100 µF / 200 V est suffisante. Ce dernier doit être éloigné de la résistance pour ne pas trop subir sa chaleur, les condensateurs n'aiment pas cela. Les 4 résistances de 1,2 kΩ mettent des tubes «normaux» en limite de puissance. Avec des tubes ayant une activité anodique un peu trop élevée, mais le cas est rare, certaines plaques peuvent rougir, indiquant ainsi que la puissance du tube est dépassée. Le rougissement d'une plaque vous donne cette indication. En même temps, le transformateur de sortie est plus chaud, celui d'alimentation également. La tension de cathode approche 185 V pour une seule plaque. Il convient alors de retirer le tube et de demander son remplacement.

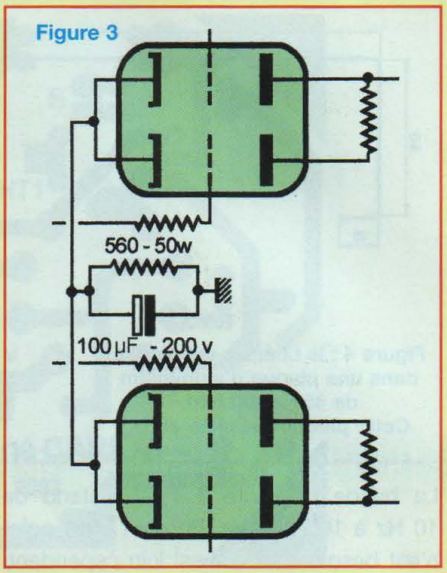
Je n'ai pas éprouvé le besoin d'ajouter un fusible dans le circuit de cathode qui absorbe à pleine charge un courant de l'ordre de 115 mA par tube.

Vous pouvez également relier les 4 cathodes sur une même résistance, comme l'indique la **figure 3**. Elle aura alors une valeur de 560 Ω et une puissance de 50 W. Une photo montre la taille des dissipateurs de chaleur qui par ailleurs sont ventilés. Mon système est monté avec des résistances de 560 Ω mais il n'y a là aucune obligation de me suivre.

• LE TRANSFORMATEUR DE SORTIE

Le transformateur de sortie a été réalisé sur cahier des charges. Il est indispensable de soigner sa fabrication pour avoir une bande passante intéressante avec ces tubes d'ordinateur. Les tôles sont à grains orientés M6X recuites. De plus il est à noter que les tubes 6AS7G ou 6080 ont un coefficient d'amplification compris entre 1,4 et 2,6. Pour ne rien vous cacher on est souvent plus près du chiffre inférieur.... Quand ce n'est pas en dessous, voire autour de 1. Vous comprenez l'intérêt des tensions d'alimentation élevées sur les tubes d'entrée destinées à obtenir un signal en alternatif fort.

Figure 3



Je rappelle que le gain en tension est de 170. Le rôle du transformateur de sortie s'en trouve un peu modifié.

• LA CONTRE REACTION

La contre réaction, de l'ordre de 5 dB, est obtenue à l'aide d'une résistance de 2,7 kΩ et un petit condensateur de 470 pF, pour une sensibilité d'entrée de 500 mV et pour une puissance de 18 W en sortie, soit 12 V aux bornes d'une charge pure de 8 Ω. Avec 750 Ω et 1 000 pF la sensibilité passe à 1 V sans que la stabilité de l'amplificateur s'en trouve modifiée. On pourrait sans doute aller au-delà pour ceux qui le souhaitent. La résistance ajustable utilisée peut parfaitement être remplacée par une résistance fixe. C'est simplement un moyen plus commode de régler en finesse la disparité des tubes et d'égaliser parfaitement les deux canaux partant du principe que l'on égalise en fonction du côté le moins performant. Cependant, en fin de circuit, l'écart est négligeable.

• LA PUISSANCE

Avec des valeurs arrondies de résistances mais très proches des valeurs absolues l'amplificateur fournit donc une tension de 12 V dans une charge de 8 Ω, soit 18 W. La sinusoïde, chose assez rare, se déforme à 8 % de distorsion.

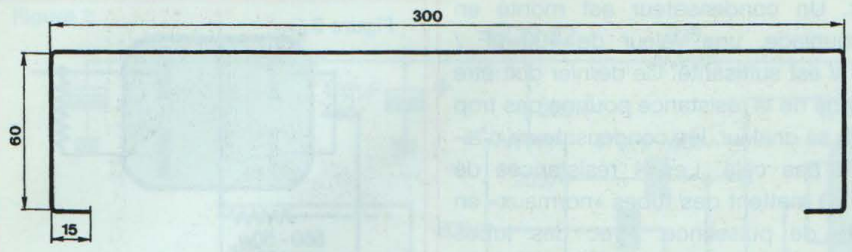


Figure 4 : le châssis est réalisé dans une plaque d'aluminium de 450 x 300 mm. Cette plaque est pliée en U.

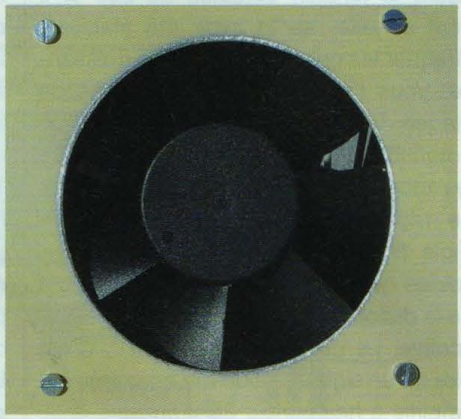


Figure 5 : le ventilateur est fixé dans la plaque de fond.

La bande passante à 1 W s'étend de 10 Hz à 100 000 Hz. Eh oui ! Mais point n'est besoin d'aller aussi loin cependant. Le signal carré est exemplaire et même si on constate une pente autour du 40 Hz elle n'altère pas auditivement la qualité du grave qui reste de très belle tenue. Les signaux sont obtenus avec une sensibilité d'entrée de 500 mV. Ils sont bien sûr meilleurs avec le réglage de contre réaction à 1 V. Toutefois, avec 500 mV en entrée, vous pouvez fabriquer un amplificateur intégré, en ajoutant un sélecteur d'entrées et un potentiomètre de 50 kΩ log, ce dernier en lieu et place des résistances d'entrée de 220 kΩ et 2,2 kΩ.

La puissance de sortie indiquée est une valeur moyenne et dépend des tubes de puissance.

Dans le plus mauvais des cas, l'ampli sortait 14 W avec des tubes à faible activité anodique et 18 W avec des tubes normaux.

La résistance de cathode de 36 kΩ sur l'ECC82 est facile à se procurer. Toutefois on peut effectuer la mise en parallèle de 2 résistances de 100 kΩ + 56 kΩ. Le circuit imprimé permet cette disposition.

• LES COMPOSANTS

Ou trouver les composants : Chez les annonceurs habituels de LED, Radiospares (résistance de 560 Ω / 50 W, potentiomètres).

On trouve également beaucoup de composants chez Radiosell à Brest (http://www.radiosell.fr). S'agissant maintenant des tubes vous trouverez des 6AS7G chez Fréquence Tubes à Paris, sur le site (http://www.kora.net) société Kora à Toulouse (tubes Sovtek), ceux que j'utilise. Des lampes 6080 conviennent parfaitement sans aucune modification, si vous en avez ou si vous en trouvez. Attention toutefois, certaines marques de 6080 ont des culots qui vieillissent mal.

L'embase du tube se désagrège, avec le risque ensuite de mal repositionner celui-ci et de détruire le transformateur de sortie. Ces tubes sont toujours largement répandus mais ils ne sont plus fabriqués semble t-il, au contraire des 6AS7G dont la fabrication par Sovtek et Svetlana a repris voici quelques années. N'utilisez pas des tubes 6336 qui font 2 x 30 W au lieu des 2 x 13 W pour ceux qui nous occupent et pour lesquels les différents circuits du transformateur d'alimentation ont été calculés. Vous trouverez en début d'article l'ordre de branchement des fils vu de dessous. Vous remarquerez qu'il est identique aux tubes 6SL7 et 6SN7.

LE CHASSIS

Le châssis est réalisé dans une plaque d'aluminium (AG5) : L = 40 cm, l = 30 cm hauteur intérieure = 6 cm. Cette hauteur est suffisante pour loger la petite self. L'AG5 est facile à travailler et se plie en U. La **figure 4** donne les indications pour le pliage de cette plaque. La photo des interconnexions donne le positionnement des transformateurs, des supports de tubes, de la self...

Un cadre en bois peut aussi être utilisé ou tout autre châssis à votre convenance. Les flancs sont en bois de hêtre vernis. Le perçage des emplacements des transformateurs se fait à la scie sauteuse, ou à la scie à main. Quant aux trous ronds, soit vous disposez d'une mèche dite multi-diamètres, soit de scies cloches. Ces dernières sont intéressantes et moins chères pour faire ce travail et on les trouve dans les diamètres courants. Les emporte-pièces conviennent également. Pour faire les découpes, utilisez toujours, soit de l'huile de coupe soit du «3 huiles en 1». Le travail s'en trouve grandement facilité. Pour le détourage des transformateurs, la longueur du cadre d'enroulement du cuivre avec un peu de marge suffit. Au contraire, pour la largeur il faut ajouter au moins 2 mm de chaque côté pour permettre le passage des fils de cuivre soudés aux cosses. Les prises diverses et variées seront celles de votre choix. J'ai ajouté un ventilateur 12 V sur la plaque de fond (**figure 5**). Il est branché aux bornes du premier condensateur de filtrage de l'alimentation des filaments des tubes d'entrée, soit sur une tension inférieure à celle de 12 V prévue. Le bruit s'en trouve réduit. Cela suffit pour refroidir l'ensemble. C'est un ventilateur courant en informatique que l'on n'entend pas mais

Figure 6

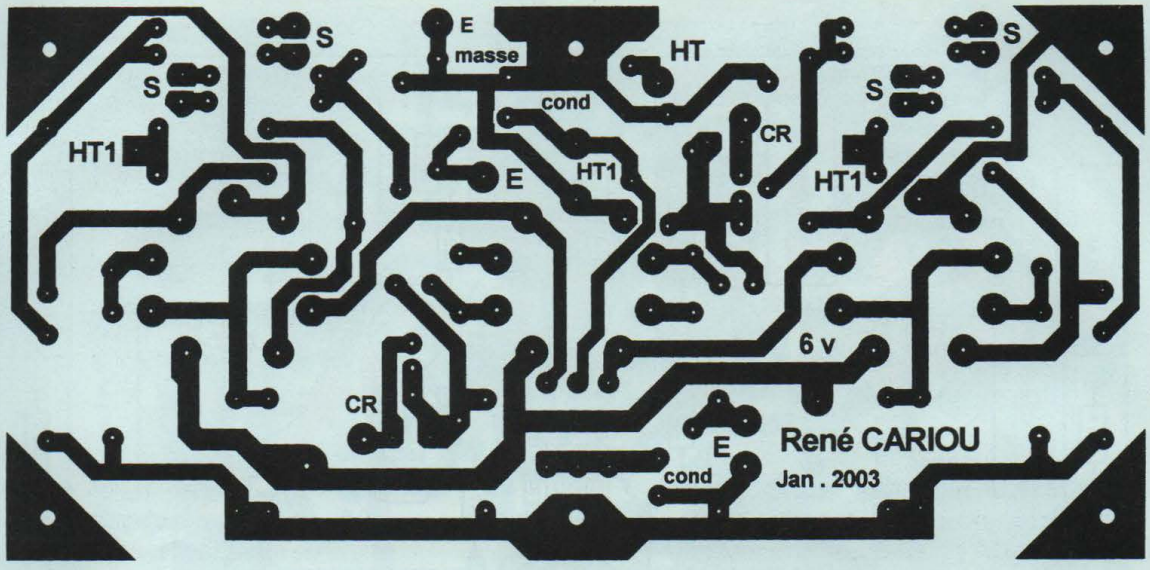
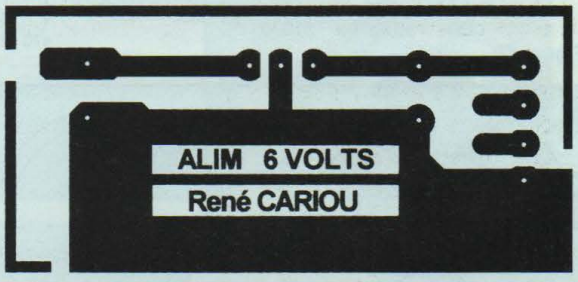


Figure 7

Figure 8



qui aère bien l'intérieur du châssis. (9,2 x 9,2 x 2,5 cm). Il est monté pour «aspirer vers l'extérieur», le passage de l'air se faisant par les ouies sous les transformateurs.

LE CIRCUIT IMPRIME PRINCIPAL

Toutes les pistes sont recouvertes d'une légère couche de soudure, c'est ainsi qu'étaient conçus les circuits sur les matériels demandant une haute résistance.

La **figure 6** donne le tracé des pistes cuivrées à l'échelle 1.

Pour les points de fixation, percer des trous de ø 4 mm. Mettre des entretoises de 10 mm de hauteur, positionner le module et le visser à la main. Ensuite, par le dessus insérer un support de tube Noval. Vérifier que tout tombe bien, sinon ajuster un peu les pattes des supports à la pince.

Faire une première soudure sur la patte du haut, repositionner le circuit imprimé, ajuster l'axe et l'horizontale par support, puis souder les deux pattes les plus éloignées. Normalement tout tombe «pil-poil». Faire la même chose pour les deux autres supports.

Ne pas oublier de relier entre-eux les trois points de la haute tension marqués HT1 et couler un peu de soudure sur les pistes masquées par les culots.

LES AUTRES CIRCUITS

Ils peuvent être fixés à des cornières en aluminium de 1 x 2 cm (vendues au mètre en quincaillerie). On les fixe ensuite à une tige sortante de transformateur. Ainsi, le négatif de l'alimentation est à la masse.

Les **figures 7 et 8** donnent les implantations des pistes cuivrées.

LES MODULES

Le câblage des modules est fait conformément aux **figures 9** pour le circuit principal, **10** pour la haute tension et **11** pour la basse tension de 6 V.

Contrairement à ce qui est fait habituellement, la valeur nominale de chacun des composants est mentionnée directement sur le plan de câblage. Il n'y a pas à passer par la nomenclature.

Les ajustables multitours de la contre-réaction pourront être remplacés par des résistances fixes si vous n'avez pas la possibilité de visualiser les signaux aux bornes des résistances de charge pour optimiser les réglages. Le schéma de principe de la figure 2 donne la valeur des composants suivant que vous dési-

Figure 9

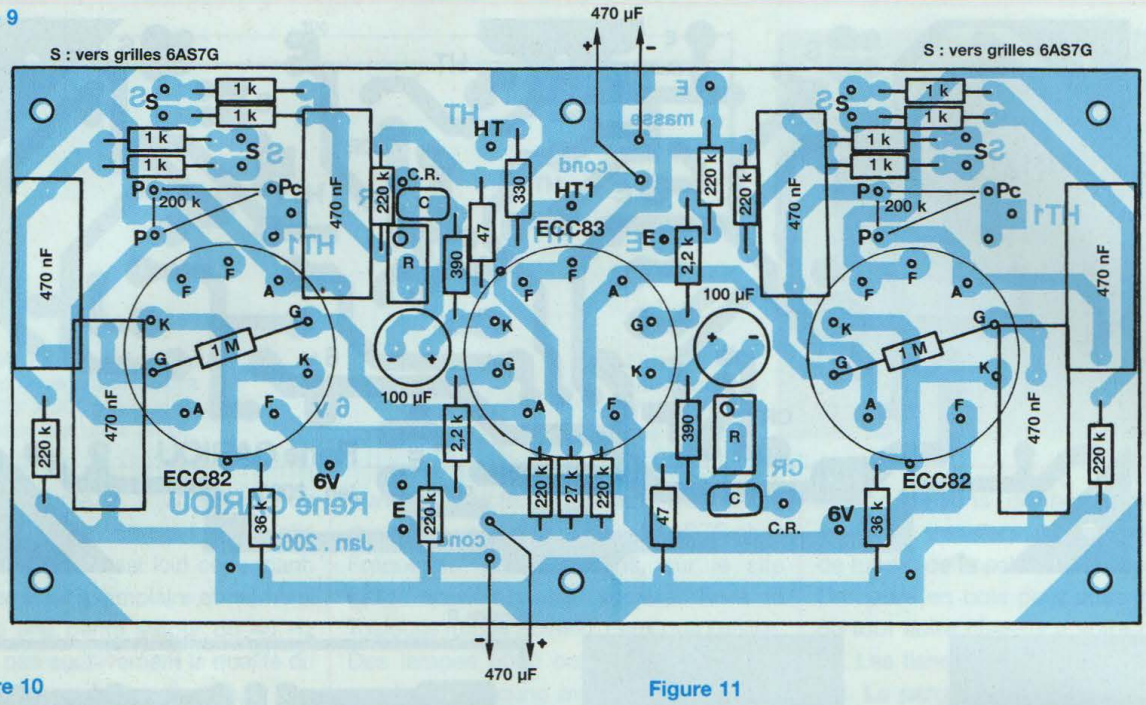


Figure 10

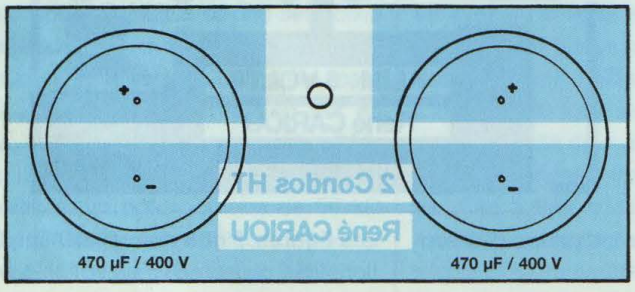
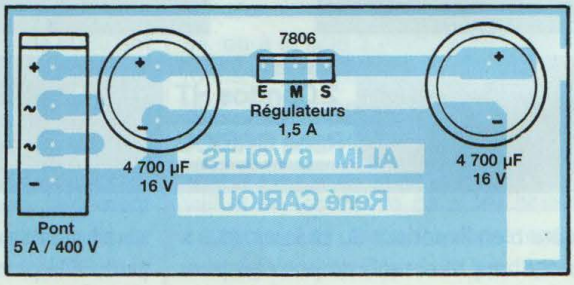
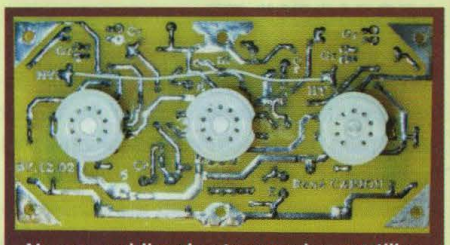


Figure 11





Ne pas oublier de strapper les pastilles HT1 entre elles avec du câble de faible section.

rez une sensibilité d'entrée de 500 mV ou de 1 V.

Le circuit imprimé de la **figure 10** ne reçoit que 2 condensateurs de filtrage de 470 µF / 400 V, c'est sans commentaire, excepté peut-être que ce sont les condensateurs de découplage de la haute tension des tubes ECC83 et ECC82, l'un découplant la résistance de 330 Ω et l'autre la résistance de 27 kΩ.

Le module de la **figure 11** est réservé à la basse tension avec le redressement, le filtrage et la régulation.

Personnellement sur le prototype, j'ai remplacé le régulateur 7806 par une résistance bobinée.

LES INTERCONNEXIONS

Après avoir équipé le châssis des différents éléments, mis en place les 3 modules, il est temps de passer aux interconnexions.

On commence par le secteur, entre la prise châssis 3 broches, le porte fusible et l'interrupteur vissé en face avant. Suivre les fils bleus et gris.

Passons ensuite à la haute tension. Il est fait usage de 4 diodes de redressement du genre 1N4007.

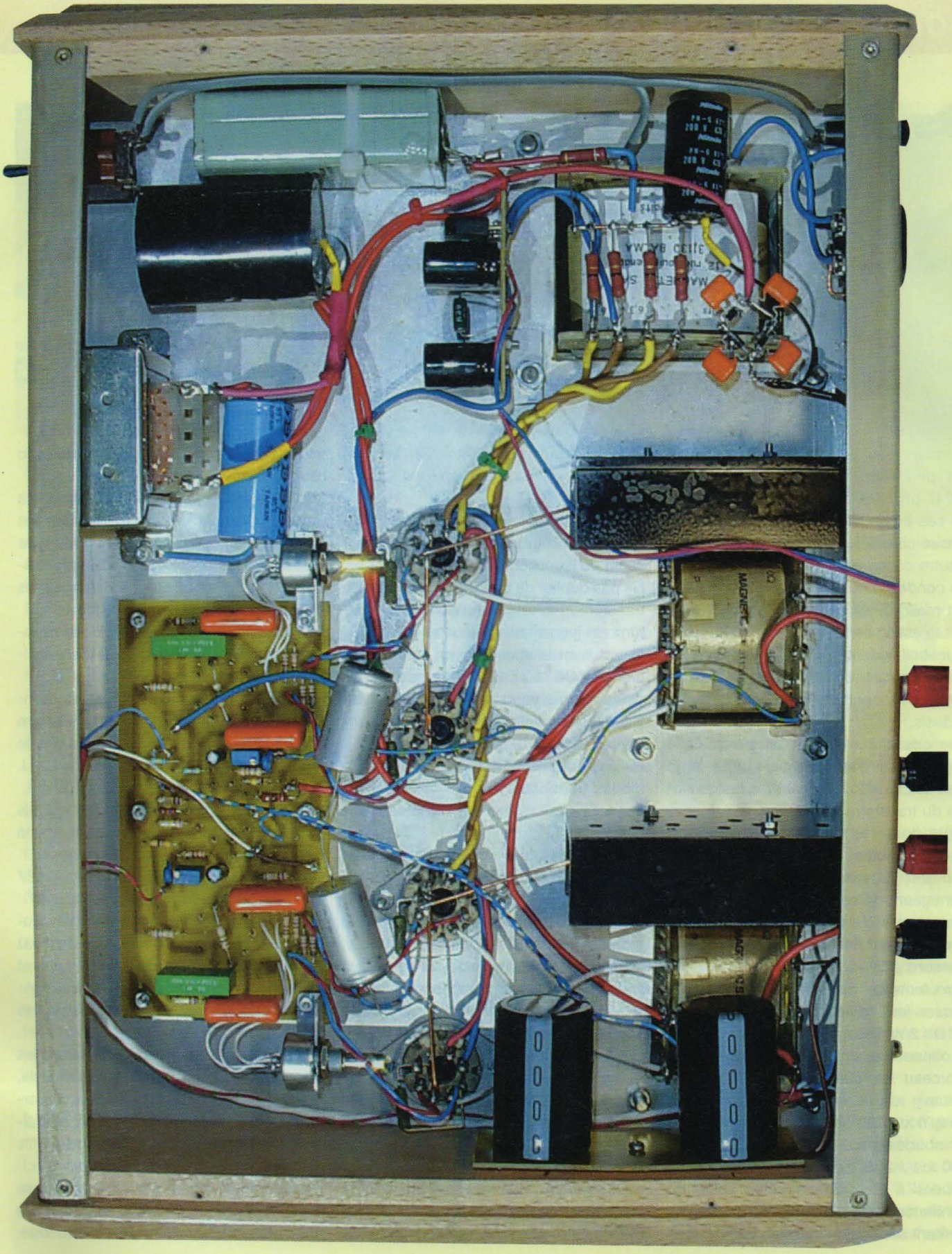
Sur chacune d'elles est soudé en parallèle un condensateur de 100 nF / 400 V dont le rôle est d'absorber les pics de commutation.

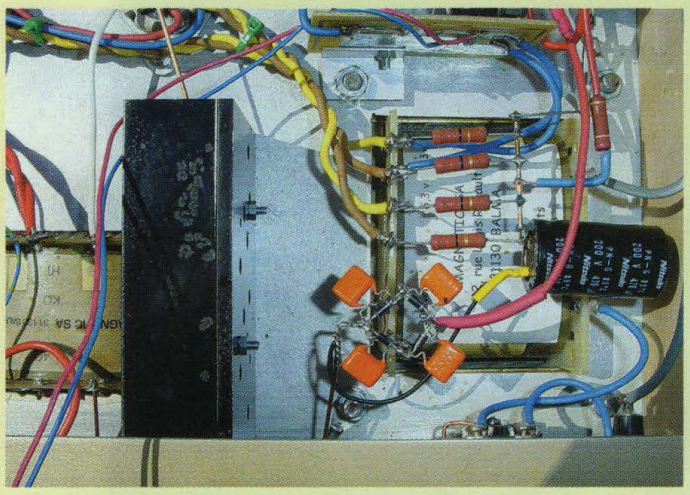
Chaque cosse de l'enroulement 300 V du transformateur va recevoir 2 diodes : une anode et une cathode (la cathode est repérée par une bague de couleur).

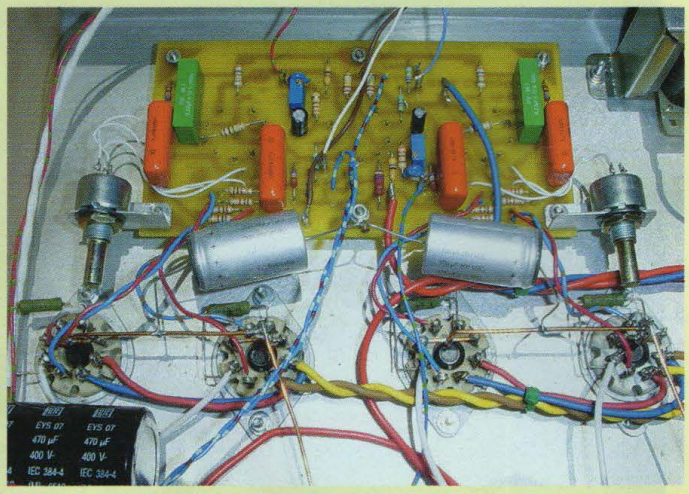
La réunion des cathodes donne le +HT, la réunion des anodes donne le -HT.

Le -HT est mis à la masse châssis en utilisant une fixation du transformateur d'alimentation et une cosse à «œil» (fil noir).

Le +HT est ensuite connecté à la self de filtrage (fil rouge). Sur cette même







cosse est soudé le condensateur bleu de 100 µF / 450 V et le polypropylène noir de 47 µF / 450 V. Les autres extrémités de ces 2 condensateurs sont mises à la masse châssis.

L'autre cosse de la self est reliée au (+) du condensateur de 1 000 µF / 450 V. Il est masqué par le polypropylène. Cette cosse est également reliée au condensateur «huilé» de 4 µF / 450 V (boîtier gris). Ne pas oublier de relier les autres extrémités des condensateurs à la masse châssis.

Une cosse à «œil» est utilisée pour le papier huilé, cosse vissée à côté de la résistance de 270 kΩ / 2 W, à la tige filetée du transformateur.

Cette haute tension est ensuite distribuée au module de commande est aux points milieux des primaires des transformateurs de sortie. Les câbles partent d'une cosse vissée au canon (+) du condensateur de 1 000 µF / 450 V.

Passons à la basse tension et aux deux enroulements de 6,3 V. Chacune des cosses est reliée à une résistance de 22 Ω / 2 W. Les 4 résistances sont ensuite connectées entre elles au moyen d'un morceau de cuivre étamé de 10/10e. Nous y relions également la résistance de 270 kΩ / 2 W avec son autre extrémité soudée au +HT, la résistance de 100 kΩ / 2 W avec son autre extrémité soudée à la masse et enfin le (+) du condensateur de 470 µF / 200 V, le pôle (-) étant soudé à la masse.

Chacun des enroulements de 6,3 V~ est ensuite dirigé vers les supports OCTAL des triodes 6AS7.

Chaque enroulement alimente les filaments de 2 tubes (1 enroulement par canal de l'amplificateur).

Ne pas oublier de torsader les fils entre le transformateur et les supports, fils «marron» et «jaune» puis «bleu» et «rouge».

Concernant le chauffage en continu des triodes ECC82 / ECC83, ce que je vais dire ne correspond pas à ce que j'ai fait (j'ai en effet récupéré un vieux transformateur dépourvu de l'enroulement 8 V~). Relier l'enroulement 8 V~ au pont de diodes du module concerné et vissé au châssis face au transformateur (fils bleus).

Cette fixation par une équerre métallique permet de mettre le 0 V à la masse châssis.

Le +6 V est ensuite véhiculé vers le module principal, fil «bleu» sur la photo. Les autres fils «bleu» et «rouge» que vous voyez partir de ce module sont réservés au ventilateur et sont soudés aux bornes du premier condensateur de 4 700 µF / 16 V, avant de régulateur 7806.

Reportons-nous à l'embase de la 6AS7 visible en figure 1. Pour l'instant nous nous sommes occupés du filament, soit les broches (7) et (8).

Le schéma de principe de la figure 2 nous indique que les cathodes sont reliées entre elles.

Sur chaque support OCTAL nous allons donc strapper les broches (3) et (6) avec du fil de cuivre étamé.

Maintenant 2 possibilités s'offrent à vous, ou vous réunissez toutes les cathodes (ce que j'ai fait sur le prototype comme vous le constatez et conformément à la figure 3) ou vous chargez les tubes un à un.

Dans mon cas j'ai donc utilisé une résistance de 560 Ω / 50 W vissée à un dissipateur.

La photo montre donc les interconnexions effectuées avec du fil de cuivre de 10/10e, entre les supports, puis vers le dissipateur. Celui-ci étant en forme de U, il ne laisse pas apparaître la résistance.

Dans un cas comme dans l'autre, ne pas oublier de relier l'autre extrémité de la résistance à la mase du châssis.

Poursuivons avec les grilles des 6AS7 accessibles aux broches (1) et (4).

Ces broches sont connectées au module principal, vers les résistances de 1 kΩ par des fils de faible section «rouge» et «bleu».

Restent les anodes présentes aux broches (2) et (5).

Ces broches sont strappées entre elles par une résistance de 47 Ω / 2 W puis, partant de la broche (2), un câble va permettre les interconnexions vers le primaire des transformateurs de sortie (fils «blanc» sur le prototype).

Passons maintenant aux potentiomètres de 200 kΩ lin (ou 220 kΩ). Nous voyons que ceux-ci sont fixés à des équerres,

elles mêmes fixées au module principal. Les extrémités sont reliées aux anodes des triodes ECC82, tandis que le curseur est connecté à la haute tension (HT1), après la cellule de filtrage 330 Ω / 470 µF. Revenons aux condensateurs de découplage de 100 µF / 200 V des cathodes des 6AS7, au nombre de 2 dans notre cas. Ceux-ci comme l'indique la photo sont soudés le (+) orienté vers la tige en cuivre qui strappe les 2 supports OCTAL et le (-) relié à la masse châssis par l'intermédiaire d'une cosse à «œil» prise en sandwich entre un écrou et le circuit imprimé principal.

Reste à raccorder les condensateurs de filtrage de 470 µF / 400 V entre leur point de fixation dans le châssis (paroie latérale du coffret en bois) et le module principal.

Avec du fil de câblage ordinaire, connecter les prises CINCH d'entrées au module, picots (E).

Raccorder les secondaires des transformateur de sortie aux borniers HP. De la cosse (8 Ω), avec un fil de câblage de faible section, rallier le picot C.R. du module principal (fil bleu/vert pour un canal et rouge/vert pour l'autre canal).

Les interconnexions sont terminées.

ATTENTION ! HAUTE TENSION

Les hautes tensions sont dangereuses même si le risque s'en trouve diminué par l'application de principes simples. Il convient de s'isoler : tapis de sol ou chaussures à semelles en caoutchouc. Des gants entoilés de ménagère protègent bien également. Attention aux gros condensateurs de filtrage de la haute tension qui restent chargés pendant un certain temps après l'arrêt de l'appareil. L'amplificateur doit avoir une prise de terre.

L'ECOUTE

Le prototype a été déposé chez un revendeur audiophile afin que ce dernier se prête à une écoute attentive. Elle a eu lieu, d'abord avec des enceintes PROAC

- ONE SC de 86 dB de rendement, ensuite sur des GKF - SVP505 de 96 dB de rendement.

Voici livrées leurs impressions :

PROAC : Beaucoup de finesse et de filé dans l'aigu, grave très présent, homogénéité de la bande passante, beau médium, très bonne vivacité, très bonne cohérence spatiale (cette enceinte est de taille bibliothèque). Son rendu sonore est très beau et surprend agréablement. Les 18 W de l'amplificateur suffisent très largement pour la remuer.

GKF : Après que se soient estompés les mystères de l'électromagnétisme et de l'électronique, l'enceinte remplit bien son rôle, il s'en dégage les mêmes impressions qu'avec la PROAC. On retrouve une scène sonore pleine, sans effet d'étalement ou de présence excessive, de la profondeur quand il le faut avec une parfaite localisation des instruments et beaucoup de finesse dans l'aigu mais qui va sans doute un peu moins loin que sur l'enceinte précédente (la GKF est pourvue d'une compression pour le médium aigu). Le haut rendement rend les choses un peu différentes mais la qualité de ces enceintes est indéniable. Celle de l'amplificateur aussi, dixit Bertrand Dejoux et son collaborateur de chez I.F.A qui restent étonnés par la qualité musicale de ces tubes.

QUELQUES MESURES

L'amplificateur fonctionne en classe A jusqu'à mi puissance environ et passe ensuite en classe AB1.

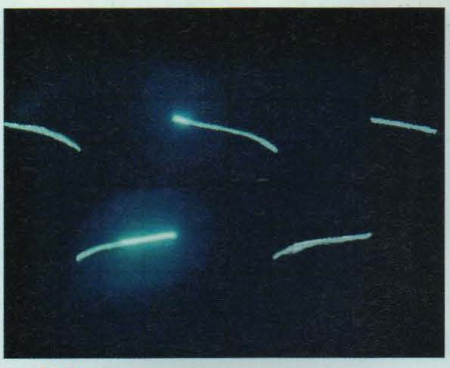
Puissance : 18 W - elle peut être un peu inférieure selon les tubes, mais ne descend pas au-dessous de 14 W.

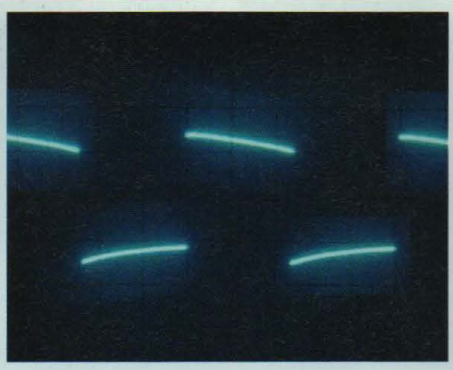
Signaux : les signaux sont photographiés à une puissance de 1 Weff

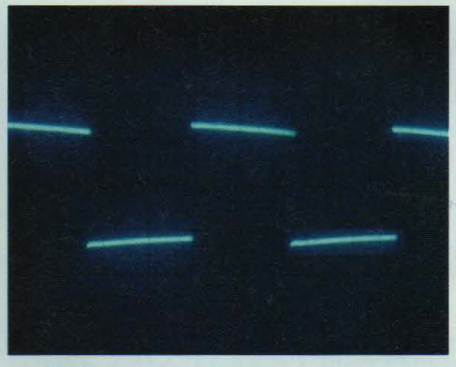
: les signaux sinusoïdaux sont identiques et la fréquence n'y change pas grand chose. L'ampli, à 1 W, a une bande passante de 10 Hz à 100 000 Hz. Là encore selon les tubes, il peut y avoir des résultats différents, mais allant au-delà de ce qui est nécessaire en audio.

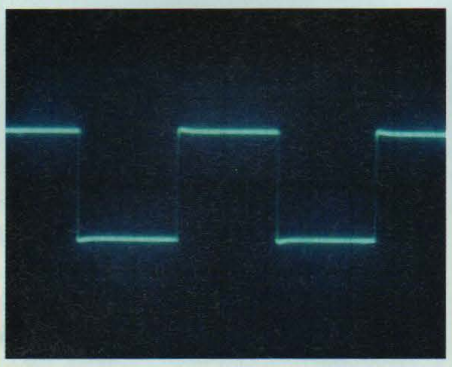
: les signaux carrés sont tous de bon augure que ce soit dans le grave ou l'aigu.

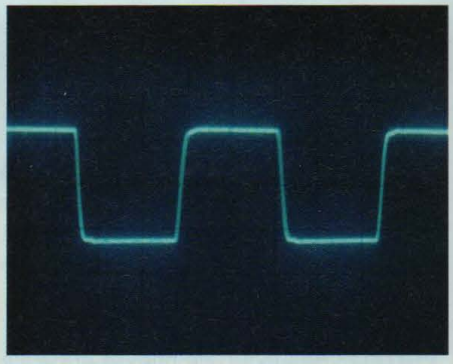
Distorsion : Faiblement contre réactionné, l'amplificateur a une distorsion générale de l'ordre de 1 % sur toute la bande passante audio à 1 W, elle passe à 2 % dans les mêmes conditions à 7 W, à 3 % vers 10 W et grimpe rapidement de 3 à 8 % sur les deux derniers watts, l'aplatis-

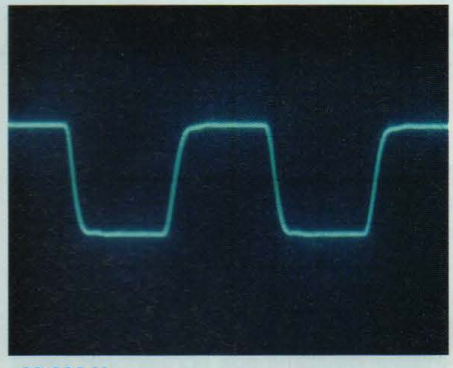

10 Hz

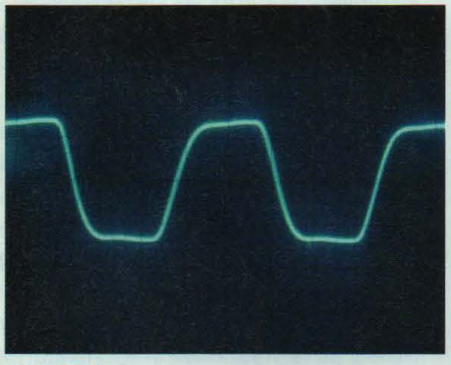

40 Hz

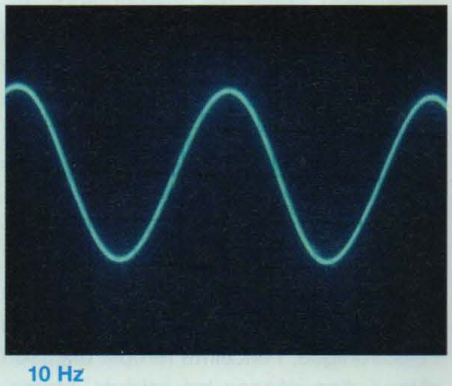

100 Hz

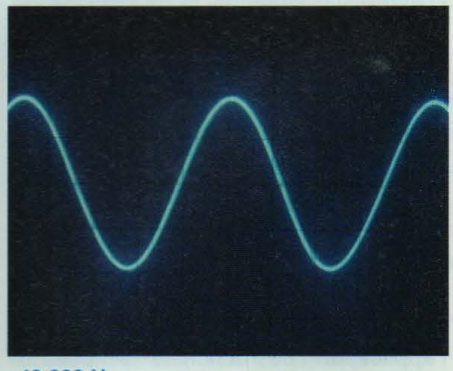

1 000 Hz


10 000 Hz


20 000 Hz


40 000 Hz


10 Hz


40 000 Hz

sement de la sinusoïde apparaissant à ce moment là. Ce n'est pas un comportement extraordinaire pour un ampli à tubes. Avec aussi peu de contre réaction il reste toutefois dans les normes. Cette mesure a été faite pour une sensibilité d'entrée de 500 mV. Une sensibilité d'entrée de 1 V (CR = 750 Ω - 1000 pF) permet d'accéder à une amélioration significative du résultat. Toutefois la distorsion dans les conditions de mesures indiquées n'est absolument pas audible de 1 W à 15 W.

Lors de différents essais, l'augmentation de la valeur des résistances de grilles des 6AS7G, permettait de gagner un peu en puissance tout en diminuant la distorsion. Les résultats étaient meilleurs. L'expérience a montré qu'il valait mieux tenir que courir. Les résistances de 220 kΩ permettent de bien stabiliser les tubes au détriment d'autres paramètres. Un ampli est souvent un compromis !

* EQUIVALENCES DE TUBES

ECC83 : 12AX7 - ne pas utiliser des 5751 dont les points de fonctionnement sont différents.

ECC82 : 12AU7 - 5814 - 6189

REMERCIEMENTS

A Bertrand Dejoux et à son collaborateur du magasin I.F.A pour m'avoir permis une écoute comparative dans leur magasin , et de s'être prêtés à cette critique qui enrichit toujours le concepteur. L'avis d'autres personnes est incontournable, enrichissant et passionnant.

A monsieur Di Stéfano de la société Magnétic S.A pour sa patience dans la mise au point des transformateurs de sortie un peu particuliers.

René CARIOU - reca@club-internet.fr

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

PUSH-PULL DE 6550

2 x 60 W - Led N° 169

kit comprenant :

- Le transformateur d'alimentation	103,70 €
- 2 transfos de sortie 3 800 Ω	207,30 €
- 1 self 10 H	53,40 €
- 4 capots nickelés	73,20 €
- 4 OCTAL châssis	18,40 €
- 2 OCTAL CI	9,20 €
- 2 NOVAL CI	6,70 €
- 2 tubes EF86	45,80 €
- 2 tubes 6SN7GT	43,60 €
- 4 tubes 6550 (Electro-Harmonix)	186,80 €
- 1 condensateur 470 µF/500 V	30,00 €
Total :	778,10 €
Frais de port	25,90 €
Total :	804,00 €
Promo	- 74,00 €
Total TTC en euro	**730 €**

PROMOS

valables pour toute commande reçue avant le 15/05/2003

SINGLE END EN QUATUOR

2 x 20 W - Led N° 175

kit comprenant :

- 1 transfo alim en tole (nu) Led 175	88,40 €
- 2 TS 1250 Ω Led 140/170/175 en tole	160,00 €
- 1 self torique	28,00 €
- 8 tubes 7189 - 8 x 22,80	182,40 €
- 2 tubes ECF82	21,40 €
- 2 condos 47 000 µF / 16 V	30,00 €
- 2 condos 470 µF / 450 V	30,00 €
- 10 supports NOVAL CI	33,50 €
- 3 capots nickelé - 3x18,30	54,90 €
Frais de port	25,91 €
Total :	654,51 €
Promo	- 84,51 €
Total TTC avec capots nickelés :	570,00 €
Les 3 transfos en cuve 570 € - 54,90 € + (46x3)	
Total TTC en cuves	653,10 €

LE TRIODE 845

Led N^{os} 161 - 162 - 163

kit comprenant :

- Le transformateur d'alimentation (sans le 12 V) en cuve	152,45 €
- Les transfos de sortie en cuve	518,40 €
- Les tubes 845 appairés	152,40 €
- Les supports	42,60 €
- Les tubes ECL86	35,00 €
- Les supports NOVAL pour C.I.	6,70 €
- La self de filtrage	44,20 €
- Le transfo d'alim. 2x12 V en boîte	77,75 €
- Les 2 condensateurs 2 200 µF / 450 V + les 2 condensateurs 150 000 µF / 16 V (fabrication française)	173,80 €
Frais de port	59,50 €
Total :	1 262,80 €
Promo	- 73,80 €
Total TTC (7 799,33 F)	**1 189 €**

Photos non contractuelles. IMPORTANT : sur la commande de matériel, joindre le règlement et indiquer votre N° de téléphone.

☞ TRANSFORMATEURS DE SORTIE

LED N°	Impédance Prim	Impédance Sec	Puissance	Prix TTC
136-154-166	4 000 Ω	4/8/16 Ω	40 W	97,60 €
138	5 000 Ω	4/8 Ω		50,30 €
140-170-175	1 250 Ω	8 Ω	Single 20 W	80,00 €
143-167	2 000 Ω	4/8 Ω	100 W	103,60 €
146	625 Ω	4/8 Ω	Single 40 W	103,60 €
146-150	6 600 Ω	4/8 Ω		103,60 €
151	9 000 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	8 000 Ω	4/8/16 Ω	20 W	94,50 €
157-160-169	3 800 Ω	4/8/16 Ω	50 W	103,60 €
159-171-173	3 500 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)		259,20 €
167	2 000 Ω	4/8 Ω		103,60 €
172-173	Circuit C. Modèle en Cuve	pour Push-Pull 845 (impéd. 4/8 Ω)		259,20 €

☞ SELFS

146-152	EI / 10H	53,40 €	161-162	Circuit C / 7H	44,20 €
151-170	Circuit C / 3H	44,20 €	175	Torique	28,00 €

☞ LAMPES PRIX À L'UNITÉ

Pré-amplifications + Valves				Tubes de puissance					
ECC81	13,70 €	6SN7GT	21,80 €	EL84	8,40 €	6L6	18,30 €	6550 E.H.	46,70 €
ECC82	9,10 €			EL34 Tesla	24,20 €	7189	22,80 €	6L6 E.H.	26,00 €
ECC83	12,20 €	EZ80	8,00 €	300B Sovtek	122,00 €	845 Chine	76,20 €	6V6 E.H.	18,00 €
ECF82	10,70 €	EZ81	16,60 €	KT88 Tesla	45,00 €	ECL86	17,50 €	300B E.H.	200,00 €
EF 86	22,90 €	GZ32	15,20 €	KT90	54,80 €				

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
136-140	2x225 V-2x6,3 V	79,30 €
138	2x300 V-2x6,3 V	64,00 €
142	2x300 V, 2x6,3 V tôle (PR001)	57,20 €
143-145	2x230/240 V-12 V	90,70 €
146-150	2x380-2x6,3 V-5 V	90,70 €
147-148	PRÉAMPLI TUBES circuits «C»	74,70 €
149-158	ALIM. H.T. / Préampli tubes 2x300 V + 6,3 V	77,80 €
152	Prim. 230 V - Écran - Sec. 2x300 V-2x6,3 V	97,60 €
154-150	Prim. 230 V - Écran - 2x360 V-5 V-6,3 V	88,40 €
155	Prim. 230 V - Écran - 2x230 V ou 2x330 V+12 V	79,30 €
157-160	Prim. 230 V - Écran - 380 V+6,3 V+4x3,15 V	90,00 €
161-162-163	Prim. 220 V / 230 V - Écran - 2x330 V-12 V-6,3 V en cuve	198,20 €
172-173	Prim. 230 V - Sec. 2x12 V - Écran : 53,36 € avec capot et 85,00 € en cuve	
163	Prim. 230 V - Sec. 2x240 V + 12 V - Écran (Filtre Actif)	53,40 €
166/170	Prim. 230 V - Écran - Sec. 2x230 V + 6,3 V + 6,3 V- 4,5 A	85,40 €
167-169	Prim. 230 V - Écran - Sec. 400 V+6,3 V+4x3,15 V+75 V	103,70 €
171	Prim. 230 V - Écran - 2x360 V-6,3 V / 2 A + 6,3 V / 5 A	88,40 €
Kit 168-169	Comprenant 2 transfos, 3 supports et 3 tubes	90,00 €

☞ DIVERS

NOVAL C.I.	3,35 €	OCTAL C.I.	4,60 €	4 cosses «300B»	9,90 €	Capot nickelé	18,30 €
NOVAL Châssis	4,60 €	OCTAL Châssis	4,60 €	Jumbo (845) or	21,30 €	Boîtier 226-117	110,50 €
						Bride condo ø50	1,50 €

☞ 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 de 6,40 € en sus.

ACEA

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

✆ : 05 61 07 55 77 / Fax : 05 61 86 61 89

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

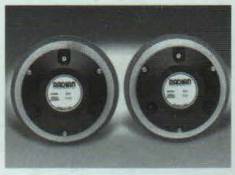
INDUSTRIE

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

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

RADIAN AUDIO ENGINEERING, INC.

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	**176** €.ttc
465 PB :	1 pouce	40 W	800 Hz à 20 kHz	107 dB	**235** €.ttc
475 PB :	1 pouce	50 W	800 Hz à 21 kHz	109 dB	**275** €.ttc
636 PB :	1,4 pouce	50 W	500 Hz à 20 kHz	110 dB	**295** €.ttc
745 PB :	1,4 pouce	65 W	500 Hz à 20 kHz	111 dB	**390** €.ttc
835 PB :	1,4 pouce	75 W	500 Hz à 20 kHz	113 dB	**530** €.ttc
651 PB :	2 pouces	50 W	500 Hz à 20 kHz	110 dB	**295** €.ttc
760 PB :	2 pouces	60 W	500 Hz à 20 kHz	111 dB	**390** €.ttc
850 PB :	2 pouces	75 W	500 Hz à 20 kHz	113 dB	**530** €.ttc
950 PB :	2 pouces bobine 4 pouces.	100 W	500 Hz à 20 kHz	111 dB Neodin	**850** €.ttc

Haut-parleurs

2208B :	8 pouces	200 W	58 Hz à 4,5 kHz	95 dB à 100 Hz	**182** €.ttc
2212B :	12 pouces	300 W	52 Hz à 3,5 kHz	93 dB	**242** €.ttc
2312 :	12 pouces	400 W	48 Hz à 3,5 kHz	96 dB	**389** €.ttc
2215B :	15 pouces	500 W	45 Hz à 2,5 kHz	97 dB	**390** €.ttc
2216 :	15 pouces	600 W	45 Hz à 3,5 kHz	96 dB	**400** €.ttc
2218 :	18 pouces	600 W	26 Hz à 280 Hz	95 dB	**455** €.ttc

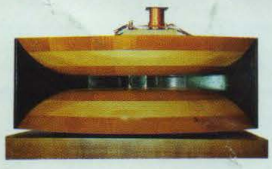
Haut-parleurs coaxiaux

365 :	6,5 pouces	75 W	60 Hz à 18 kHz	92 dB	**100** €.ttc
365 T :	6,5 pouces	75 W	60 Hz à 18 kHz, ligne 100 V	92 dB	**143** €.ttc
508/2B :	8 pouces	200 W	55 Hz à 20 kHz HF 1P	95 dB	**340** €.ttc
5208 B :	8 pouces	200 W	55 Hz à 20 kHz HF 1P	96 dB	**322** €.ttc
5212 B :	12 pouces	300 W	55 Hz à 20 kHz HF 1P	94 dB	**415** €.ttc
5312 :	12 pouces	500 W	60 Hz à 20 kHz HF 2P	96 dB	**698** €.ttc
5215 B :	15 pouces	500 W	45 Hz à 20 kHz HF 2P	97 dB	**803** €.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.
Equipement : **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.

Pavillon bois massif



RADIAN

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

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

SYSTEME d'amplification et de filtrage numérique **DYNACORD**

Coaxiaux

Station technique : Electro Voice - RADIAN - JBL - Reconditionnement et optimisation de tous systèmes.
Distributeur officiel : DYNACORD - Haut Parleurs Electro Voice - Composants et enceintes RADIAN.