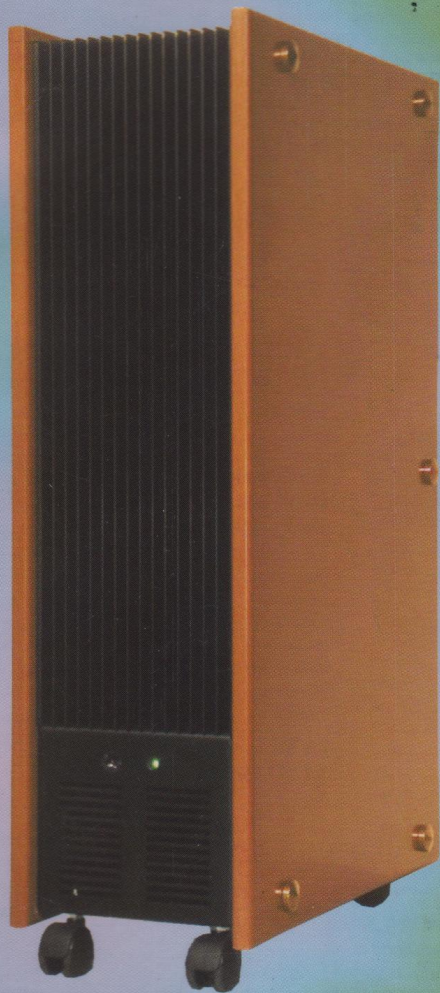
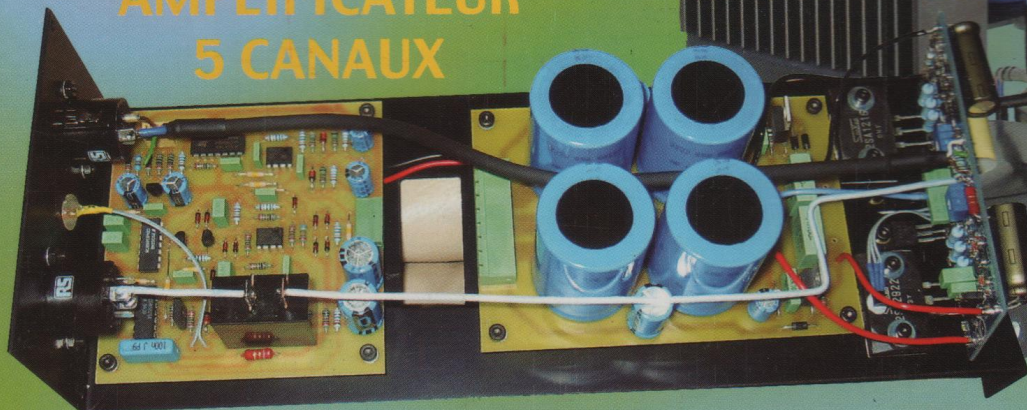
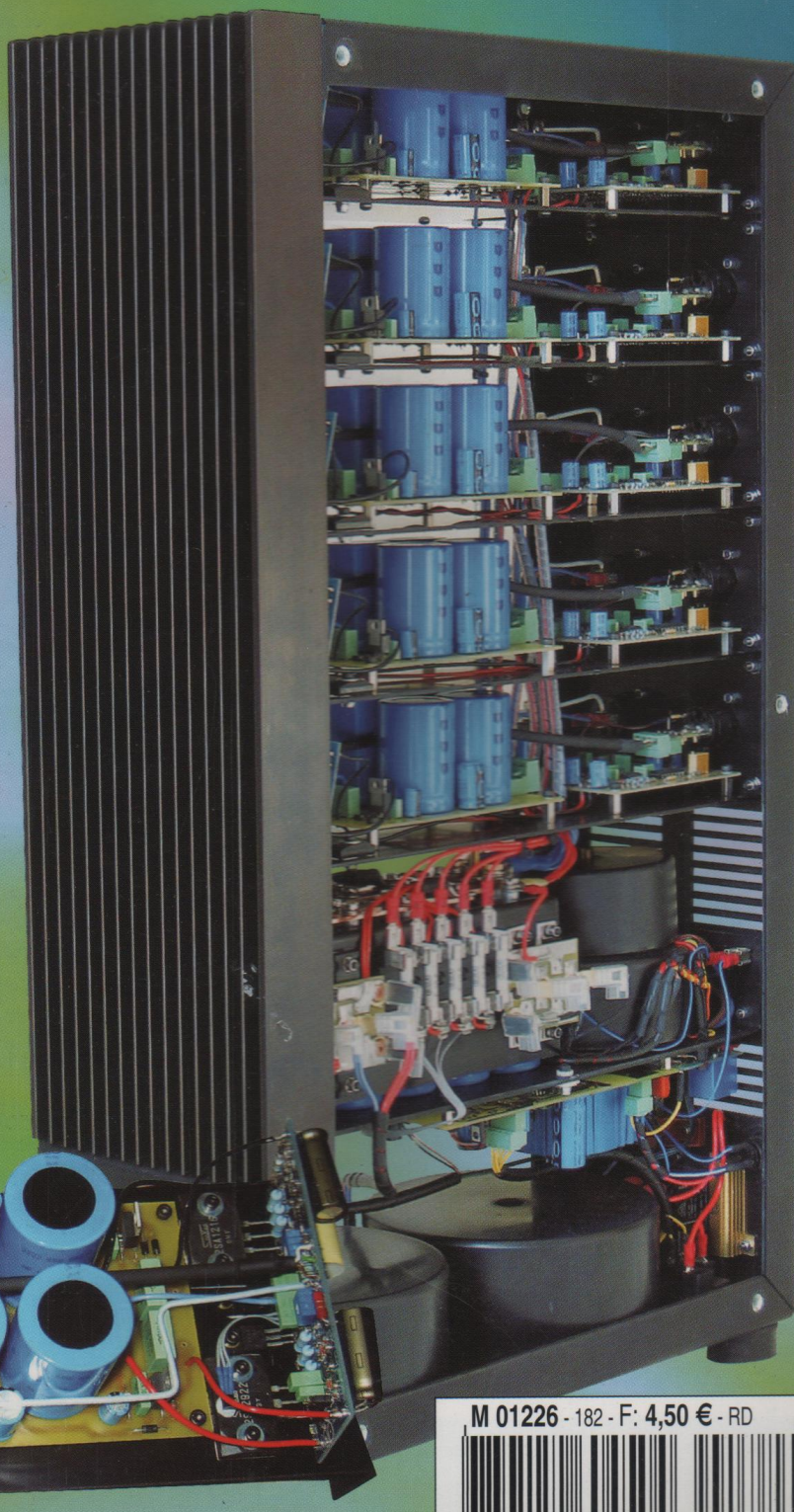


# Lead

COURS N° 9 : ET SI ON PARLAIT : « TUBES »  
 LA 12AU7 EN PRÉAMPLIFICATION  
 AMPLIFICATEUR MULTICANAUX :  
 LE MODULE DE PROTECTION LOCALE  
 PRÉAMPLIFICATEUR POUR HOME CINÉMA  
 LAMPÈMÈTRE : LES INTERCONNEXIONS



GK << FIVE >>  
 AMPLIFICATEUR  
 5 CANAUX



M 01226 - 182 - F: 4,50 € - RD



# Quoi de Neuf chez Selectronic ...

Envie d'écouter vos précieux vinyles ?

**Superbe platine tourne-disque STÉRÉO à entraînement direct**

**NOUVEAU**



**Idéale pour l'audiophile :**

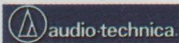
- Entraînement direct asservi par quartz • Couple important • Démarrage rapide • Hauteur du bras de lecture réglable (0-6mm) • Bras de lecture de précision • Pleurage et scintillement < 0,09 % • Avec éclairage de la pointe de lecture • Capot de protection en acrylique fumé, coquille porte-cellule avec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

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

La platine avec cellule 115D.0438 249,50 € TTC

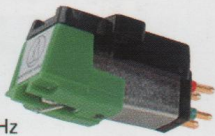
Supplément de port de 13,00€ sur ce produit ( livraison par transporteur )

**AT71ELC** audio-technica



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

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



**NOUVEAU**

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

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

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

**Brosse anti-statique en fibres de carbone**

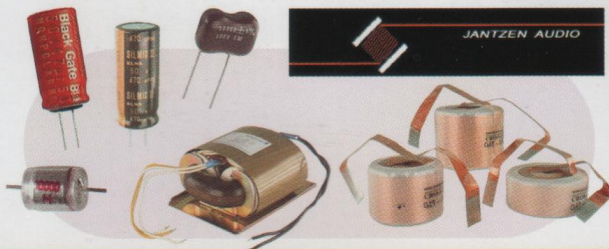
- Plus d'un million de fibres
- Nettoie les sillons en profondeur
- Elimine les charges d'électricité statique et la poussière



La brosse 115D.0427 7,90 € TTC

**Composants AUDIOPHILES ...**

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



**Kits Selectronic pour AUDIOPHILES**

**Selectronic**  
L'UNIVERS ELECTRONIQUE



**Section filtre actif**

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

**Section amplificateurs**

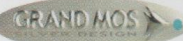
- Alimentations totalement séparées pour les voies droites et gauches • 4x16 WRMS / 8 ohms, pure classe A • Technologie MOS-FET.

L'ensemble COMPLET Filtre + Ampli

115D.4250-2 1828,00 € **PROMO 1650,00 € TTC**

**> Kit PRÉAMPLI**

Série



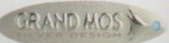
**NOUVEAU**

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

Le kit COMPLET avec coffret

115D.8500 1420,00 € TTC

**> Kit Triphon II Série GRAND MOS**



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



**Filtres actifs**

Le kit COMPLET 115.4250 979,00 € TTC



**Amplificateurs**

Le kit COMPLET 115.4180 849,00 € TTC

**> Kit 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 vinyl sur PC.

Le kit COMPLET

115D.6200 199,00 € TTC

**NOUVEAUX kits AUDIOPHILES**

**> Kit PRÉAMPLI PHONO**

Pour cellule MC ou MD

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

**> Kit DÉSYPÉTRISEUR de LIGNE**

- Sorties sur prises RCA argentées
- Alimentations séparées

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

**> Kit SYMÉTRISEUR de LIGNE**

- Sortie 600 Ω sur XLR Neutrik • Alimentations séparées

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

**Selectronic**  
L'UNIVERS ELECTRONIQUE



**Selectronic**  
L'UNIVERS ELECTRONIQUE



**NOS MAGASINS :**

**PARIS** (Tél. 01.55.25.88.00

Fax : 01.55.25.88.01)

11, place de la Nation  
75011 PARIS (Métro Nation)

**LILLE**

86 rue de Cambrai  
(Près du CROUS)



**Catalogue Général 2004**

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

86, rue de Cambrai - B.P 513 - 59022 LILLE Cedex

Tél. 0 328 550 328 Fax : 0 328 550 329

www.selectronic.fr

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

# Led

**Société éditrice :**  
**Editions Périodes**

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

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

**Led**

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

Services :

**Rédaction - Abonnements :**
**01 44 84 88 28**

 2-12 rue de Bellevue  
 75019 Paris

**Ont collaboré à ce numéro :**

 Rinaldo Bassi  
 André Cochetoux  
 Jacques Dudoret  
 Jean-Claude Gaertner  
 Gabriel Kossmann

**Abonnements :**

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

**Publicité :**

Bernard Duval

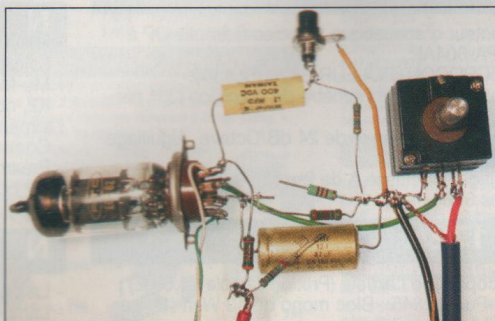
**Réalisation :**

Editions Périodes

**Dessinateur :**

Pascal Mercier

**Impression :**

 Berger Levrault - Toul  
**Imprimé en France**
**6**
**LA CLÉ  
 DE L'ÉLECTRONIQUE À TUBES ?  
 (COURS N° 9)**


Avec ce cours, nous passons de la théorie à un peu de pratique en faisant travailler notre triode 12AU7 en préamplification. Nous allons la charger, polariser sa grille de commande et lui demander d'amplifier un signal avec un minimum de distorsion. Le câblage des composants se fera « en l'air » autour d'un support Noval 9 broches.

**16**
**LAMPÈMÈTRE DJ 2003 (3<sup>e</sup> PARTIE)**

Nous consacrons cette dernière partie du Lampemètre aux interconnexions des cartes et composants divers. Elles sont facilitées par la publication de quatre plans de câblage détaillés qui, ajoutés aux conseils de l'auteur, vous mèneront vers un succès garanti. Cet appareil est l'équivalent du Lampemètre Metrix U61 commercialisé dans les années 1965-1975 à un prix qui se situait à l'époque entre 15 000 F et 20 000 F (2 280 € à 3 050 €).

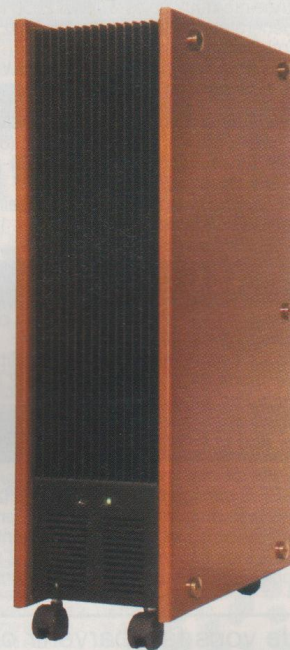
**28**
**PRÉAMPLIFICATEUR HOME CINÉMA  
 TOUS TUBES**

Modulaire et de qualité audiophile, ce préamplificateur 5.1 six voies extensible (« up-gradable ») en 7.1 huit voies est

un « tous tubes ». Ainsi chacun d'entre vous pourra adapter sa réalisation à son propre budget, tout en bénéficiant d'une mise à niveau permanente. Une version économique vous sera également proposée. En fin de cette première partie, vous aurez même la possibilité de réaliser une carte version « Préampli stéréophonique ».

**38**
**PETITES ANNONCES GRATUITES**
**40**
**LE GK « FIVE »  
 AMPLIFICATEUR  
 MULTICANAUX  
 (2<sup>e</sup> PARTIE)**

Après vous avoir présenté la philosophie de notre amplificateur multicanal GK « Five » et le module « alimentation locale » (voir notre précédent numéro), nous décrivons dans cette deuxième partie les modules « protection locale », « alimentation commune puissance » et « driver ».


**50**
**SERVICE CIRCUITS IMPRIMÉS**
**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 ÉDITIONS PÉRIODES, Service abonnements, 2-12 rue de Bellevue 75019 Paris

## N° 151

- Kitty 255. Caméra CCD d'instrumentation, réalisation de la tête de caméra (2<sup>ème</sup> partie)
- Le PUSH : amplificateur de 2 x 12Weff à ECL86 Push-Pull en ultra-linéaire
- CAPACIMÈTRE Numérique 20 000 points
- Chaîne triphonique de 3 x 75 Weff pour sonorisation ou écoute Hi-Fi (2<sup>ème</sup> partie)

## N° 154

- Multimètre 4 rampes 35 000 points (2<sup>ème</sup> 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 (5<sup>ème</sup> partie)

## 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 (4<sup>ème</sup> partie)
- Caméra CCD d'instrumentation équipée du capteur TC237 (7<sup>ème</sup> partie)
- Générateur vobulé 1 Hz - 1,5 MHz avec marqueur

## N° 158

- Commande d'un moteur Pas à Pas bipolaire avec le kit de développement 68HC11
- Préamplificateur bas niveaux à tubes ECC83/ECC81 pour platines vinyls ou microphones
- Enceinte deux voies Euridia 2000
- Générateur vobulé 1 Hz - 1,5 MHz avec marqueur (3<sup>ème</sup> partie)

## N° 159

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

## N° 160

- Caméra Kitty : l'interface 12 bits (8<sup>ème</sup> 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 (9<sup>ème</sup> partie)
- La Coaxiale : mini enceinte de 5 litres
- Le Triode 845 : amplificateur de 2 x 18 Weff en Single End sans contre-réaction (1<sup>ère</sup> partie)

## N° 162

- Boîte de mesure secteur
- GBF Synthétisé 0,1 Hz - 102,4 kHz (1<sup>ère</sup> 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 (2<sup>ème</sup> partie)

## N° 163

- Horloge murale avec fonction Thermomètre : une application du kit 68HC11 (2<sup>ème</sup> 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 (2<sup>ème</sup> partie)
- Le Triode 845 (3<sup>ème</sup> partie)
- La Mesure des résistances de faibles valeurs Milli-Ohmmètre de précision

## 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 (1<sup>ère</sup> 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 (2<sup>ème</sup> partie)
- Un bloc amplificateur mono de très forte puissance : 280 Weff/8 Ω avec des LM3886 (2<sup>ème</sup> 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 (3<sup>ème</sup> 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 (1<sup>ère</sup> partie)

## N° 173

**Photocopies de l'article** (Prix de l'article : 4,60 €) :

- Push-Pull de 845 : bloc mono de 40 Weff (2<sup>ème</sup> partie)
- Les alimentations H.T. pour amplificateurs à tubes (1<sup>ère</sup> 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 (7<sup>ème</sup> 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 (2<sup>ème</sup> partie)

## N° 175

**Photocopies de l'article** (Prix de l'article : 4,60 €) :

- La clé de l'électronique à tubes. (Cours n°2)
- Single End en quatuor avec tubes 7189 ou EL84M
- Filtre actif 2 voies butterworth ordre 6-36 dB/octave
- Préamplificateur audiophile de très haute performance (1<sup>ère</sup> partie)

## N° 176

- La clé de l'électronique à tubes. Électron libre, pas pour longtemps !... (Cours n° 3)
- SRPP et bêta-follower
- Réalisation pratique du Préamplificateur audiophile (2<sup>ème</sup> partie)
- Amplificateur stéréophonique double Push-Pull de triodes 6AS7-G ou 6080 : 2 x 18 Weff

## N° 177

- La clé de l'électronique à tubes. De l'audio à la triode (Cours n° 4)
- Mu-Follower de puissance mono-tube (1<sup>ère</sup> partie)
- Préamplificateur audiophile 6 entrées (3<sup>ème</sup> partie)
- K2, notre caméra CCD destinée à l'astronomie : la tête optique (1<sup>ère</sup> partie)
- Push-pull de 2A3 : 2 x 12 Weff / 4 et 8 Ω sans contre-réaction

## N° 178

- La clé de l'électronique à tubes. (Cours n° 5)
- Mu-follower de puissance mono-tube (2<sup>ème</sup> partie)
- K2, notre caméra CCD destinée à l'astronomie : l'alimentation (2<sup>ème</sup> partie)
- Correcteur RIAA économique
- Préamplificateur audiophile 6 entrées (4<sup>ème</sup> partie)
- HP coaxial radian 508/2B

## N° 179

- La clé de l'électronique à tubes (Cours n° 6)
- Lampemètre professionnel (1<sup>ère</sup> partie)
- K2, notre caméra CCD destinée à l'astronomie : l'interface 12 bits (3<sup>ème</sup> partie)
- Amplificateur Push-Pull d'EL84 en ultra linéaire : 2 x 12 watts efficaces

## N° 180

- La clé de l'électronique à tubes (Cours n° 7)
- Lampemètre professionnel (2<sup>ème</sup> partie)
- K2, notre caméra CCD destinée à l'astronomie : le programme d'acquisition Kool (4<sup>ème</sup> partie)
- Préamplificateur SRPP : 5 entrées
- Alimentation haute tension à très faible bruit

## N° 181

- La clé de l'électronique à tubes (Cours n° 8)
- L'amplificateur multicanal GK Five
- L'enceinte Euphonie/Vifa « Double six »
- Le push-pull de triodes 845
- Alimentation haute tension à très faible bruit (2<sup>ème</sup> partie)

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

par CCP  par chèque bancaire  par mandat

**4,60 € le numéro (ou la photocopie d'article)**

(frais de port compris)

Je désire :

...n° 151  ...n° 160  ...n° 174  ...n° 180   
...n° 154  ...n° 161  ...n° 176  ...n° 181   
...n° 156  ...n° 162  ...n° 177   
...n° 158  ...n° 163  ...n° 178   
...n° 159  ...n° 170  ...n° 179

NOM : ..... PRÉNOM : .....

N° : ..... RUE .....

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

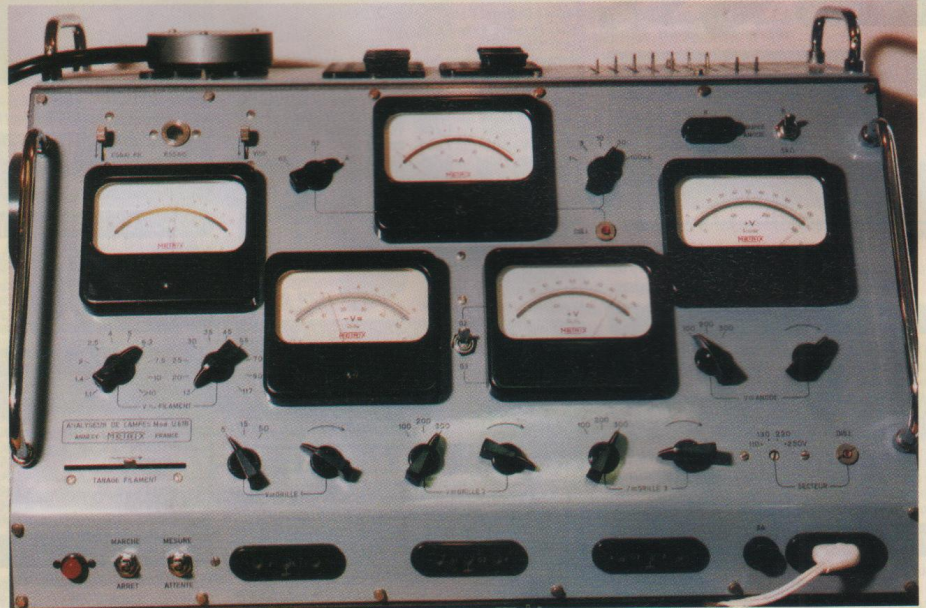
Photocopies d'articles **PRÉCISER L'ARTICLE**

...n° 168  ... n° 172  ... n° 175

...n° 169  ... n° 173



### DE LA THÉORIE À UN (PETIT) PEU DE PRATIQUE



Le lampemètre de laboratoire permet de définir toutes les caractéristiques statiques d'un tube. On peut aussi tracer point par point les courbes  $I_a = f(V_g)$  à  $V_a = \text{constante}$  et  $I_a = f(V_a)$  à  $V_g = \text{constante}$ . Un appareil de ce type est décrit dans *Led* n°179 et 180

Chose promise, chose due... Après le descriptif des horreurs qui vous attendent et que je vous ai décrites lors de notre précédent article, laissons de côté pour un temps les distorsions inévitables et diverses capacités parasites pour tenter de faire un peu de musique (bien modeste) avec notre increvable 12 AU7/ECC82... Vous êtes prêt ? Allons-y.

**A**vant toute chose, il faut savoir ce que l'on veut faire ! Cette évidence est souvent oubliée, elle est pourtant fondamentale. On veut amplifier, me direz-vous. Oui, d'accord, mais quoi et pour quoi faire ? Eh bien, me répondrez-vous, pour attaquer un amplificateur de puissance et pouvoir régler le niveau... Bien ! On y voit déjà plus clair.

#### LE CAHIER DES CHARGES

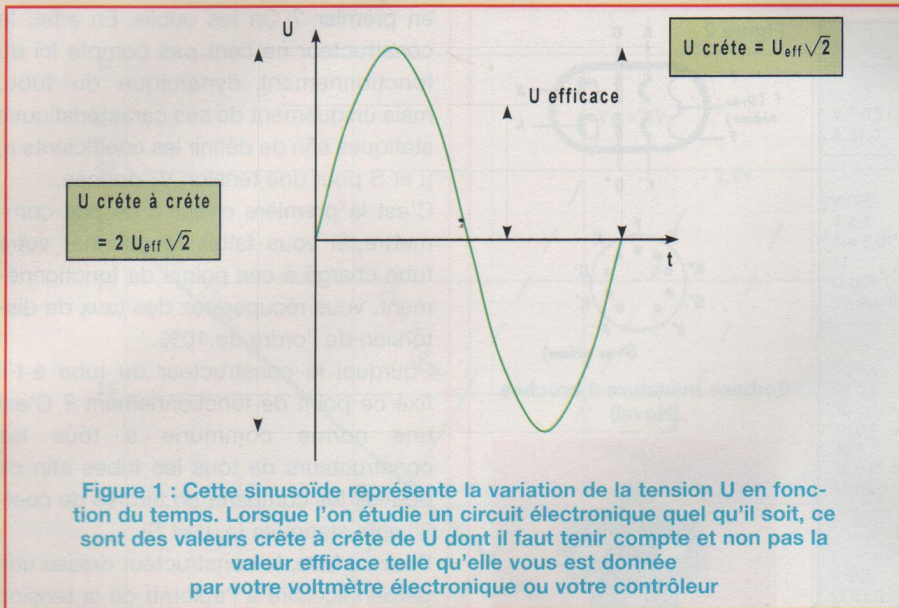
**Première question** : Quelle est la sensibilité d'entrée de votre amplificateur de

puissance ou, en d'autres termes, quelle est la tension d'entrée qui lui permettra de fournir 100 % de sa puissance ?

Il faut lui fournir 2,5 volts, me dites-vous. Telle est l'une des normes adoptées par la majorité des constructeurs sérieux, bien que le flou le plus artistique règne dans le monde de la hi-fi quant à la sensibilité des amplificateurs de puissance, ce qui cause bien des déboires à bien des utilisateurs !

Mais ceci est hors de notre sujet pour le moment, nous en reparlerons bien plus tard lorsque nous étudierons la procédure de mesure et que nous plongerons dans la notion de décibels...

# LA 12AU7 EN PRÉAMPLIFICATION



Donc, vous me dites 2,5 volts. Première observation : il s'agit d'une valeur dite « efficace » de la tension d'entrée en pur signal sinusoïdal. C'est important car la valeur efficace du signal, telle qu'elle est mesurée par votre voltmètre ou votre contrôleur, votre amplificateur s'en fiche royalement ! Ce qui l'intéresse (et nous aussi) est la valeur maximale de cette tension (tension de crête). Or, nous avons déjà évoqué cette notion. La valeur maximale de la tension est égale à la valeur efficace (dite « RMS » chez les Anglo-saxons), multipliée par la racine carrée de 2, soit 1,414. Ceci s'écrit :

$$U_M = U_{\text{eff}} \sqrt{2} = U_{\text{eff}} \times 1,414$$

Dans le cas présent :

$$U_{\text{eff}} = 2,5 \text{ volts}$$

$$\text{Donc } U_M = 2,5 \times 1,414 = 3,53 \text{ volts}$$

Jetez un coup d'oeil sur la figure 1, nous avons représenté une simple sinusoïde. Vous comprendrez aisément qu'une sinusoïde balaye allègrement des valeurs positives de la tension et fait de même vers les valeurs négatives (c'est pour cette raison que l'on parle de « tensions alternatives »). Notre amplificateur verra donc alternativement des tensions de + 3,53 volts et de - 3,53 volts. On parle-

ra alors de tension « crête à crête » de 3,53 volts x 2 = 7,6 volts.

Eh bien chers amis, c'est la tension « crête à crête » que devra délivrer sans hésitation notre 12AU7 pour moduler convenablement notre amplificateur de puissance, et cela sans distorsion et avec une bande passante audio d'au minimum de 20 Hz à 20 kHz... Tout un programme ! Je tiens à vous préciser de suite que notre brave 12AU7 ne pourra en aucun cas, à elle seule, remplir toutes ces obligations... Ne serait-ce qu'en raison de l'impédance de sortie du montage, mais n'allons pas trop vite.

**Deuxième question :** Qu'avez-vous l'intention d'amplifier ?

Vous me répondez : « Le signal fourni par un lecteur de CD ». Bien... Ici encore, il existe une norme qui n'est pas toujours respectée par les constructeurs de ces sympathiques engins.

Cette norme précise que la tension crête délivrée par un honnête lecteur de CD doit être de 1 volt crête, soit 2 volts crête à crête.

Résumons-nous, nous allons donc réaliser un étage d'amplification devant accepter sans broncher une tension de 2 volts crête à crête à l'entrée pour nous délivrer une tension de 7,6 volts crête à

crête à la sortie. Ce qui représentera un coefficient d'amplification d'au moins :

$$A = \frac{V_{\text{sortie}}}{V_{\text{entrée}}} = \frac{7,6}{2} = 3,8$$

« A » est appelé le gain en tension de l'étage amplificateur, en insistant sur le point suivant : il s'agit ici du gain minimum dont nous aurons besoin pour moduler à fond notre amplificateur, et non pas du gain global de l'étage amplificateur qui, nous le verrons plus tard, sera bien plus important.

Un dernier point, un gain minimum peut s'exprimer en décibels.

Sans entrer dans les détails, sachez que comme il s'agit d'un rapport de tension, la valeur du gain minimum nécessaire de notre montage exprimée en décibels sera de :

$$A = 20 \cdot \log \frac{V_s}{V_e}$$

$$= 20 \cdot \log 3,8 = 20 \times 0,58 = 11,6 \text{ dB}$$

Le logarithme décimal de 3,8 étant égal à 0,58.

Attention à ne pas confondre le gain en tension d'un étage en décibels avec le gain en puissance qui fait intervenir la notion d'impédance, ce qui n'est pas le cas ici.

Autre observation, ce gain de 11,6 dB, soit environ 12 dB, est normalisé. C'est le gain de ce que l'on appelle un « amplificateur de ligne » en audio professionnelle. Pourquoi vous parler de cela ici ? Tout simplement pour prendre de bonnes habitudes dès le départ et vous habituer à utiliser le tube qu'il faut, là où il faut. Comme vous le soupçonnez, ce que nous confirmerons plus tard, le gain d'un étage, bien que dépendant de multiples facteurs, dépend surtout de «  $\mu$  » (mhu) le coefficient d'amplification statique du tube. On choisira donc ce dernier en fonction (entre autres !) du gain dont nous aurons besoin. En réalité, ce n'est pas si simple, mais pour l'instant restons en là voulez-vous ?

# ET SI ON PARLAIT : « TUBES »

CARACTÉRISTIQUES ECC82		
<b>Chauffage</b>		
Indirect (cathodes isolées du filament) : Vf	= 6,3 <sup>(1)</sup>	12,6 <sup>(2)</sup> V
If	= 0,3	0,15 A
<b>Conditions nominales d'emploi</b>		
Tension de l'anode	Va = 100	250 V
Tension de la grille	Vg = 0	-8,5 V
Courant anodique	Ia = 11,8	10,5 mA
Coefficient d'amplification	K = 19,5	17
Résistance interne	ρ = 6 250	7 700 Ω
Pente	S = 3,1	2,2 mA / V
<b>Capacités<sup>(3)</sup></b>		
Capacité de la grille	Cg' = Cg'' =	3,6 pF
Capacité de l'anode	Ca' = Ca'' =	3,8 pF
Capacité anode-grille	Ca'g' = Ca''g'' =	1,5 pF
Capacité grille-cathode (RMA)	Cg' = (k'+f)	1,6 pF
	Cg'' = (k''+f)	1,6 pF
Capacité anode-cathode (RMA)	Ca' = (k'+f)	0,5 pF
	Ca'' = (k''+f)	0,35 pF
<b>Valeurs à ne pas dépasser</b>		
<b>Par triode :</b>		
Tension de l'anode	Va	max = 300 V
Puissance dissipée sur l'anode	Pa	max = 2,75 W
Courant cathodique	Ik	max = 20 mA
Résistance du circuit de grille <sup>(4)</sup>	Rg	max = 1 mΩ
Résistance du circuit de grille <sup>(5)</sup>	Rg	max = 0,25 MΩ
Tension entre filament et cathode	Vkf	max = 200 V
(1) Les deux sections du filament en parallèle. (2) Les deux sections du filament en série. (3) Mesurées sans blindage. (4) En polarisation automatique. (5) En polarisation fixe.		
<b>LA RADIOTECHNIQUE - COPRIM - R.T.C.</b>		

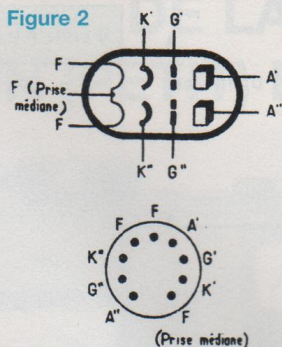


Figure 2  
Embasse miniature 9 broches (Noval)

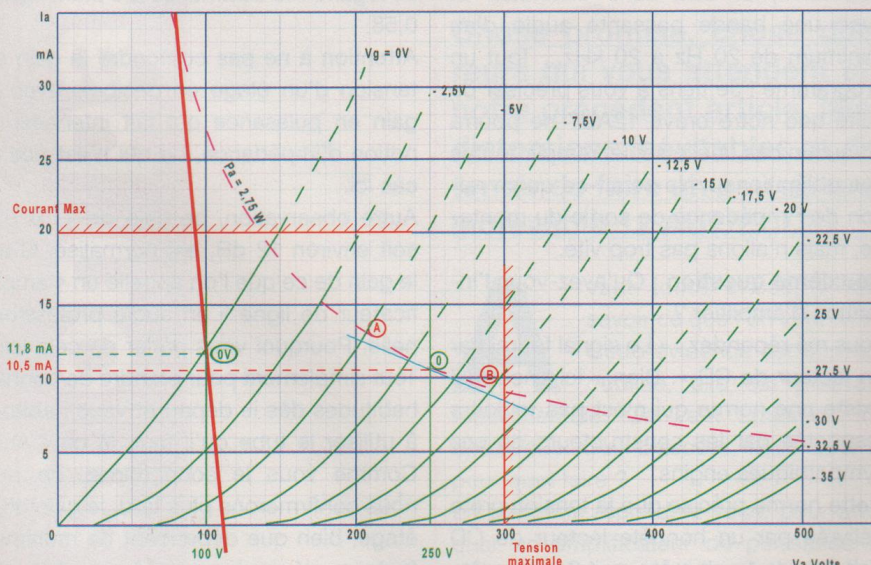


Figure 3 : Définition des caractéristiques « nominales » d'emploi (voir texte)

## PAR OÙ COMMENCER ?

Nous commencerons par les caractéristiques du tube, pardi ! Sur la **figure 2**,

nous avons reproduit les caractéristiques complètes, ainsi que le brochage du tube au cas où vous auriez égaré le *Led* n°177. Que lit-on en premier ? Les conditions nominales d'emploi. Et que fait-on

en premier ? On les oublie. En effet, le constructeur ne tient pas compte ici du fonctionnement dynamique du tube, mais uniquement de ses caractéristiques statiques afin de définir les coefficients  $\rho$ ,  $\mu$  et  $S$  pour une tension  $V_a$  donnée.

C'est la première erreur à ne pas commettre. Si vous faites fonctionner votre tube chargé à ces points de fonctionnement, vous récupérerez des taux de distorsion de l'ordre de 10%.

Pourquoi le constructeur du tube a-t-il fixé ce point de fonctionnement ? C'est une norme commune à tous les constructeurs de tous les tubes afin de pouvoir les comparer en termes de coefficients statiques ( $\rho$ ,  $\mu$  et  $S$ ).

Pour ce faire, le constructeur dresse une perpendiculaire à l'aplomb de la tension  $V_a$  choisie (ici deux points sont choisis :  $V_a = 100$  V et  $V_a = 250$  V). On aurait pu choisir autant de points que désiré.

La perpendiculaire au point 250 V coupe la courbe de dissipation maximale (**figure 3**) au point O. En ce point, on trace la tangente à la courbe de dissipation. Ensuite, on se limite à la tension maximale pouvant être supportée par le tube (ici 300 V). La portion de tangente est alors divisée en deux parties égales (OA et OB sur la figure 3). On obtient le point -8,5 V pour  $V_g$  et 10,5 mA pour  $I_a$ . C'est un point qui définira tous les paramètres statiques du tube.

Dans le cas présent, un autre point a été choisi par le constructeur :  $V_g = 0$  V,  $V_a = 100$  V pour un courant de repos de 11,8 mA. Ici aussi, on a tracé la tangente à la courbe de dissipation maximale. Si vous suivez cette droite (figure 3), vous vous rendez compte que l'on peut dépasser allègrement le courant maximum de cathode (20 mA) si la grille devient positive.

Cette utilisation particulière du tube ne nous concerne pas, nous qui faisons de l'audio. Elle est destinée à des utilisations particulières telles que des oscillateurs ou amplificateurs d'impulsions. Donc, pour nous résumer, les « conditions nominales d'emploi » ne servent



# LA 12AU7 EN PRÉAMPLIFICATION

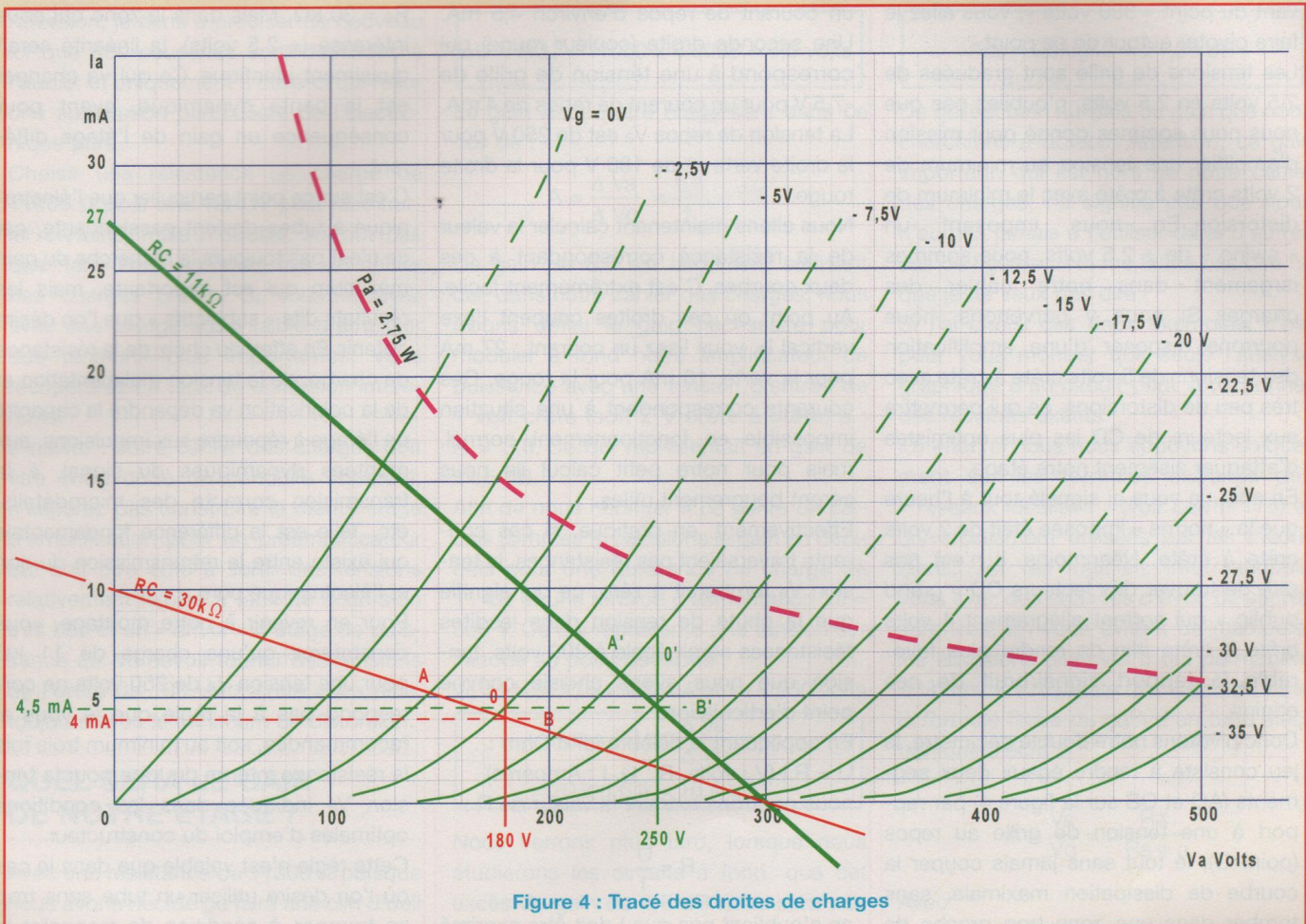


Figure 4 : Tracé des droites de charges

qu'à définir les coefficients  $\rho$ ,  $\mu$  et  $S$  du tube. Ce sont ces points de fonctionnement que l'on utilisera pour tester un tube au lampemètre. C'est aussi le gabarit de référence qui permettra d'appareiller les tubes entre-eux. La norme choisie universelle prend en compte un taux de distorsion harmonique maximum de 10% au point nominal d'emploi.

## DE LA THÉORIE À LA PRATIQUE

Reprenons les caractéristiques du tube et consultons directement le paragraphe « Valeurs à ne pas dépasser ». Pour l'instant, nous ne relèverons qu'une seule indication : la tension d'anode maximale, soit 300 V. C'est elle qui nous servira à tracer la droite de charge (Led n° 180). Si

vous avez retenu quelque chose de nos précédents articles, vous vous souvenez certainement que la tension sur l'anode du tube  $V_a$  est égale à la tension de la source de haute tension  $V_b$  moins la chute de tension dans la résistance de charge  $R_a$ , ce qui s'écrit :

$$V_a = V_b - R_a \cdot I_a$$

$V_a - V_b$  : Volts (V)

$R_a$  : Ohms ( $\Omega$ )

$I_a$  : Ampères (A)

Or, nous avons déjà soulevé le problème : à la mise en route de votre appareil, lorsque les tubes sont froids et qu'aucun courant ne circule dans les circuits :

$$R_a \cdot I_a = 0.$$

Par conséquent, au démarrage  $V_a = V_b$ .

On fixe donc pour la haute tension une

valeur  $V_b$  qui ne doit dépasser en aucun cas la tension maximale qui doit être appliquée aux bornes du tube. Dans le cas de la 12AU7/ECC82, cette tension ne doit pas excéder 300 V.

Nous verrons plus tard que l'on peut contourner cette interdiction en utilisant des circuits permettant d'appliquer une tension plus élevée à nos tubes sans tout casser ! Mais, pour l'instant, retour à  $V_a \text{ max} : 300 \text{ volts}$ .

Maintenant, reportez-vous à la **figure 4**. C'est le réseau que vous reconnaissez tous  $I_a = f(V_a)$  à  $V_g = \text{constante}$ .

Vous avez intérêt à agrandir ce réseau au maximum (ce que nous avons fait).

Vous allez vous munir d'un double décimètre précis et, si possible, transparent (j'insiste). Vous allez poser votre double décimètre sur le réseau et, en vous ser-

## ET SI ON PARLAIT : « TUBES »

vant du point « 300 volts », vous allez le faire pivoter autour de ce point.

Les tensions de grille sont graduées de 2,5 volts en 2,5 volts, n'oubliez pas que nous nous sommes donné pour mission d'amplifier une tension au minimum de 2 volts crête à crête avec le minimum de distorsion. En nous imposant un « swing » de  $\pm 2,5$  volts, nous sommes largement dans notre cahier des charges. Si nous y parvenons, nous pourrions disposer d'une amplification des tensions de 5 volts crête à crête avec très peu de distorsions, ce qui permettra aux lecteurs de CD les plus optimistes d'attaquer aisément notre étage.

En effet, je vous ai signalé tout à l'heure que la « norme » imposée était de 2 volts crête à crête. Néanmoins, il n'est pas rare de trouver des lecteurs CD « grand public » qui sortent allègrement 4 volts crête à crête afin de rendre plus favorable le rapport signal/bruit de ces engins.

Donc pivotons notre double décimètre, le jeu consiste à rendre égaux deux segments (AO et OB sur la figure 4) par rapport à une tension de grille au repos (point O), le tout sans jamais couper la courbe de dissipation maximale, sans tomber dans une zone trop proche de l'axe des  $V_a$  (voir *Led* n°180 pour les zones d'utilisations optimales d'un tube), sans dépasser ni la tension de grille critique de -1 V, ni le courant maximum de cathode (celui-ci étant de 20 mA, il est pratiquement impossible de l'atteindre ici).

En jouant avec notre double décimètre, il est possible de trouver un grand nombre de droites qui correspondront au critère AO = OB à plus ou moins quelques pourcents. Il est évident que vous avez intérêt à travailler sur un réseau agrandi au maximum afin d'augmenter la précision de votre recherche.

Nous avons tracé deux droites qui correspondent à nos critères. Une première (couleur verte) qui correspond à un point de repos O', lequel correspond à une tension négative de grille de -12,5 V et à

un courant de repos d'environ 4,5 mA. Une seconde droite (couleur rouge) qui correspond à une tension de grille de -7,5 V pour un courant de repos de 4 mA. La tension de repos  $V_a$  est de 250 V pour la droite verte et de 180 V pour la droite rouge.

Nous allons maintenant calculer la valeur de la résistance correspondant à ces deux courbes. C'est extrêmement facile. Au point où ces droites coupent l'axe vertical la, vous lisez un courant : 27 mA pour la verte, 10 mA pour la rouge. Ces courants correspondent à une situation impossible en fonctionnement normal, mais pour notre petit calcul ils nous seront bougrement utiles.

Effectivement, en pratique, si ces courants traversaient ces résistances, la tension  $V_a$  tomberait à zéro, ce qui signifie que la chute de tension dans lesdites résistances serait égale à 300 volts, tension que nous avons choisie comme point d'articulation.

En appliquant la célèbre loi d'Ohm :  
 $U = R.I$  (V : volts, R :  $\Omega$ , I : Ampères)  
nous pourrions extraire la valeur de R :

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

en n'oubliant pas que I doit être exprimé en ampères et non en milliampères (1A = 1000 mA).

Dans notre cas, nous allons calculer :

$$R_{\text{rouge}} = \frac{300}{0,010} = 30\,000\ \Omega$$

$$R_{\text{verte}} = \frac{300}{0,027} = 11\,000\ \Omega$$

Résumons-nous. En fixant notre tension d'alimentation à 300 volts, nous avons deux résistances de charge possibles en fonction de notre cahier des charges : 30 k $\Omega$  ou 11 k $\Omega$ . Laquelle choisir ?

A ce point, vous pourriez tracer les courbes de transfert correspondant aux deux résistances de charges (voir *Led* n°180), vous constateriez que la courbe correspondant à  $R_c = 11\ \text{k}\Omega$  accuserait une courbure plus accentuée que

$R_c = 30\ \text{k}\Omega$ . Mais dans la zone qui nous intéresse ( $\pm 2,5$  volts), la linéarité serait quasiment identique. Ce qui va changer est la pente dynamique, ayant pour conséquence un gain de l'étage différent.

C'est sur ce point particulier que l'électronique à tubes devient passionnante, car ce n'est pas toujours la recherche du gain maximum qui est importante, mais les résultats dits « subjectifs » que l'on désire obtenir. En effet, du choix de la résistance de charge, de la tension d'alimentation et de la polarisation va dépendre la capacité de l'étage à répondre aux impulsions, aux montées dynamiques du signal, à la transmission correcte des microdétails, etc. Telle est la différence fondamentale qui existe entre la retransmission du son et l'électronique pure.

Pour en revenir à notre montage, vous constaterez qu'une charge de 11 k $\Omega$  pour une tension  $V_a$  de 250 volts ne correspond pas à la règle que je vous ai recommandée, soit au minimum trois fois la résistance interne du tube pour la tension  $V_a$  indiquée dans les conditions optimales d'emploi du constructeur.

Cette règle n'est valable que dans le cas où l'on désire utiliser un tube sans trop se tromper, à condition de respecter la tension de polarisation et la tension  $V_a$  indiquée par le constructeur.

Pour la petite histoire, sachez que la charge habituellement choisie pour la 12AU7 est de 47 k $\Omega$ , afin d'obtenir un gain de l'étage proche du coefficient d'amplification du tube, avec un taux de distorsion harmonique de l'ordre de 4 % lorsque le tube est modulé à fond.

Un dernier point, avec la charge de 30 k $\Omega$  et toujours armé de votre double décimètre, vous pouvez constater qu'en plaçant le point O sur la courbe  $V_g = -12,5\ \text{V}$ , vous seriez géométriquement plus linéaire sur une plage de fonctionnement plus large.

C'est vrai, mais attention danger ! Vous tombez dans une zone de courants trop faibles, là où les caractéristiques du tube deviennent aléatoires (voir *Led* n°181).

# LA 12AU7 EN PRÉAMPLIFICATION

Attention, je tiens à préciser de nouveau ici que nos causeries sont destinées à l'audio, et uniquement à celle-ci qui reste une application particulière de l'électronique pure.

Choisir une résistance de charge de 11000 Ω pour une 12AU7 peut faire hurler certains, mais n'oubliez surtout pas que nous nous sommes fixé un cahier des charges précis. Si vous essayez avec une charge aussi faible d'amplifier des tensions plus importantes, vous récupérez un taux de distorsion intolérable.

J'insiste : votre cahier des charges doit être votre code de conduite impératif, n'espérez pas construire le même étage d'amplification pour un préamplificateur qui doit être apte à sortir des tensions relativement faibles à taux de distorsion très bas et un « driver » d'étage de puissance qui va devoir fournir des tensions de l'ordre de 100 volts crête voire plus, toujours avec le minimum de distorsion.

## QUEL SERA LE GAIN DE NOTRE ÉTAGE ?

Avec une résistance de 11000 Ω puisque nous avons décidé de faire une clin d'oeil à l'électronique traditionnelle.

Reportons-nous à la figure 4 sur notre réseau. Que constatons-nous ?

Lorsque la tension swing de O' à A' et de O' à B', le courant  $i_a$  passe de 4,5 mA (courant de repos) à 6 mA et de 4,5 mA à 3 mA, soit un swing de courant de  $\pm 1,5$  mA pour une variation de tension de grille de  $\pm 2,5$  volts.

De ces valeurs, nous allons extraire la valeur de la pente « dynamique » au point de fonctionnement choisi en milliam-pères par volt.

$$S_{dyn} = \frac{1,5}{2,5} = 0,6 \text{ mA/volt}$$

Ce qui signifie qu'un swing de 1 volt crête dans notre résistance de charge va représenter une variation de tension  $\Delta U$  ( $\Delta$  signifiant variation de...) dans notre résistance de charge de :

$$\Delta U = R \cdot \Delta i = 11000 \times 0,0006 = 6,6 \text{ volts}$$

Le gain A de notre étage sera dans ce cas de :

$$A = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g} = \frac{6,6}{1} = 6,6$$

Ce gain de 6,6 est largement suffisant car, dans notre cahier des charges, nous avons défini le gain nécessaire pour moduler à fond notre amplificateur de puissance avec une tension d'entrée de 1 volt crête (soit 2 V crête à crête) à :  $A = 3,8$ . Ce qui représentait un gain de 11,6 dB.

Afin de nous habituer à ce genre de calculs (simples !), calculons le gain en décibels pour une résistance de charge de 11 kΩ et une tension d'alimentation  $V_b = 300$  V. Ce qui représente une tension sur l'anode au point de repos :

$V_g = -12,5$  V ;  $i_a = 4,5$  mA et  $V_a = 250$  volts

$$\begin{aligned} A_{dB} &= 20 \cdot \log \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g} \\ &= 20 \cdot \log 6,6 = 16,4 \text{ dB} \end{aligned}$$

Nous verrons plus tard, lorsque nous étudierons les circuits à fond, que cet excès de gain de 4,8 dB nous sera très utile, car nous pourrons appliquer à notre étage une discrète contre-réaction qui, dans ce cas précis, ne présentera que des avantages, mais n'allons pas trop vite ! Pour nous entraîner, calculons la pente dynamique et le gain de notre étage pour une résistance de charge de 30000 Ω (figure 4). De OA, nous constatons une variation de  $i_a$  de 1 mA pour une variation de  $V_g$  de -7,5 V à -5V, soit 2,5 V.

Pente dynamique :

$$S_{dyn} = \frac{\Delta i_a}{\Delta V_g} = \frac{1}{2,5} = 0,4 \text{ mA/V}$$

$\Delta U$  dans la résistance de 30 kΩ :

$\Delta U = R \cdot \Delta i = 30\,000 \times 0,0004 = 12$  volts

Gain A de l'étage :

$$A = \frac{12}{1} = 12$$

soit en dB

$$A_{dB} = 20 \log 12 = 21,58 \text{ dB}$$

Ce qui est bien au-delà du gain que nous cherchions à obtenir. Attention, ce gain important, qui est hors de notre cahier des charges, ne signifie pas que nous n'aurons jamais à l'utiliser dans d'autres cas de figures... Ne me faites pas dire ce que je ne veux pas dire !

Si j'ai choisi ces deux exemples, c'est pour vous montrer que seule l'analyse graphique d'un circuit peut vous donner des résultats exacts.

En effet, si nous nous appuyons uniquement sur les formules extraites des « réseaux idéalisés » (voir *Led* n°178) et universellement utilisées par les théoriciens... et les logiciels informatiques, vous avez des chances d'avoir de sacrés surprises. En vous évitant de manipuler les équations (simples !) qui permettent d'obtenir les résultats dits « universels », la formule finale du gain d'un tube électronique s'écrit :

$$A = \frac{V_a}{V_g} = \mu \frac{R_a}{R_a + \rho}$$

Avec :

$\mu$  : coefficient d'amplification du tube

$R_a$  : Résistance de charge

$\rho$  : Résistance interne

Si nous appliquons cette formule en choisissant  $R_a = 11000$  Ω, notre 12AU7 ayant un  $\mu = 17$  et un  $\rho = 7700$  Ω, nous obtiendrons :

$$A = \mu \frac{R_a}{R_a + \rho}$$

$$= 17 \times \frac{11000}{11000 + 7700} = 10$$

Pour une résistance de charge de 30000 Ω

$$A = 17 \times \frac{30000}{30000 + 7700} = 13,52$$

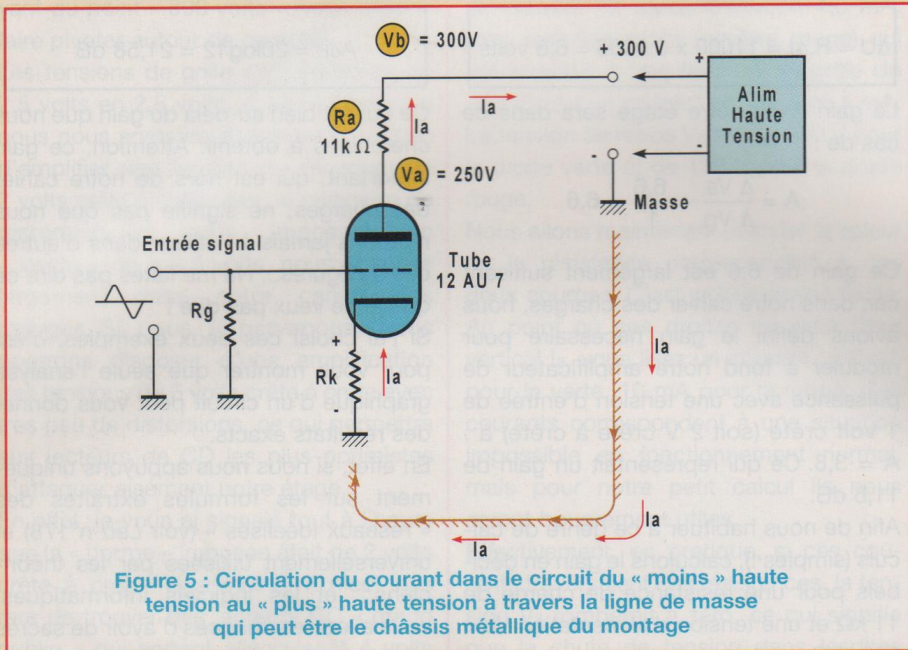


Figure 5 : Circulation du courant dans le circuit du « moins » haute tension au « plus » haute tension à travers la ligne de masse qui peut être le châssis métallique du montage

Or, graphiquement, nous obtenons respectivement 6,6 pour 11000 Ω et 12 pour 30000 Ω (et ces résultats là sont exacts, croyez-moi !). C'est pour cette raison que l'on augmente la valeur de Ra afin de rapprocher le gain de l'étage au (μ) du tube (voir formule précédente : si Ra augmente, le quotient

$$\frac{R_a}{R_a + \rho}$$

se rapproche de 1 puisque (ρ) reste constante.

Donc attention aux calculs théoriques lorsque vous abordez un montage, ces calculs ne peuvent vous indiquer qu'une approximation des résultats finaux.

Lorsque vous travaillerez avec plusieurs étages, si vous vous basez uniquement sur les calculs, vous multipliez les erreurs. C'est pour cette raison que les méthodes graphiques sont universellement utilisées... y compris pour les transistors.

## COMMENT POLARISER NOTRE TUBE ?

Jusqu'à présent, pour torturer notre 12AU7/ECC82, nous avons utilisé une

batterie ou une pile afin de polariser négativement la grille (voir Led n°178). Aujourd'hui, nous abordons un montage réel et si possible utilisable. Il n'est donc pas question de se charger de 20 kg de matériel pour écouter un peu de musique !

Le fait de polariser la grille négativement à l'aide d'une alimentation autonome ou extérieure s'appelle une « polarisation fixe ». On l'utilise dans certains montages et en audio, surtout pour les étages dits de « puissance » que nous étudierons ensemble lors de prochains articles. Ici, nous allons utiliser un autre procédé que l'on appelle « polarisation automatique ».

Sur la **figure 5**, nous avons reproduit très schématiquement une triode accompagnée de son système d'alimentation afin de vous habituer avec les représentations normalisées. La source de haute tension a son pôle négatif connecté à la masse. Ce symbole « masse » signifie que tout point du ou des circuits qui seront connectés à ce symbole seront au potentiel zéro, par rapport au (+) de la source de haute tension. Cette masse commune peut être constituée par le châssis métallique de votre circuit, par

un conducteur ou une « piste de masse » sur un circuit imprimé.

Ce qui est important de comprendre est que le ou les courants qui circuleront dans vos circuits emprunteront nécessairement ce circuit de masse, nécessairement bon conducteur, pour retourner au (+) de l'alimentation, ici du (-) haute tension (potentiel zéro) au (+) haute tension. Car, comme vous le savez, en électronique à tubes, ce sont les électrons que l'on suit et comme ces petites bêtes charmantes sont des charges négatives, leur instinct naturel va les diriger du (-) de l'alimentation vers le (+) de cette dernière.

Cette réflexion anthropomorphique va nous permettre de comprendre le principe de la polarisation automatique.

Reportons-nous à la figure 5 en partant du (-) haute tension (potentiel 0). Le circuit étant fermé par notre brave 12AU7, les électrons vont se précipiter du pôle (-) haute tension vers le pôle (+) en donnant naissance au courant « I ». Ils vont donc traverser la « ligne de masse » (représentée par des hachures), traverser la résistance Rk, le tube, la résistance Ra (résistance de charge) et revenir au (+) de l'alimentation.

Tant que le circuit sera fermé par le tube, ce grand manège perdurera.

Maintenant, parlons de Rk, autrement dit de la résistance dite de « polarisation automatique ». Comment une simple résistance parcourue par le flux électronique peut-elle assurer la polarisation négative de la grille ? Ce brave monsieur de La Palice aurait répondu « Tout dépend de quel côté on se trouve ! ». Je m'explique. Vu de la cathode, on observe la grille qui doit être négative afin de contrôler la charge d'espace (voir Led n°175). Mais supposons qu'au lieu d'être assis sur la cathode, on se poste sur la grille et que l'on regarde vers la cathode... Eh bien, on verra une cathode positive par rapport à notre position, à condition que nous soyons reliés au sol... Pardon, à la masse, soit au potentiel zéro.

# LA 12AU7 EN PRÉAMPLIFICATION

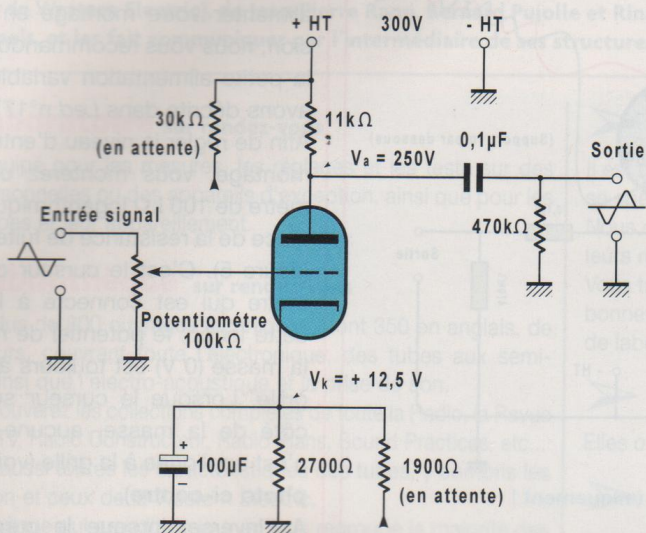


Figure 6 : Schéma du montage d'essai

Descendons de cette grille, position très inconfortable, et postons-nous devant  $R_k$ . Elle est traversée par le courant « I ». Comme toute honnête résistance parcourue par un courant, une différence de potentiel va apparaître à ses bornes. Or, le pied de cette résistance étant à la masse, donc au potentiel zéro, en fonction du sens du courant du (-) vers le (+), la partie supérieure de la résistance se trouvera à un potentiel positif par rapport à la masse. Étant elle-même connectée à la cathode, cette dernière se trouvera donc à un potentiel positif par rapport à la masse. La différence de potentiel aux bornes de la résistance se calcule... en utilisant la sempiternelle loi d'Ohm, bien sûr !

$U_k = R_k \cdot I_a$  (R en ohms et I en ampères)  
 Dans notre montage pour une haute tension «  $V_b$  » de 300 V, une tension d'anode de 250 V et une résistance de charge de 11 k $\Omega$ , nous avons défini une tension négative de grille de - 12,5 V pour un courant «  $I_a$  » de 4,5 mA. Si nous fixons le potentiel de grille à 0V, pour obtenir le même résultat, il nous faudra porter la cathode à + 12,5 volts.

D'après  $U_k = R_k \cdot I_a$ , nous aurons :

$$R_k = \frac{U_k}{I_a} = \frac{12,5}{0,0045} = 2777 \Omega$$

Comment fixer le potentiel de la grille à 0 volt ? Il suffit de la relier au sol... pardon à la masse !

On pourrait le faire avec un simple bout de fil conducteur, mais croyez-moi dans ce cas notre tube ne servirait pas à grand chose.

Sans entrer dans les détails (importants!) que nous étudierons à fond plus tard, sachez que la grille n'étant en principe parcourue par aucun courant, il suffit de la réunir à la masse à travers une résistance de valeur relativement élevée que nous apprendrons à calculer... plus tard ! (valeur habituelle dans le cas d'un 12AU7 : de 100 k $\Omega$  à 470 k $\Omega$ ).

Pour vous habituer aux termes génériques que l'on emploie un peu par paresse, sachez que l'on parle de « chute de tension » lorsqu'une résistance est parcourue par un courant. Cette expression est erronée, il faudrait parler de « différence de potentiel aux bornes d'une résistance parcourue par un courant ».

C'est long et peu pratique, aussi ne vous étonnez pas lorsque vous entendrez « chute de tension aux bornes de la résistance de polarisation » ou pire « chute dans  $R_k$  »...

Le principal est de se comprendre, n'est-ce-pas ?

## DÉCOUPLONS

Allons bon ! Qu'est-ce encore que cela ? Eh bien mes amis, ce terme barbare, vous l'entendrez souvent. Pour ce qui concerne notre montage, je vous demande pour la dernière fois de vous poster près de la résistance  $R_k$ . Tant que le tube est au repos, tout va bien. Mais que se passe-t-il lorsque la tension  $V_g$  va swinquer de  $\pm 2,5$  volts (figure 4) ?

Comme vous avez tout compris, et en vous reportant au réseau  $I_a = f(V_a)$  à  $V_g = \text{constante}$ , vous répondrez « la » va varier de  $\pm \Delta I_a$ , soit de  $\pm 1,5$  mA, il n'y a pas de quoi fouetter un chat ! Eh bien si figurez-vous, cette variation de  $\pm 1,5$  mA va aussi traverser notre résistance qui bêtement verra sa différence de potentiel par rapport à la masse varier de :

$$\pm \Delta U_k = \pm R_k \times \Delta I_k = 2777 \times 0,0015 = \pm 4,16 \text{ V}$$

Soit passer de +12,5 volts à + 8,34 volts et de +12,5 volts à +16,66 volts. Ce phénomène est d'ailleurs utilisé dans certains montages, mais il est vraiment beaucoup trop tôt pour vous parler de la contre-réaction !

Nous étudierons en détails, dans l'étude des circuits, les notions de réactance des condensateurs. Sachez uniquement aujourd'hui que nous utiliserons un condensateur dit de « découplage » aux bornes de notre résistance  $R_k$  qui aura une double fonction : laisser passer sans aucun frein la composante alternative  $\pm \Delta I_a$  entre la cathode et la masse, et éviter à cette composante de traverser  $R_k$  qui n'enverra que le courant de repos «  $I_a$  » et donc maintiendra le potentiel de la cathode à + 12,5 volts, quelle que soit la variation  $\Delta I_a$  du signal.

Ce condensateur (que nous apprendrons

## ET SI ON PARLAIT : « TUBES »

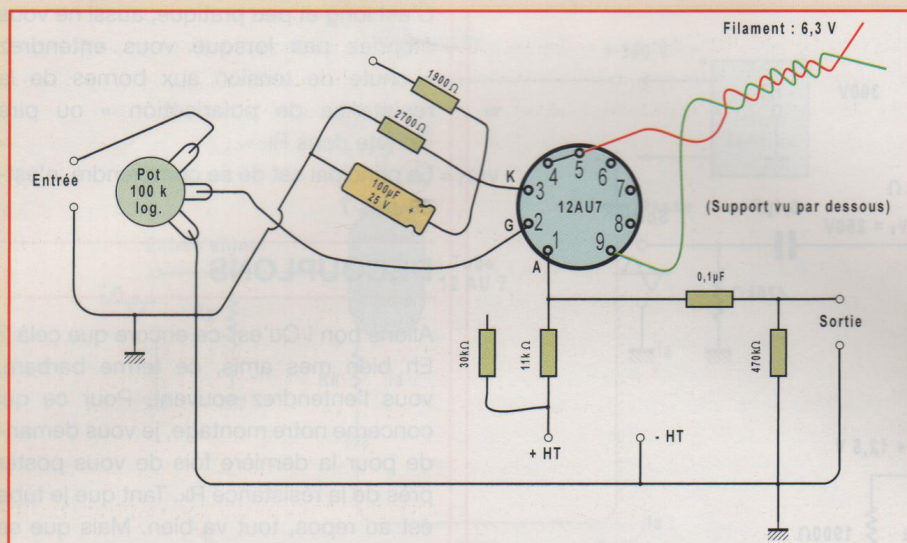
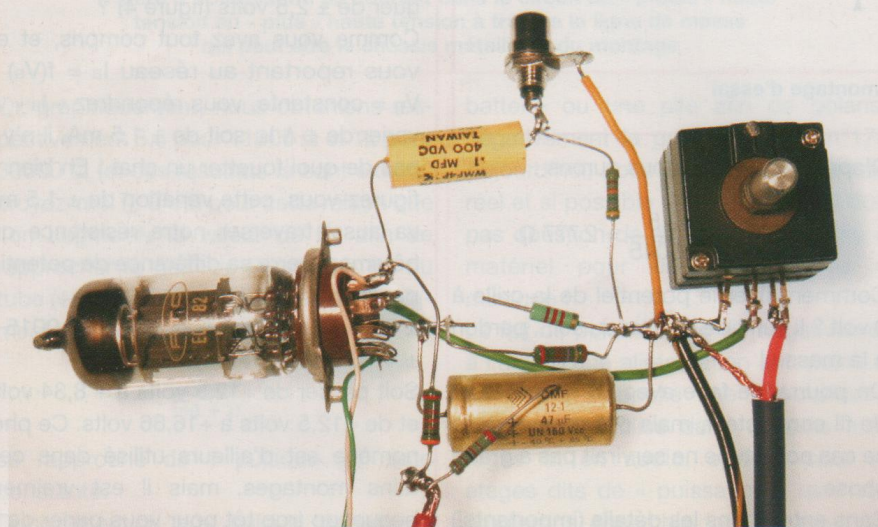


Figure 7 : Montage « chevelu » pour essais uniquement !



Ceci est l'horrible montage « chevelu » qui va servir à vos essais. On voit nettement les deux résistances, charge et cathode, que vous monterez pour qu'elles soient prêtes à être substituées à  $R_k$  et  $R_a$ , résistances que vous avez soudées en premier. Attention où vous mettez les doigts !

à calculer) aura, dans le cas présent, une capacité importante de l'ordre de 50 à 100 microfarads ( $\mu\text{F}$ ).

Attention, sa tension d'isolement doit tenir compte de la tension alternative de 4,16 volts, plus la tension aux bornes de  $R_k$  : + 12,5 V, soit au minimum 16,6 V. Par sécurité, on prendra une tension d'isolement du condensateur de 25 volts au minimum.

Un dernier point : inutile de chercher une résistance de 2777  $\Omega$ , vous ne la trouve-

rez pas. Contentez-vous d'une résistance de 2700  $\Omega$  qui est normalisée, les 77  $\Omega$  qui nous manquent ne représenteront qu'une différence de tension de :  
 $U = R \times I = 77 \times 0,0015 = 0,11$  volt  
 Croyez-moi, ce n'est vraiment rien !

### AU TRAVAIL

Pour jouer avec votre 12AU7, vous allez réaliser un « montage en l'air », ce qu'en terme de métier, on appelle un

« chevelu » d'après le schéma définitif que nous avons reproduit (figure 6). Pour alimenter votre montage en haute tension, nous vous recommandons d'utiliser la petite alimentation variable que nous avons décrite dans *Led* n°177 p.14 . Afin de régler le niveau d'entrée de votre montage, vous monterez un potentiomètre de 100 k $\Omega$  logarithmique, en lieu et place de la résistance de fuite de grille  $R_g$  (figure 5). C'est le curseur du potentiomètre qui est connecté à la grille. De cette façon, le potentiel de référence de la masse (0 V) est toujours appliqué à la grille. Lorsque le curseur se trouve du côté de la masse, aucune modulation n'est appliquée à la grille (voir figure 7 et photo ci-contre).

A l'inverse, lorsque le curseur est au maximum, 100 % de la modulation atteint la grille. Quelle que soit la position du curseur, la grille sera toujours référencée à la masse. C'est le potentiomètre qui fait office de résistance de fuite, quelle que soit la position du curseur.

Pour régler le niveau, nous aurions pu placer le potentiomètre à la sortie du montage après le condensateur d'isolement de 0,1  $\mu\text{F}$  qui ne laissera passer que la modulation tout en bloquant les 300 V. Lors de notre prochain article, lorsque nous aurons fait subir au montage tous les outrages possibles et imaginables, nous analyserons les avantages et inconvénients de ces deux positions possibles du potentiomètre.

A propos, prévoyez la possibilité de changer facilement  $R_a$  et  $R_k$ , ce que nous ne manquerons pas de faire lors de nos essais et tests.

Si tout est correct sur votre montage, vous pouvez connecter votre lecteur CD à l'entrée de votre étage préamplificateur et la sortie à l'entrée de votre amplificateur. Attention, ne rêvez pas, vous n'aurez pas une « super machine audiophile », ce serait trop facile ! Quoique ! Il y a bien des constructeurs qui s'en contentent...

**Amusez-vous bien**  
**Rinaldo Bassi**



## 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 appareillage.

### ➤ **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.

### ➤ **Les Manifestations exceptionnelles** avec participation aux frais

### ➤ **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 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 €.

### ➤ **Les bulletins de l'association ARTS**

Ils peuvent être commandés uniquement par les membres de l'association au prix de 10 € par exemplaire de 100 pages, port inclus.

1 - Les amplificateurs de puissance à tubes : 4 bulletins de 100 pages dont une schémathèque.

2 - Les préamplificateurs à tubes : 4 bulletins de 100 pages.

3 - Les enceintes acoustiques : 4 bulletins de 100 pages.

4 - Quand l'Audio rencontra l'Electronique : 9 bulletins de 100 pages (de 1937 à 1960).

5 - Au secours ! La stéréo arrive et la stéréo est arrivée ! : 3 bulletins de 100 pages (de 1958 à 1962).

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 : \_\_\_\_\_

Je ne suis pas abonné à LED

Ci-joint chèque de 55 € libellé à l'ordre de : Association ARTS

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 : \_\_\_\_\_

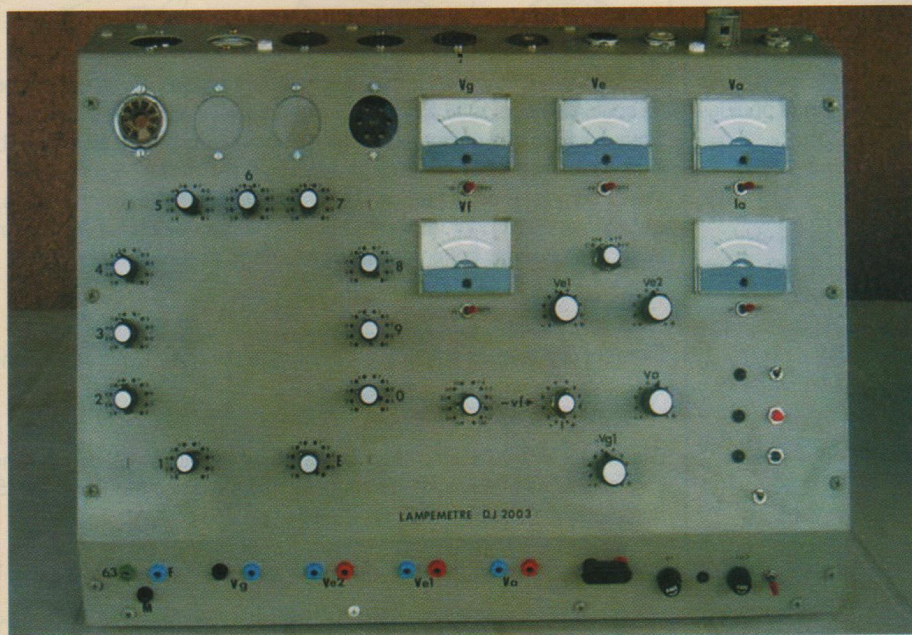
Association Française des Arts et Techniques du Son (Association Loi 1901 déclarée à la Préfecture de Police de Paris le 17 mai 1994)

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**

# LAMPEMÈTRE DJ 2003



Nous disposons d'un coffret en forme de « pupitre » et de tous les modules nécessaires à la réalisation du « lampemètre » (voir *Led* n<sup>os</sup> 179 et 180) Il ne nous reste plus qu'à entreprendre la dernière phase de ce projet qui est l'interconnexion générale de l'appareil.

**L**es interconnexions vont être facilitées par l'emploi de languettes femelles à sertir qui s'enfichent dans les cosses mâles soudées aux différents modules tout en « s'appuyant » sur la publication de quatre plans de câblage détaillés.

## LES INTERCONNEXIONS

### LA PINCE À SERTIR

Pour s'en servir, c'est très simple. Il suffit de présenter et d'introduire la cosse « renversée » côté gauche de la pince, dans la première alvéole uniquement. Le fil préalablement dénudé sur une longueur de 3 mm s'emboîte de l'autre côté. Cette partie dénudée est sertie par les

languettes centrales. Les languettes externes s'incrètent sur l'isolant.



La **photo A** précise nos dires. Il est fait usage d'une pince à sertir Velleman, modèle VTNCT.

### FAÇADE PRINCIPALE, CÔTÉ INTÉRIEUR

Déposer cette partie sur une table de travail en intercalant une protection qui doit protéger les appareils de mesure et les inscriptions déjà mises en place. Le câblage va commencer, en ayant toujours en mémoire le synoptique de fonctionnement de l'appareil. Câbler entièrement l'intérieur de la façade, avant d'effectuer les interconnexions façade/circuits d'alimentation, chauffage filament ou circuit de régulation.

### CIRCUITS FILAMENTS

Le travail consiste à câbler en parallèle tous les supports de lampes et à les alimenter depuis le transformateur dédié à cet effet. Interposer le commutateur de sélection de la tension, le rhéostat, le circuit « test continuité filament », le bloc de combinaisons déjà précâblé, et raccorder le voltmètre de mesure tension filament (**figure 33**).

Dans un premier temps, vous allez réaliser la connexion de masse générale.

Vous allez préalablement préparer une ligne joignant toutes les bornes de « masse » situées au bas de la face avant de l'appareil. Les cosses de diamètre intérieur 6,2 mm en facilitent le câblage.

Toutes les masses annexes doivent converger vers le sommet gauche de la platine supportant le bloc de combinaisons. C'est ce point qui doit être mis à la masse générale « châssis ». Le circuit imprimé qui sera fourni par la revue a été modifié dans ce sens. Pour le circuit de base publié dans *Led* n°179, fixer plusieurs cosses « languette » sous l'écrou de serrage, sur lesquelles vous soudez les six connexions de masse.

Si vous optez pour le câblage à l'aide de cosses « languette », préparez des longueurs convenables de fils.

Effectuer les connexions de masse **séparément** depuis le point commun du bloc de combinaisons avec :

- chaque galvanomètre (sauf Ia),
- masse HT,
- masse filament,



# VÉRIFIEZ ET APPAIREZ VOS TUBES

- ligne de masse commune aux bornes de mesures,
- masse régulation.

## Les supports de lampes

A l'aide d'un fil rigide de 0,6 mm de diamètre, câbler en parallèle tous les supports de lampes (figure 33). Pour le principe, démarrer de la broche 1 du premier support, pour rejoindre la broche 1 du second support, et ainsi de suite. Mesurer la longueur utile de fil entre deux supports, puis le dénuder à chaque extrémité sur 5 mm environ. Positionner ce conducteur sans le souder. Préparer un second fil, le dénuder comme précédemment et le placer depuis la cosse précédente ayant déjà un fil. Effectuer alors la première soudure... et ainsi de suite jusqu'au dernier support et la dernière broche.

## Le bloc de combinaisons

A l'aide d'un câble de 0,93 mm<sup>2</sup> de section, raccorder toutes les broches du support de lampe, celui le plus près du bloc de combinaisons respectivement aux sorties repérées B1 à B8. B9 ira à la fois sur les broches 9 des supports magnoval et décal. B0 rejoindra la broche 10 du support décal (si vous avez réussi à vous en procurer). Puis BE rejoindra successivement les deux douilles blanches supérieures. Souder côté support de lampe. Raccorder côté bloc éventuellement par des cosses.

## Compléter le circuit filament

Les fils venant de la platine commandes/tests seront torsadés et placés parallèlement au bord inférieur et au niveau immédiatement supérieur de cette platine (voir photo de la façade câblée). Les liaisons de masses seront parallèles au champ gauche du bloc de combinaisons.

Après câblage, percer des trous de  $\varnothing$  2,5 mm sur ce bord gauche du bloc de combinaisons dans lesquels vous passerez un fil de « frettage » pour immobiliser les fils... Effectuer les connexions suivantes :

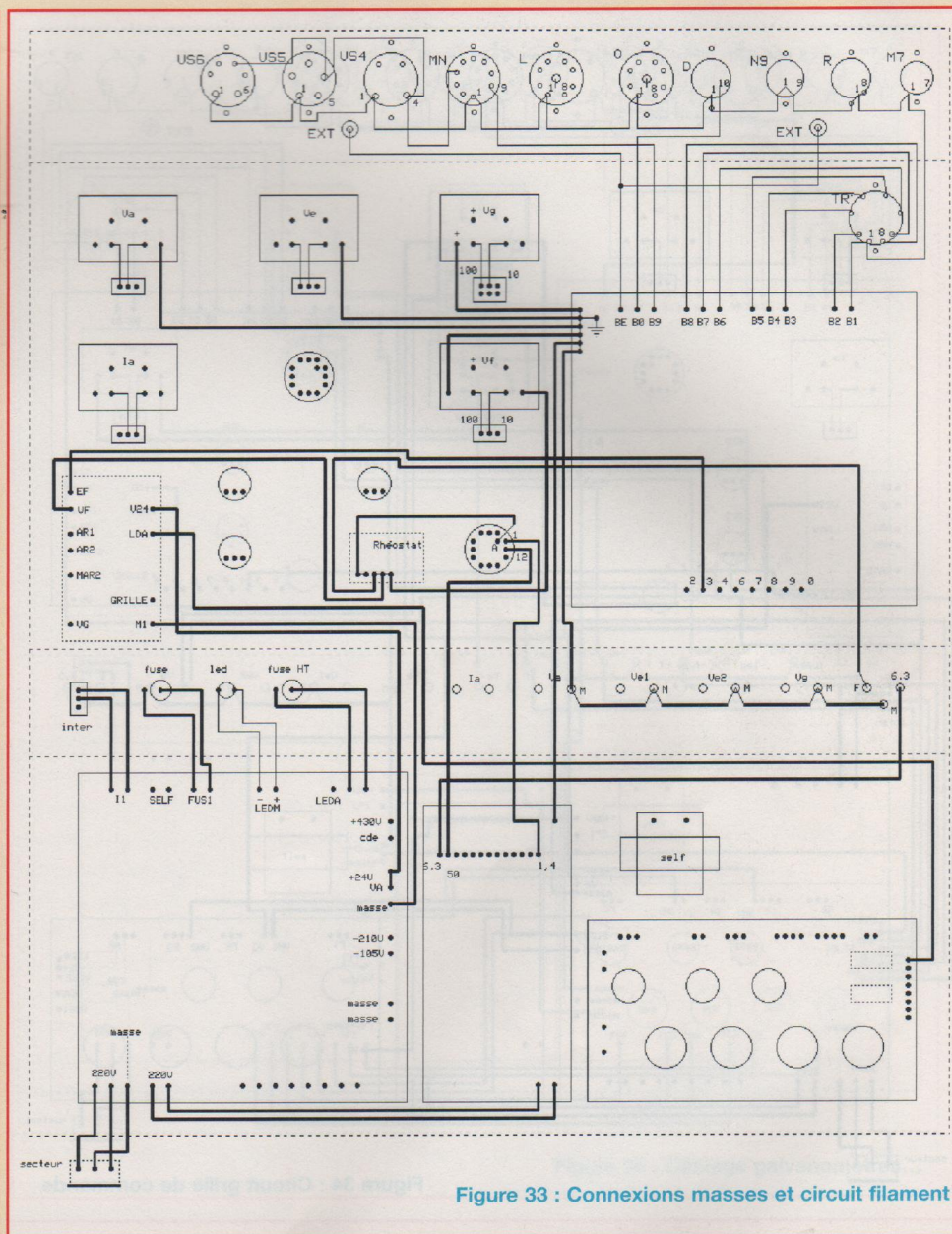


Figure 33 : Connexions masses et circuit filament

- Broche [A] sortie commutateur tension filament – entrée rhéostat.
- Sortie 1 rhéostat – borne [Vf] circuit commandes/tests.
- Sortie 2 rhéostat – borne [VF2] interface mesure tension filament.
- Sortie 3 rhéostat - Douille F.
- Borne [EF] circuit commandes/tests – borne [3] du bloc de combinaisons.

Il reste à réaliser les connexions entre le transformateur du chauffage filament et

le commutateur de « sélection de tension ». Préparer 12 fils de longueurs suffisantes que vous soudez sur le commutateur de « sélection de tension ». Le raccordement coté transformateur sera effectué après la mise en place de la façade dans le châssis principal. Disposer la façade à plat et renversée devant le pupitre pour déterminer les longueurs. Chaque fil sera ajusté au moment du raccordement final.

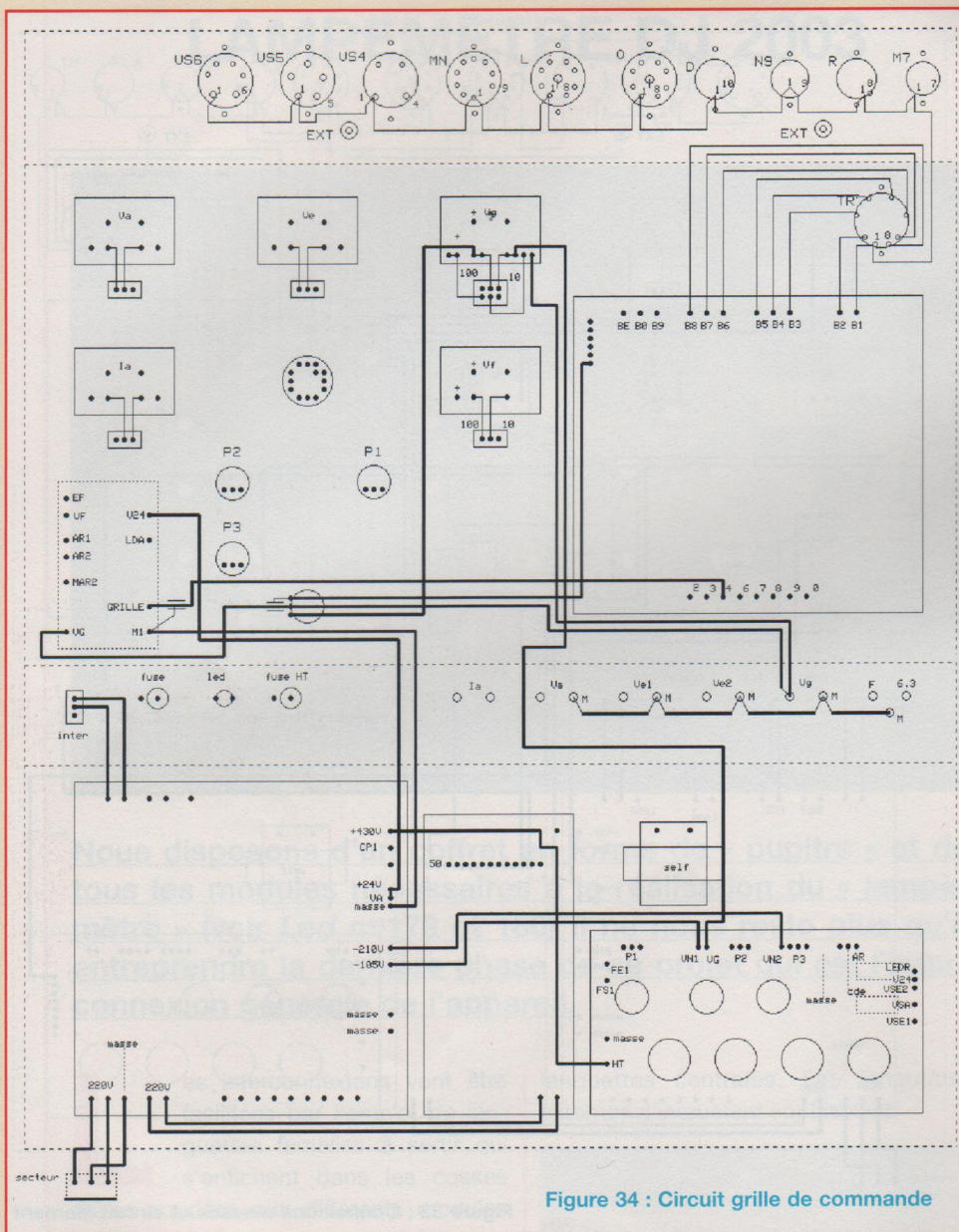


Figure 34 : Circuit grille de commande

## CIRCUIT GRILLE DE COMMANDE

En se servant du schéma de la **figure 34**, réaliser les interconnexions proposées. Le potentiomètre de réglage (Vg) a une valeur de 47 kΩ. Il est de type PE30/47kΩ (3W) ou équivalent. Il doit être de bonne qualité car il y a 100 V entre ses deux extrémités. Mettre à la masse le pied du potentiomètre (-Vg) par un fil blanc (cosse supérieure).

A l'aide d'un fil noir, réaliser l'alimentation du potentiomètre :

- Borne (Vg) platine à tubes – entrée interface VG [IG5]
- Sortie résistance interface VG [IG3] – entrée potentiomètre (-Vg) (cosse inférieure). A l'aide de câbles blindés, tresse à la masse d'un seul côté, effectuer :
- Curseur potentiomètre et tresse sur pied du potentiomètre – douille (Vg) de mesure.

- Curseur potentiomètre et tresse à la masse – entrée platine commandes/tests [VG].
- Sortie platine commandes/tests [GRILLE] (+ tresse à la masse) – entrée [4] bloc de combinaison.

## LES GALVANOMETRES

Se servir du schéma de la **figure 35**. Les mesures des tensions « grille » et « filament » ont déjà été réalisées.

On doit mesurer le courant plaque et les trois hautes tensions. On effectue la mesure de ces tensions avant leur application sur les électrodes correspondantes, donc en amont des contacteurs des deux relais d'application des sources HT. Réaliser les connexions suivantes dans l'ordre :

- Douille [-] de la à la borne [MA2] interface galvanomètre la (+).
- Borne sortie interface la [MA1 ou (-)] – borne [8] bloc de combinaisons.
- Douille [+] Va (ne pas souder) - Borne entrée interface Va [VA2].
- Douille [+] Ve1 (ne pas souder) – Broche [1] commutateur sélection mesure source.
- Douille [+] Ve2 (ne pas souder) – Broche [2] même commutateur.
- Borne [9] bloc combinaisons – Broche [3] même commutateur.

Toutes les connexions internes de la façade ont dû être réalisées.

## PREMIER CONTROLE

### Préparation

Avant d'effectuer les connexions d'alimentations, il est recommandé de tester isolément la platine redressement HT. A cet effet, placer un strap sur la double borne « I1 », un strap fusible (0,5A) sur la double borne « FUS1 » et une résistance de 47 ohms sur « SELF1 ». On raccorde ensuite un cordon secteur sur les bornes SECT1 et SECT2 de cette platine. Mettre en place les tubes 0B2. Préparer un voltmètre sur la position 1000 V/DC que l'on raccorde à l'aide de deux grip-fils : le cordon rouge (+) sur la cathode de D2, le cordon noir (-) sur l'anode de D1.

# VÉRIFIEZ ET APPAIREZ VOS TUBES

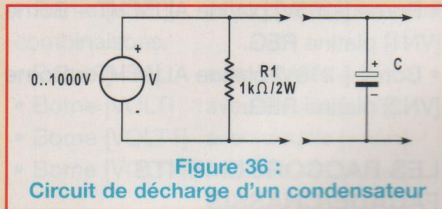


Figure 36 :  
Circuit de décharge d'un condensateur

Si vous n'en possédez pas, préparez préalablement un circuit de décharge des condensateurs.

Celle-ci se fera à travers une résistance de faible valeur (1000 Ω - 2 W) par exemple, que l'on placera en parallèle sur un voltmètre de contrôle (figure 36). Mettre un côté à la masse en respectant les polarités.

A l'aide de la pointe de touche, on viendra respectivement toucher les points chauds à décharger.

## Mesures

Brancher le cordon secteur en ayant l'œil sur le multimètre. Si une tension s'inscrit, c'est que tout va bien. On doit lire une tension de l'ordre de 400 V.

Déplacer le fil rouge pour vérifier la tension sur le bornier « SELF » (même tension puisque le circuit « utilisation » est ouvert).

Mesurer les tensions négatives par rapport à la masse sur les points « VN1 » - 105V et « VN2 » -210 V .

Il reste à vérifier le 24 V sur la borne VA. Si tout est correct, on peut fixer cette platine au fond du châssis.

## LE CHASSIS PRINCIPAL

Avant d'effectuer les dernières interconnexions entre la façade et les trois platines disposées sur le châssis principal, effectuer les liaisons ci-après.

Nous désignerons ces platines par les abréviations « ALIM HT », « FIL » et « REG » comme REGulation pour la platine à tubes, platine CDE/T pour commandes/tests.

Nous commencerons par les tensions « filament » de la platine REG. Bien respecter les sources vis-à-vis de leurs charges. Par paires torsadées à l'aide de deux fils de couleur différente, réaliser :

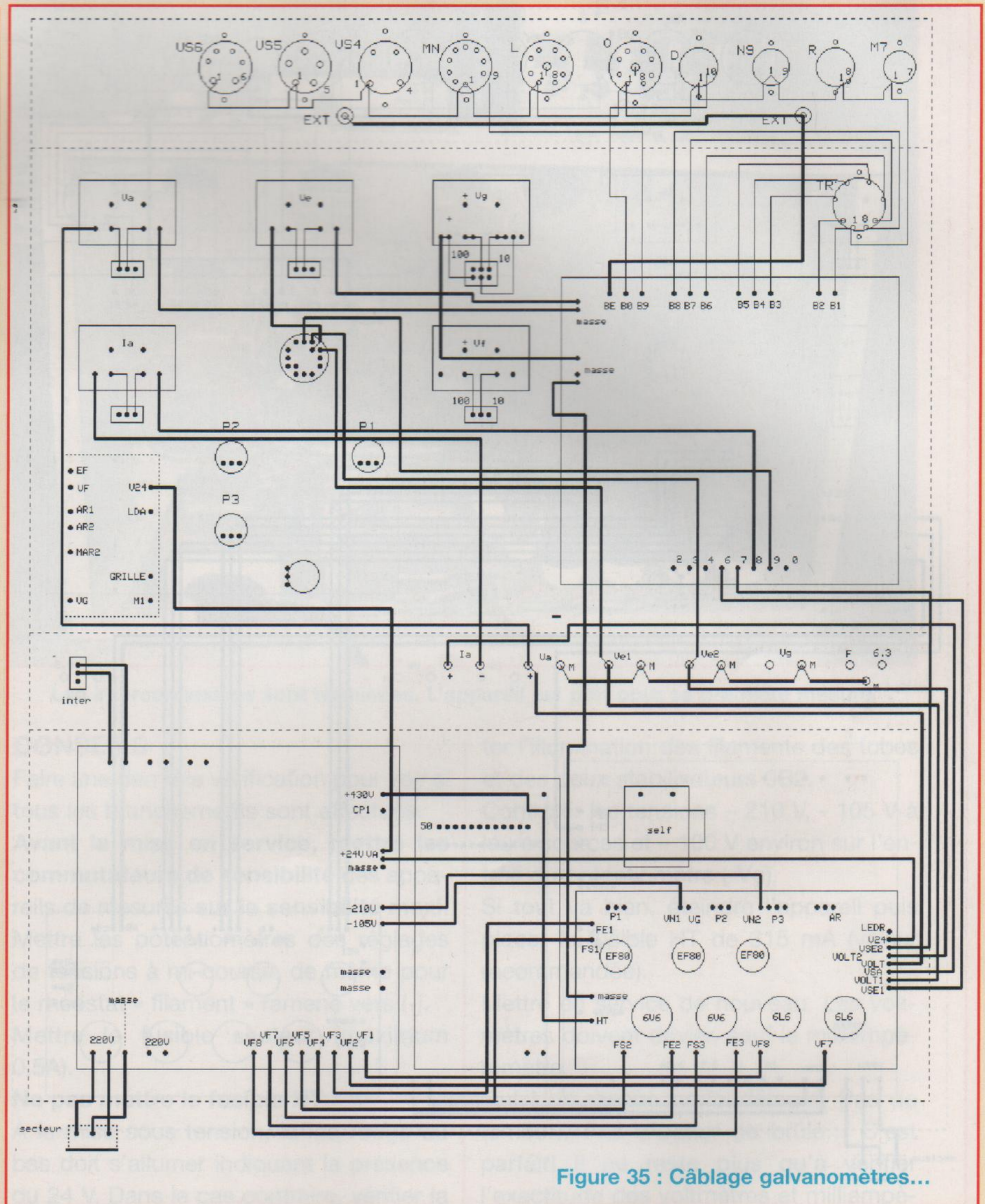


Figure 35 : Câblage galvanomètres...

- Borne [VF1] platine ALIM HT – Borne [VF8] platine REG.
- Borne [VF2] platine ALIM HT – Borne [VF7] platine REG.
- Borne [VF3] platine ALIM HT – Borne [FE1] platine REG.
- Borne [VF4] platine ALIM HT – Borne [FS1] platine REG.
- Borne [VF5] platine ALIM HT – Borne [FS2] platine REG.
- Borne [VF6] platine ALIM HT – Borne [FE2] platine REG.

- Borne [VF7] platine ALIM HT – Borne [FS3] platine REG.
  - Borne [VF8] platine ALIM HT – Borne [FE3] platine REG.
- Continuons par l'alimentation secteur de la platine ALIM HT et celle de la platine FIL à l'aide de fils de section 0,93 mm<sup>2</sup> et de couleur « brun » pour la phase, « bleu » pour le neutre, « jaune » pour la terre.
- Borne gauche prise secteur (souder) – Borne [SECT1] platine ALIM HT (emboîter cosse).

# LAMPEMÈTRE PROFESSIONNEL

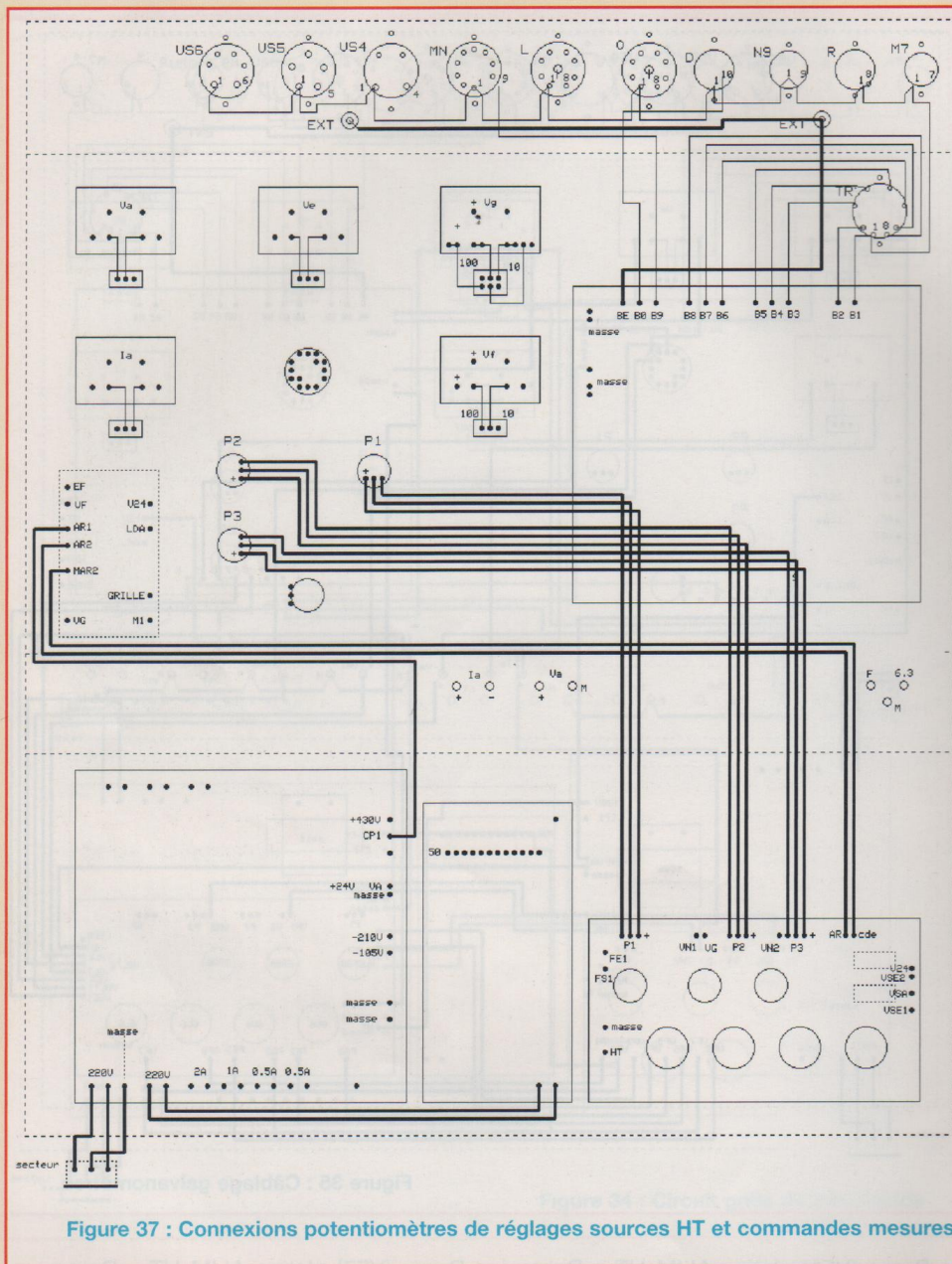


Figure 37 : Connexions potentiomètres de réglages sources HT et commandes mesures

- Borne centrale prise (terre à souder) – Borne [TERRE] platine ALIM HT (emboîter cosse).
- Borne droite prise secteur (souder) – Borne [SECT2] platine ALIM HT (emboîter cosse).
- Borne [SEC1] platine ALIM HT – Borne [SEC1] platine FIL.
- Borne [SEC2] platine ALIM HT – Borne [SEC2] platine FIL.

Alimenter la platine REG : un conducteur rouge pour la HT, un noir pour la masse, un blanc pour le - 105 V et un jaune pour le - 210 V puis raccorder la self de filtrage.

- Borne [SELF1] platine ALIM HT – entrée self HT ( pas de sens particulier).
- Borne [SELF2] platine ALIM HT - sortie self HT.
- Borne [+430V] platine ALIM HT – Borne [HT ] platine REG.

- Borne [-105V] platine ALIM HT – Borne [VN1] platine REG.
- Borne [-210V] platine ALIM HT – Borne [VN2] platine REG.

## LES RACCORDEMENTS FAÇADE/CHASSIS

### Les commandes, fusibles, led...

Raccordement des éléments suivants avec la platine ALIM HT en laissant du « mou » dans la longueur des fils (figure 33):

- L'interrupteur général, bornes [I1](2 fils).
- Le fusible secteur, bornes [FUS1] (2 fils).
- La led, témoin mise sous tension générale :
  - masse : borne [LEDK];
  - + borne [LEDM];
- Le fusible HT [FHT1 – FHT2].
- L'alimentation + 24V avec la platine commandes/test, depuis une borne [VA], platine ALIM HT à la borne [V24], platine commandes/tests.

### Les tensions « chauffage filament » : fils de section 0,93 mm<sup>2</sup>

- Effectuer les douze liaisons du 1,4 V au 50 V avec le commutateur de sélection de tension. Le 1,4 V se raccorde sur la broche 1 de ce commutateur, le 2,4V sur la broche 2, etc. Après réalisation, effectuer un frettage de ce toron de 12 fils.
- Réaliser la connexion de masse, borne [MASSE] platine FIL avec le **point commun masse** façade.
- Réaliser la connexion « spécialisée 6,3 V » : borne [V6] platine FIL avec la douille 6,3 V (laisser le fil seul dans le fond du coffret – ne pas l'insérer dans le toron horizontal).

### Les trois sources HT commutées et les trois mesures de tensions

Réaliser les connexions suivantes : couleur rouge pour la HT/Va, blanche pour Ve1, jaune pour Ve2, respectivement entre les bornes suivantes de la platine REG vers la façade.

Interconnexions Platine REG (figure 35).

- Borne [VSE1] avec borne [6] bloc de combinaisons.

# VÉRIFIEZ ET APPAIREZ VOS TUBES

- Borne [VSE2] avec borne [7] bloc de combinaisons.
- Borne [VSA] avec douille [+ Ia].
- Borne [VOLT] avec douille [+ Va].
- Borne [VOLT1] avec douille [+ Ve1].
- Borne [VOLT2] avec douille [+ Ve2].

## Les trois potentiomètres de réglages sources HT (figure 37)

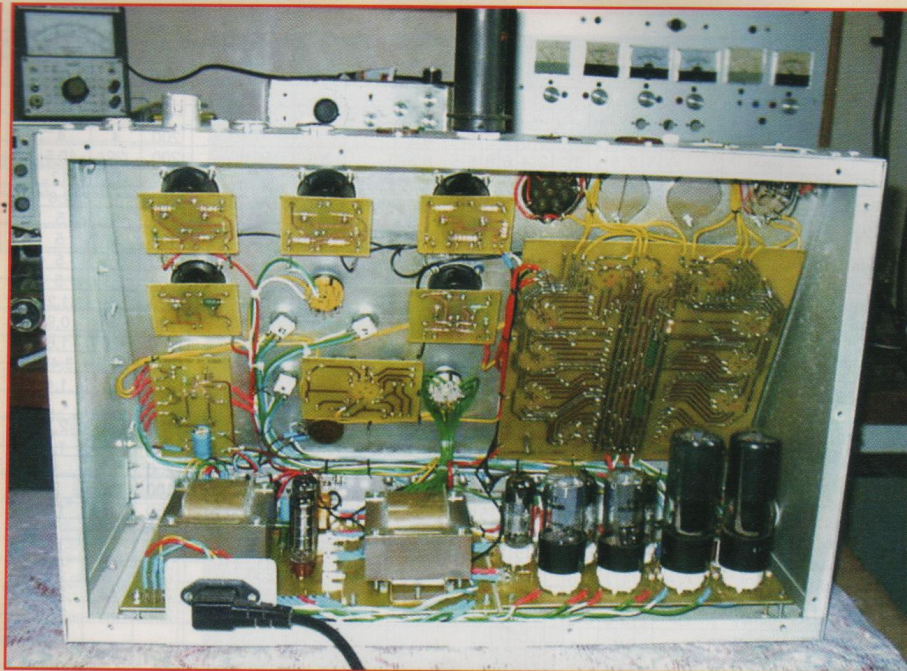
Réaliser les connexions de chaque potentiomètre à l'aide de 3 fils de couleurs différentes : le vert sur le curseur, le bleu à gauche, le jaune à droite.

- Couper 3 fils de longueur suffisante entre P1 (façade) pour aller aux bornes P1E, P1V, P1S de la platine REG, en laissant 3 cm de plus;
- Souder respectivement coté potentiomètre;
- Aligner les fils qui descendent rejoindre le toron horizontal placé juste au-dessus des douilles de mesures;
- Les immobiliser sur ce toron jusqu'au niveau du raccordement;
- Coupez le premier à la bonne longueur vis-à-vis du point de raccordement (en principe le fil jaune) puis placer cette extrémité sur la borne [P1E].
- Faire de même respectivement pour les deux autres bornes : le vert sur [P1V], le bleu sur [P1S].
- Similairement, connecter P2 aux bornes respectives [P2E], [P2V] et [P2S];
- Connecter P3 aux bornes respectives [[P3E], [P3V] et [P3S].

Ouf, c'est presque terminé... restent les trois fils de commande.

Il faut réaliser le circuit (+24V) (bouton marche) (bobines relais) (bouton arrêt) (coupure surintensité) (masse) :

- Le + 24 V est déjà sur la platine commandes/tests.
- Mettre un fil blanc depuis la borne [MAR2] pour aller à la borne [CDE] de la platine REG;
- Mettre un fil bleu depuis la borne [AR2] platine CDE/T à la borne [AR] de la platine REG;
- Mettre un fil jaune depuis la borne [AR1] platine CDE/T à la borne [CP1] de la platine ALIM HT.



Les interconnexions sont terminées. L'appareil est prêt pour sa première mesure

## CONSEILS

Faire une dernière vérification pour voir si tous les branchements sont effectués.

**Avant la mise en service, mettre les commutateurs de sensibilité des appareils de mesures sur la sensibilité maxi.** Mettre les potentiomètres des réglages de tensions à mi-course, de même pour le rhéostat « filament » ramené vers (-). Mettre le fusible secteur (maximum 0,5A).

### Ne pas mettre le fusible HT.

À la mise sous tension, la led rouge du bas doit s'allumer indiquant la présence du 24 V. Dans le cas contraire, vérifier la tension aux bornes de RZ par rapport à la masse. Si une tension suffisante existe avant et après cette résistance, c'est que la led est inversée en polarité. Rectifier si nécessaire.

Vous pouvez tester la commande « mesure » en appuyant sur le bouton noir, la led verte doit s'allumer et vous devez entendre l'enclenchement des deux relais. Visualiser cette opération.

Eteindre l'appareil, puis placer les tubes EF80, 6V6, 6L6 et les deux tubes 0B2.

Rallumer l'appareil. Vous devez consta-

ter l'illumination des filaments des tubes et des deux stabilisateurs 0B2.

Contrôler les tensions - 210 V, - 105 V à leurs sources et - 100 V environ sur l'entrée du potentiomètre (-Vg).

Si tout va bien, éteindre l'appareil puis placer le fusible HT de 315 mA (valeur recommandée).

Mettre en service de nouveau. Les voltmètres doivent dévier, sauf le milliampèremètre.

Ouf ! on respire profondément. Pas de fumée... Pas d'odeur de brûlé... C'est parfait! Il ne reste plus qu'à vérifier l'exactitude des voltmètres et milliampèremètres puis à passer aux essais si tout est correct.

En cas d'anomalie(s), vérifier les interconnexions.

Une action sur un potentiomètre dans le sens des aiguilles d'une montre doit faire augmenter la tension (et inversement). Dans le cas contraire, inverser les connexions des extrémités du potentiomètre de réglage concerné, une erreur a été commise.

Dernier essai : on effectue les mesures sur un tube donné.

# LAMPEMÈTRE PROFESSIONNEL

Type	Nature	Culot	S E L E C T E U R S										Vf	If	-Vg	Ve1	Ve2	Vp	Ip	mA/V		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	0								E	OU	Vstab
6HF8	triode	NOVAL	2	4	8	2	3	5	5	5	5	5	5	6,3		2				200	4	4
"	pent.		5	5	5	2	3	2	4	6	8	5	5	6,3		3,6	150		200	22	10,5	
6J4(S,WA)	triode	M7	5	2	3	2	5	4	8	5	5	5	5	6,3	0,4	3			150	15	12	
6J5(G,MG)	triode	O	2	2	2	2	2	2	2	5	5	5	5	6,3	0,3	8			250	9	2,6	
6J6(R,W.)	triode	M7	8	2	3	2	2	4	2	5	5	5	5	6,3		2			150	9	5	
"	triode		2	8	3	2	4	2	2	5	5	5	5	6,3		2			150	9	5	
6J6L	triode	M7	8	2	3	2	2	4	2	2	5	5	5	6,3		2			150	6,5	5	
"	triode		2	8	3	2	4	2	2	5	5	5	5	6,3		2			150	6,5	5	
6J7	pent.	O	2	3	8	6	2	2	2	2	5	5	4	6,3	0,3	2	100		250	2	1,2	
6J8	hepto.	O	2	3	8	6	2	2	2	2	5	5	4	6,3	0,3	3	100		100	3	0,9	
"	triode		2	3	2	2	4	8	2	5	5	5	5	6,3		3			150	6,6	1,6	
6K4	triode	SM	2	2	8	4	3	2	2	5	5	5	5	6,3		7,5			200	11,5	3,45	
6K5	triode	O	2	3	8	2	2	2	2	5	5	5	4	6,3	0,3	3			250	1,1	1,4	
6K6(GT)	pent.	O	2	2	8	6	4	2	3	2	5	5	5	6,3	0,4	18	250		250	32	2,1	
6K7(G,MG)	pent.	O	2	3	8	6	2	2	2	2	5	5	4	6,3	0,3	3	100		250	7	1,4	
6K8	hexo.	O	2	3	8	6	2	2	2	2	5	5	4	6,3	0,3	3	100		250	5,2	1	
"	triode		2	3	2	2	4	8	2	2	5	5	5	6,3	0,3	7,5			100	3,5	3	
6L5	triode	O	2	3	8	2	4	2	2	2	5	5	5	6,3	0,15	9			250	8	1,9	
6L6(G,GY)	tétro.	O	2	2	8	6	4	2	3	2	5	5	5	6,3	0,9	14	250		250	7,2	6	
6L7	hepto.	O	2	3	8	6	4	2	2	2	5	5	4	6,3	0,3	6	150		250	3,3		
6M5	pent.	NOVAL	6	4	2	2	3	5	8	5	5	5	5	6,3	0,71	7	250		250	36	10	
6M6	pent.	O	2	2	8	6	4	2	3	2	5	5	5	6,3	0,7	6	250		250	36	9,5	
6M7	pent.	O	2	3	8	6	2	2	2	2	5	5	4	6,3	0,3	2,5	100		250	6,5	2,8	
6M8(GT)	pent.	O	2	3	8	6	2	2	2	2	5	5	4	6,3	0,6	3	100		100	8,5	1,9	
"	triode		2	3	2	2	4	8	2	2	5	5	2	6,3		1			100	0,5	1,1	
6N3	rectif.	NOVAL	5	5	2	3	2	5	5	5	9	5	5	6,3					250	40		
6N4	triode	M7	4	2	3	2	8	5	5	5	5	5	5	6,3	0,2	3,5			180	12	8	
6N5	indic.	A6	3	0	4	6	2	2	5	5	5	5	5	6,3	0,15	0-8	100		100			
6N7(G,GT)	triode	O	2	2	8	4	2	2	3	2	5	5	5	6,3	0,6	5			250	3	1,5	
"	triode		2	2	2	2	4	8	3	2	5	5	5	6,3		5			250	3	1,5	
6N8	pent.	NOVAL	6	4	2	3	2	8	2	2	2	5	5	6,3	0,3	3	100		250	5	2	
"	diode		2	2	2	3	2	2	0	2	2	5	5	6,3					100	0,9		
"	diode		2	2	2	3	2	2	2	0	2	5	5	6,3					100	0,9		
6P5	triode	O	2	3	8	2	4	2	2	5	5	5	5	6,3	0,3	13,5			250	5	1,4	
6P7	pent.	O	2	3	2	8	6	2	2	2	5	5	4	6,3	0,3	3	100		250	6,3	1,5	
"	triode		2	3	2	2	2	8	4	2	5	5	2	6,3		3			100	3,5	0,5	
6P8	hexo.	O	2	3	8	6	2	2	2	2	5	5	4	6,3	0,8	3	70		250	4	1,8	
"	triode		2	3	2	2	4	8	2	2	5	5	2	6,3		2			100	2		
6P9	pent.	M7	4	2	2	3	8	6	5	5	5	5	5	6,3	0,45	6	250		250	30	7	
6Q4	triode	NOVAL	4	5	2	3	2	5	5	8	5	5	5	6,3		1,5			250	30	12	
6Q6	triode	O	2	3	8	2	2	2	2	2	5	5	4	6,3	0,15	3			250	1,2	1,05	
"	diode		2	3	2	2	0	2	2	2	5	5	2	6,3					100	0,9		
6Q7(G,MG)	triode	O	2	3	8	2	2	2	2	2	5	5	4	6,3		3			250	1,1	1,2	
"	diode		2	3	2	0	2	2	2	2	5	5	2	6,3					100	0,9		
"	diode		2	3	2	2	0	2	2	2	5	5	2	6,3					100	0,9		

Tableau 1 : Caractéristiques de quelques tubes, de la 6HF8 à la 6Q7

## MISE EN ŒUVRE POUR UNE MESURE

Le texte suivant est l'introduction du recueil de combinaisons :

### MÉTHODE DE CLASSEMENT

Les tubes sont classés suivant un ordre alphanumérique.

Les chiffres ont priorité sur les lettres (voir tableau 1)

### REPÉRAGE DES CULOTS ET BRANCHEMENT DES TUBES

Les culots sont affectés selon leurs types désignés par des lettres et des chiffres (voir tableau 2).

Les numéros des broches sont repérés coté branchement, le numéro 1 étant à gauche soit de l'espace le plus grand séparant les broches, celui-ci étant placé en bas face à l'observateur (noval, miniature 7 broches...), soit le repère est l'er-

got de l'enveloppe (cas d'une lampe Rimlock), soit de l'ergot central (cas d'un support octal, loctal).

Le repère origine pour une lampe transcontinental est la seconde broche en partant de la gauche du groupe de broches rapprochées.

Les broches sont donc numérotées dans le sens de rotation des aiguilles d'une montre.

### CODES DES ABRÉVIATIONS

Diode	=	DIODE
Rectif.	=	VALVE
Triode	=	TRIODE
Tétro.	=	TETRODE
Pent.	=	PENTODE
Hexo	=	HEXODE
Hepto	=	HEPTODE
Octo	=	OCTODE
Nono.	=	NONODE
Thyra.	=	THYRATRON
Indic.	=	INDICATEUR D'ACCORD
Stab	=	STABILISATEUR DE TENSION

### CARACTÉRISTIQUES DU LAMPEMÈTRE

Cet appareil dispose d'une multiple source de tensions de chauffage filament dont la sélection se fait à l'aide d'un commutateur.

La tension de chauffage est contrôlée par un galvanomètre monté en « Voltmètre alternatif » à double sensibilité et réglable par un rhéostat à plots (Vf).

Il dispose également d'une source réglable d'une tension négative pour polariser convenablement la grille de commande qui est contrôlée par un voltmètre intégré à double sensibilité (-Vg).

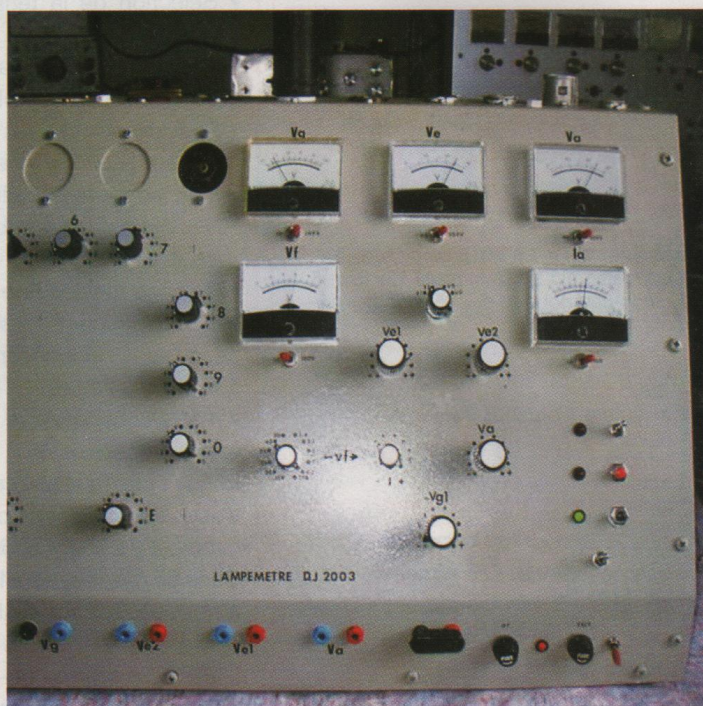
Trois sources hautes tensions stabilisées et réglables sont nécessaires pour alimenter les tubes : (Va, Ve1, Ve2).

- Une tension principale de 300V/100 mA maximum pour alimenter l'anode, contrôlée par un voltmètre à double sensibilité.

- Deux autres tensions auxiliaires capables de délivrer 300 V sous 20 mA max. Un autre voltmètre distinct permet de contrôler ces tensions, ceci à l'aide d'un

# VÉRIFIEZ ET APPAIREZ VOS TUBES

CULOT	TYPE DE SUPPORT
A4	Américain 4 broches
A5	Américain 5 broches
A6	Américain 6 broches
A7PM	Américain 7 broches petit modèle
A7 GM	Américain 7 broches grand modèle
A8	Allemand 8 broches
BMP	Baïonnette petit modèle
C9	Clé 9 broches
E3	Européen 3 broches
E4	Européen 4 broches
E5	Européen 5 broches
E6	Européen 6 broches
E7	Européen 7 broches
E135	Spécial E 135
EA 50	Subminiature spécial EA 50
G	Gland
G 08	Spécial G 08
L	Loctal
M7	Miniature 7 broches
N9	Noval 9 broches
MN	Magnoval 10 broches
O	Octal 8 broches
PTT 49	PTT 49
R	Rinlock 8 broches
SM 7 L 7	Subminiature 7 broches en ligne
SM 8 C	Subminiature 8 broches circulaires
SM	Subminiatures divers
TGM	Transcontinental grand modèle
TPM	Transcontinental petit modèle



Mesure de débit sur une 6L6

Tableau 2 : Correspondance des culots

commutateur de source, cette troisième source étant la valeur de la tension d'un stabilisateur à cathode froide (de type 0A2, par exemple).

- Enfin, un milliampèremètre à double sensibilité (10 et 100 mA) mesure le débit de chaque tube à vérifier.

- Onze commutateurs affectés à chaque broche d'un support quelconque de tube électronique, numérotés de 1 à 9, puis 0 et E, sélectionnent leur propre source :

Position 2 : masse

Position 3 : filament (Vf)

Position 4 : grille de commande G1 (-Vg)

Position 5 : libre

Position 6 : tension d'écran 1 (E1) (Ve1)

Position 7 : tension d'écran 2 (E2) (Ve2)

Position 8 : tension d'anode (Va)

Position 9 : en série dans l'anode (R = 5 kΩ/10 W)

Position 0 : en série dans l'anode (R = 100 kΩ/2 W)

Le commutateur E dirige une source sur

le câble à placer sur le « téton » éventuel d'un tube.

Exemple : un tube ECH3 possède un téton qui est la grille de commande de l'heptode. Un téton sur un tube EY88 est l'anode du tube.

## MODE D'EMPLOI

Soit à contrôler les caractéristiques d'un tube **double triode ECC82** dont les caractéristiques nominales d'emploi sont :

- Chauffage indirect, soit 6,3V ou 12,6 V suivant branchement en série ou parallèle des deux filaments. Dans ce type de tube, on préférera le montage série, soit :

$$V_f = 12,6 \text{ V} \quad (1)$$

- Le courant filament est de 150 mA

$$I_f = 0,15 \text{ A} \quad (2)$$

- Les conditions nominales d'emploi sont :

Tension d'anode **Va = 250 V**

Courant anodique **Ia = 10,5 mA**

Tension de polarisation de grille de commande

$$V_g = - 8,5 \text{ V}$$

Coefficient d'amplification  $\mu = 17$

Résistance interne  $\rho = 7,7 \text{ k}\Omega$

Pente **S = 2,2 mA/V**

## MISE EN ŒUVRE

L'appareil étant éteint, positionner les commutateurs numérotés de 1 à 0 et E. Effectuer les combinaisons suivantes :

Sélectionner pour chaque broche les sources appropriées, soit :

### Première sélection

#### SECTION 1 du tube

Broche 1 : 8

Broche 2 : 4

Broche 3 : 2

Broche 4 : 3

Broche 5 : 2

Broche 6 : 2

Broche 7 : 2

Broche 8 : 2

Broche 9 : 5

Broche 0 : 5

## NOMENCLATURE COMPLÉMENTAIRE DES COMPOSANTS

### • Coffret

1 tôle alu 1m x 1m x 1,5 mm anodisée  
2 cornières alu L = 2 m profil 15x15x1,5  
4 pieds caoutchouc d = 25 mm, h = 15 mm

### • Supports tubes châssis à souder

1 miniature 7 broches (M7)  
1 noval  
1 rimlock  
1 octal  
1 loctal  
1 décal  
1 magnoval  
1 transcontinental  
1 US 4 broches  
1 US 5 broches  
1 US 6 broches  
1 US 7 broches

### • Galvanomètres Monacor-modèle PM2

1 PM2 10 mA  
2 PM2 30 V  
1 PM2 10 V  
1 PM2 100 mA

### • Circuit magnétique

1 self Magnétique SA

### • Prise secteur

1 socle mâle 2 broches + terre

### • Divers

5 inter MS500 unipolaire  
2 inter MS500 bipolaires  
2 commutateurs à souder 1C/12P  
13 boutons haut-papillon pour vis axe 6 mm  
5 boutons haut-point pour vis axe 6 mm  
1 potentiomètre PE30 47 k $\Omega$ /3 W  
2 porte-fusibles panneau  
3 douilles isolées 4 mm noires  
4 douilles isolées 4 mm rouges  
1 douille isolée 4 mm vertes  
5 douilles isolées 4 mm bleues  
2 douilles isolées 4 mm blanches  
Vis M3 3x10 TF  
Vis M3 3x10 TC  
Ecrous M3  
Rondelle AZ d = 3 mm  
Cosses languette d = 6,2 mm  
Entretoises hex m/f h = 25 mm  
Entretoises hex m/f h = 15 mm  
Cosses pour Ci coudées  
Cosses pour Ci droites  
1 cordon secteur 2 broches + terre

### • Options

1 pince à sertir Vellman VTNCT

• Sélection de la tension de chauffage filament.

• Position du rhéostat vers la gauche, sens inverse des aiguilles d'une montre.

• Position de tous les calibres [ Volt ] et [ Ampère ] sur les sensibilités maxi.

• Mise en route par allumage général,

• Réglage fin tension de chauffage. (Vf)

• Réglage tension grille de commande (-Vg)

• Réglage tension anode (Va)

• Eventuellement, tension E1 ou (et) E2 si nécessaire : sélectionner chaque source l'une après l'autre.

• Appuyer sur mesure : lire le résultat sur le milliampèremètre.

En cas de fausse manœuvre ou mauvaises combinaisons ou lampe en court-circuit, il y a disjonction d'intensité.

Dans ce cas, éteindre l'appareil et vérifier à nouveau la combinaison.

### Seconde sélection :

#### SECTION 2 du même tube

Broche 1 : 2

Broche 2 : 2

Broche 3 : 2

Broche 4 : 3

Broche 5 : 2

Broche 6 : 8

Broche 7 : 4

Broche 8 : 2

Broche 9 : 5

Broche 0 : 5

On effectue à nouveau la mesure.

### NOTA

A la mise sous tension de l'appareil entièrement terminé, les galvanomètres Va et Ve1 dévient à l'envers le temps de chauffage des tubes 6L6 et 6V6. C'est tout à fait normal et non destructif. Au bout de quinze secondes environ, les aiguilles se stabilisent.

### CIRCUITS IMPRIMÉS

La revue peut vous fournir les circuits imprimés percés et étamés dont un, le bloc de combinaisons, qui est un double face à trous métallisés. Ce circuit imprimé

nécessite le perçage de 223 trous et le câblage de 133 traversées.

Malgré un travail minutieux, le prototype fabriqué par l'auteur (double face ordinaire) a donné quelques soucis à la première mise sous tension car des soudures avaient été oubliées sur ces traversées.

On s'en aperçoit malheureusement une fois l'appareil entièrement monté.

On comprend ici l'intérêt d'un tel circuit à trous métallisés qui ne nécessite aucune intervention pour le passage d'une face à l'autre.

### LE RECUEIL DE COMBINAISONS

Ce recueil comporte 14 pages d'introduction et 71 pages de combinaisons. Afin de définir les modalités de perception de ce document, les personnes désireuses d'acquiescer cette brochure sont priées de se faire connaître auprès de l'auteur M. Dudoret : [dudoret@aol.com](mailto:dudoret@aol.com)  
Tél. : 05 61 97 35 57.

Le document peut être fourni sur demande soit sur support magnétique format PDF ou autre, soit sur support papier pour les personnes ne possédant pas d'ordinateur.

### COÛT DE LA RÉALISATION

Cet appareil est l'équivalent du lampemètre Metrix U61 commercialisé dans les années 1965-75 dont le prix voisinait les 15 000 à 20 000 F à l'époque.

Aujourd'hui le lampemètre DJ2003 revient aux environs de 700 € (4600 F) si vous achetez toutes les pièces, de la plus petite vis aux lampes, supports de lampes, aluminium, transfos...

### CONCLUSIONS

Si vous êtes un « fan » du tube électronique, cet appareil permet d'étudier un tube, de relever et mesurer ses caractéristiques tant en conception qu'en dépannage. A votre fer à souder et bon



# VÉRIFIEZ ET APPAIREZ VOS TUBES

courage pour cette réalisation.

Un site Internet intéressant : [www.duncanaps.com](http://www.duncanaps.com). On y trouve pratiquement tous les tubes et les courbes des caractéristiques.

## OÙ TROUVER LES COMPOSANTS ?

Chez Fréquence Tubes, annonceur dans la revue pour tous les supports de lampes, ainsi que les tubes employés, les deux transformateurs et la self de filtrage.

Pour toute difficulté d'approvisionnement ou de réalisation, me contacter par courrier électronique ([dudoret@aol.com](mailto:dudoret@aol.com)) ou téléphone (05 61 97 35 57).

## PRÉCISIONS

Les résistances R4, R14 et R24 de 150 k $\Omega$

## BIBLIOGRAPHIE

- *Théorie et pratique de la radioélectricité* (tomes 2 et 3), Lucien Chrétien. Editions Chiron, 1964.
- *Cours d'électronique*, Tome III : Amplification AF, alimentations, L.Bouchet, A.Martin (1971). Editions Gauthier-Villars.
- *Radio Tubes* (E.Aisberg - L.Gaudillat - R. de Schepper). (1965 et 1968) Editions Radio.
- *Fiches de La Radio Technique - Division composants électroniques* (1966)
- *Catalogue Mazda - Belvu* (1968).
- *Théorie et pratique des circuits de l'électronique et des amplificateurs*, J.Quinet (1964). Editions Dunod.

du module de régulation (platine Va - Ve1 - Ve2) seront des résistances de 1 W et non de 0,5 W.

Dans le synoptique initial paru dans *Led* n°179, p. 17, PG est alimenté depuis le

-105 V, référence de la stabilisation.

Il faut alimenter PG depuis le - 210 V. Le plan d'interconnexions du circuit de grille en tient compte.

Jacques Dudoret

# 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**, 2-12 rue de Bellevue 75019 Paris Tél. : 01 44 84 88 28

# FREQUENCE TUBES

La passion des tubes

## HORAIRES

LUNDI et MARDI : 14H00 - 18H00  
JEUDI et VENDREDI : 10H00-18H00  
SAMEDI : SUR RENDEZ-VOUS

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



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

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

## TRANSFORMATEURS

**Tôles grains orientés M6X recuites  
Cuivre OFC  
Imprégnation étuve pour les capots  
Résine epoxy pour les cuves**

Cuve peinture au four  
Transfo moule résine

Capot nickelé poli



**LED N°169/181**  
PUSH PULL 845

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

## Transformateurs audio

(Fabrication française : MAGNETIC SA)

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

## Sortie

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

site : magnetic.com.free.fr

## Alim

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

## PLUS DE 1200 REF. DE TUBES EN STOCK.

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

## Promo Tubes

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



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

## Tubes ELECTRO HARMONIX

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

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

## Tubes ELECTRO HARMONIX gold

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

## TUBES ÉLECTRONIQUES



## SOVTEK

2A3	SOVTEK	50,00 €
5881	SOVTEK	22,00 €
6922	SOVTEK	20,00 €
6C45PI	promo SOVTEK	22,18 €
6EJ7	SOVTEK	29,00 €
6H30PI	promo SOVTEK	23,41 €
6SL7	SOVTEK	12,00 €
6SN7	SOVTEK	14,00 €
7591XYZ	SOVTEK	23,00 €
12AX7LPS	SOVTEK	20,00 €
EL84M7189	SOVTEK	23,00 €
5U4G	SOVTEK	22,00 €
6C19PI	SOVTEK	19,00 €
6PI45C/EL509	SOVTEK	38,00 €
EM80	SOVTEK	16,00 €
5AR4/GZ34	SOVTEK	23,00 €
6CW4	Nuvistor SOVTEK	22,00 €
GM70	SOVTEK	142,00 €
6C33C-B	SOVTEK	64,00 €
6N7	SOVTEK	14,00 €

## DIVERS

5963/12AU7A	RCA	16,00 €
6528	TUNGSOL	45,00 €
6J5	EUROPE	13,00 €
EC86	EUROPE	8,00 €
EZ80	EUROPE	13,00 €
7308	SIEMENS	21,00 €
845	CHINO	75,00 €
807	EUROPE	25,00 €
EF86	EUROPE	13,00 €
ECL82	EUROPE	12,00 €
ECL86	EUROPE	13,00 €
EL86F	EUROPE	11,00 €
EL183	EUROPE	9,00 €
EL34	JJ/TESLA	22,00 €

## 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	5,00 €
JUMBO (845) OR	19,00 €

## CONDENSATEURS

### Condensateurs LCR

(Made in England)

16 + 16 $\mu$ F	/ 450 v	24,00 €
200 $\mu$ F	/ 500 v	35,00 €
200 + 200 $\mu$ F	/ 500 v	55,00 €



### Condensateurs F&T

(Made in Germany)

32 + 32 $\mu$ F	/ 500 v	18,00 €
50 + 50 $\mu$ F	/ 500 v	20,00 €
100 + 100 $\mu$ F	/ 500 v	33,00 €



### Condensateurs "JJ"

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



### Condensateurs mica-argenté

10 pF	/ 500 v	0,92 €
22 pF	/ 500 v	0,92 €
33 pF	/ 500 v	0,92 €
47 pF	/ 500 v	0,92 €
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)

10 $\mu$ F	/ 500 v	8,00 €
20 $\mu$ F	/ 500 v	8,50 €
40 $\mu$ F	/ 500 v	12,50 €
80 $\mu$ F	/ 450 v	12,00 €



### Condensateurs

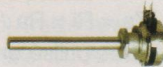
(Made in Japan) "Illinois"

22 $\mu$ F	/ 500 v	6,00 €
47 $\mu$ F	/ 500 v	12,00 €
100 $\mu$ F	/ 450 v	10,00 €



### Potentiomètre PIHER

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



### Condensateurs "XICON"

(Made in Japan) - polypropylène

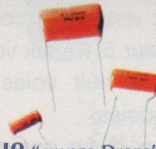
1 nF	/ 630 v	0,77 €
2,2 nF	/ 630 v	0,77 €
4,7 nF	/ 630 v	0,77 €
10 nF	/ 630 v	0,77 €
22 nF	/ 630 v	0,90 €
47 nF	/ 630 v	1,07 €
100 nF	/ 630 v	1,17 €
220 nF	/ 630 v	1,61 €
470 nF	/ 630 v	3,10 €



### Condensateurs Sprague "orange Drops"

715 polypropylène

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



### Condensateurs Sprague "orange Drops"

série 716 très haute performance

1 nF	/ 600 v	1,71 €
2,2 nF	/ 600 v	1,79 €
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 €



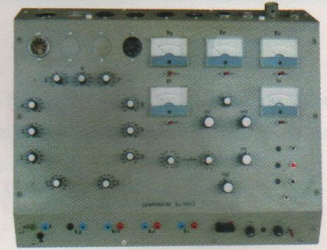
### Condensateurs F&T

(Made in Germany)

22 $\mu$ F	/ 500 v	6,76 €
47 $\mu$ F	/ 500 v	10,85 €
80 $\mu$ F	/ 450 v	12,51 €
100 $\mu$ F	/ 450 v	15,06 €
220 $\mu$ F	/ 450 v	20,05 €



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



### LED N°180

LAMPÈMÈTRE

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

### Filtres Secteurs Magnetic SA

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

Fréquence de coupure : 1000 Hz		
CL2	/ 1200 W	520,00 €
CL4	/ 2000 W	670,00 €
CL6	/ 2500 W	880,00 €

### Condensateurs "Audience Auricaps"

polypropylène - très haute performance

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



### Série Standard

2,2 $\mu$ F	/ 350 v	0,60 €
10 $\mu$ F	/ 450 v	1,50 €
47 $\mu$ F	/ 360 v	2,20 €
47 $\mu$ F	/ 450 v	2,50 €
100 $\mu$ F	/ 400 v	4,50 €
220 $\mu$ F	/ 385 v	6,50 €
220 $\mu$ F	/ 400 v	6,70 €
470 $\mu$ F	/ 400 v	13,90 €

### 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

# ENSEMBLE HOME CINEMA

## TOUS TUBES

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

Ayant décidé, comme tout un chacun, de m'équiper « Home Cinéma », j'ai effectué un tour d'horizon des produits commerciaux proposés à un budget raisonnable. Dans ce budget, seules les fabrications industrielles extrême-orientales me permettaient d'acquérir un préampli avec amplificateurs intégrés à six voies. A l'écoute, pas de miracle, il ne s'agissait pas de haute fidélité, mais de Home Cinéma ! Pour maintenir un niveau de qualité d'écoute Hi-fi, il fallait investir une somme considérable, ce que je ne voulais pas. Dès lors, il ne restait plus qu'une seule solution : concevoir puis construire. L'ensemble sera à tubes, sauf dérogation pour les alimentations, par manque de place et pour limiter le budget.

**V**otre revue *Led* a publié, il y a un peu plus d'un an, la description d'un « préamplificateur six entrées de performances exceptionnelles ». Cette parution mettait à profit le résultat de mes recherches sur le circuit d'amplification dit « SRPP ».

L'ensemble Home Cinéma de conception modulaire qui va être décrit est basé sur les mêmes travaux.

Cet ensemble comprend un préamplificateur 5.1 à six voies « up gradable » en 7.1 à huit voies et les amplificateurs associés.

Ceux-ci se composent de modules de 50 W mono et de modules 2 x 20 W (deux voies), les composants de chacun des modules étant les mêmes pour permettre la réutilisation.

Il est ainsi possible de réaliser un préamplificateur 5.1 à six voies suivi de trois modules amplificateurs de 2 x 20 W, cet ensemble constituant la version de base. On peut aussi réaliser quatre modules de 50 W pour les voies avant et grave et un ou deux modules de 2 x 20 W pour les autres voies. Et ainsi de suite...

Le passage du préamplificateur en 7.1 ne nécessitera que le câblage complémentaire des composants sur la carte de base déjà prévue en 7.1 et l'ajout d'un module amplificateur de 2 x 20 W ou de deux modules de 50 W.

Enfin, une version « économique » vous sera proposée, utilisant moitié moins de tubes que la version de base et le même circuit imprimé.

Ainsi chacun d'entre vous pourra adapter sa réalisation à son propre budget, tout en permettant une mise à niveau permanente de la version économique à la version maximale.

Avant de décrire la partie technique du projet, un tout petit peu de théorie. Mais je vous promets de la limiter au minimum, notamment de ne pas vous imposer

des démonstrations mathématiques. Ceux que cela intéresse trouveront sur le site Internet de l'auteur [Isasarl.com](http://Isasarl.com) (en cours de mise en place), l'ensemble des calculs.

Dans les explications qui vont suivre, nous utiliserons les mêmes abréviations que dans *Led* n°175 auquel vous pouvez utilement vous reporter, à savoir :

Uf : Tension chauffage filament

If : Intensité chauffage filament

Ua : Tension anodique ou plaque

Ia : Intensité anodique ou plaque

Ug : Tension grille

S : Pente du tube (en mA/V)

K : Coefficient d'amplification à vide (nombre pur)

Ri : Résistance Interne du tube (en ohms)

Je rappelle ici que la loi d'Ohm, bien connue de nos lecteurs :

$$U = R \times I$$

s'applique également au tube :

$$K = R_i \times S$$

### LE CIRCUIT AMPLIFICATEUR « ANODE FOLLOWER »

Basique et utilisant un tube triode, le circuit amplificateur « anode follower » est bien connu de nos lecteurs.

Ce circuit (**figure 1**) présente certaines caractéristiques.

Si  $R_a$  est la résistance d'anode, et sans entrer dans le détail de la justification mathématique (lire, à ce sujet, les articles de Rinaldo Bassi « Et si on parlait tubes » dont la 9<sup>e</sup> partie paraît dans ce numéro), on peut calculer :

G : le gain ou coefficient dynamique du tube qui diffère du coefficient d'amplification à vide

$$G = K \times R_a / R_a + R_i$$

$$\text{Si } R_a = R_i$$

$$G = K / 2$$

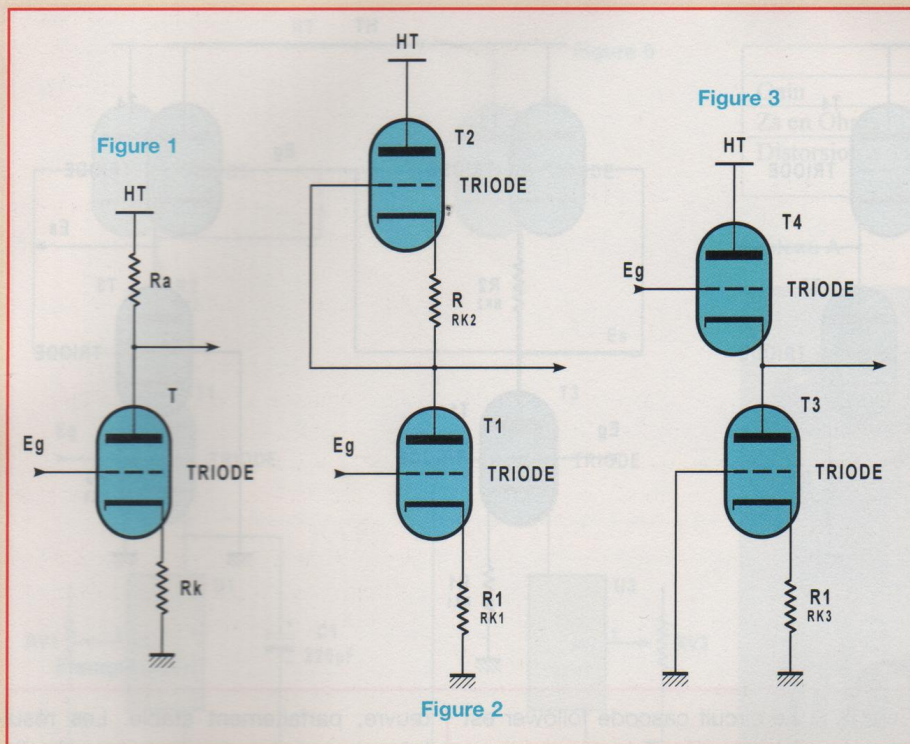
Zs : l'impédance de sortie

$$Z_s = R_i \times R_a / R_a + R_i$$

Ce circuit très utilisé en amplification BF présente beaucoup de qualités et de nombreux défauts.

On peut citer :

- Manque de linéarité



- Bande passante étroite
- Temps de montée élevé
- Sensibilité à la charge
- Taux de distorsion élevé
- Impossibilité de fournir des tensions de sortie très élevées

Il fallait chercher une autre façon d'utiliser la triode amplificatrice pour essayer de s'affranchir de tout ou partie de ses défauts.

## LE CIRCUIT SRPP

Ce circuit (**figure 2**) fut créé en 1943 aux USA pour la commande de pointage des grosses pièces d'artillerie. Il fut utilisé pour la première fois en audio en 1955 par M. Kiebert Jr qui faisait partie de l'équipe qui créa initialement le circuit. (Publication Audio, octobre 1955). Il est publié en France par M. Lafaurie en 1956 (Toute la Radio). Treize ans plus tard, en 1969, le Japonais M. Anzai publiera un article et une réalisation, elle-même reprise, huit ans plus tard, en 1977, par Jean Hiraga sous l'appellation « Circuit SRPP ».

Ce circuit est alors présenté comme fonctionnant en push pull. D'où le « PP » de SRPP, pour « Push Pull ».

On ne peut qu'admirer le talent de journaliste de Jean Hiraga qui, à compter de cette date, fera passer dans le langage populaire (des audiophiles) le terme « SRPP », sigle basé sur un fonctionnement théorique erroné, et qui attribuera la paternité du circuit au Japonais M. Anzai !

De récentes études (Fiderspiel et Lallie, *Correspondances privées*, 2002-03) montrent que ce circuit ne fonctionne absolument pas en push pull.

Pour preuve, et sans entrer dans les détails, je dirais que le fonctionnement Push Pull d'un circuit entraîne de façon systématique la disparition de la distorsion d'ordre pair (2, 4, etc.).

Or, le SRPP ne génère que de l'harmonique 2 et pas d'harmonique 3.

La seule façon de faire fonctionner le SRPP en véritable Push Pull a été mise en œuvre par Philips en 1956. Le circuit s'appelle alors SEPP ! Mais le débat n'est pas là aujourd'hui.

Dans ce circuit, si on utilise deux tubes absolument identiques, le gain obtenu est le suivant :

$$G = - K (K.Rk2 + Ri) / (K+1) Rk2 + 2Ri$$

$$G = +/- K/2$$

En fait, on constate que l'équation est la même que pour le montage anode follower, dans lequel la valeur de Ra est remplacée par une résistance équivalente à  $Ra = (K \cdot Rk2 + Ri)$

et

$$Zs = Ri \times (Ri + Rk2) / (K+1)Rk2 + 2 Ri$$

$$= +/- Ri/2$$

Par rapport au montage classique, les avantages de ce circuit sont nombreux :

- Très grande linéarité
- Très faible distorsion
- Large bande passante
- Aptitude à fournir des tensions de sortie élevées
- Impédance de sortie relativement faible
- Image sonore remarquable.

Ces qualités s'entendent pour une charge du circuit nulle, c'est-à-dire pour une charge d'impédance infinie, la dégradation des performances étant directement liée à l'impédance de la charge.

C'est ainsi qu'avec une charge de 100 kΩ, les performances générales ne sont pas vraiment meilleures qu'avec le circuit anode follower qui n'utilise qu'une seule triode. Avec 10 kΩ, elles sont catastrophiques.

Ce point m'a porté à modifier le circuit de sortie du circuit SRPP pour rendre les performances indépendantes de la charge.

## LE CIRCUIT SÉPARATEUR DE CHARGE

Il s'agit en fait d'un étage en montage cascode follower (**figure 3**).

Comme son cousin, le circuit cathode follower, ce circuit a un gain toujours inférieur à 1 que l'on calcule ainsi :

$$G = Ri / 1 + Ri$$

$$= \text{environ } 0,98 \text{ à } 0,92 \text{ selon le tube.}$$

L'impédance de sortie est donnée par

$$Zs = Ri / K+1 = 1/S$$

Le circuit global devient celui de la **figure 4**.

# PRÉAMPLIFICATEUR VERSION STÉRÉO

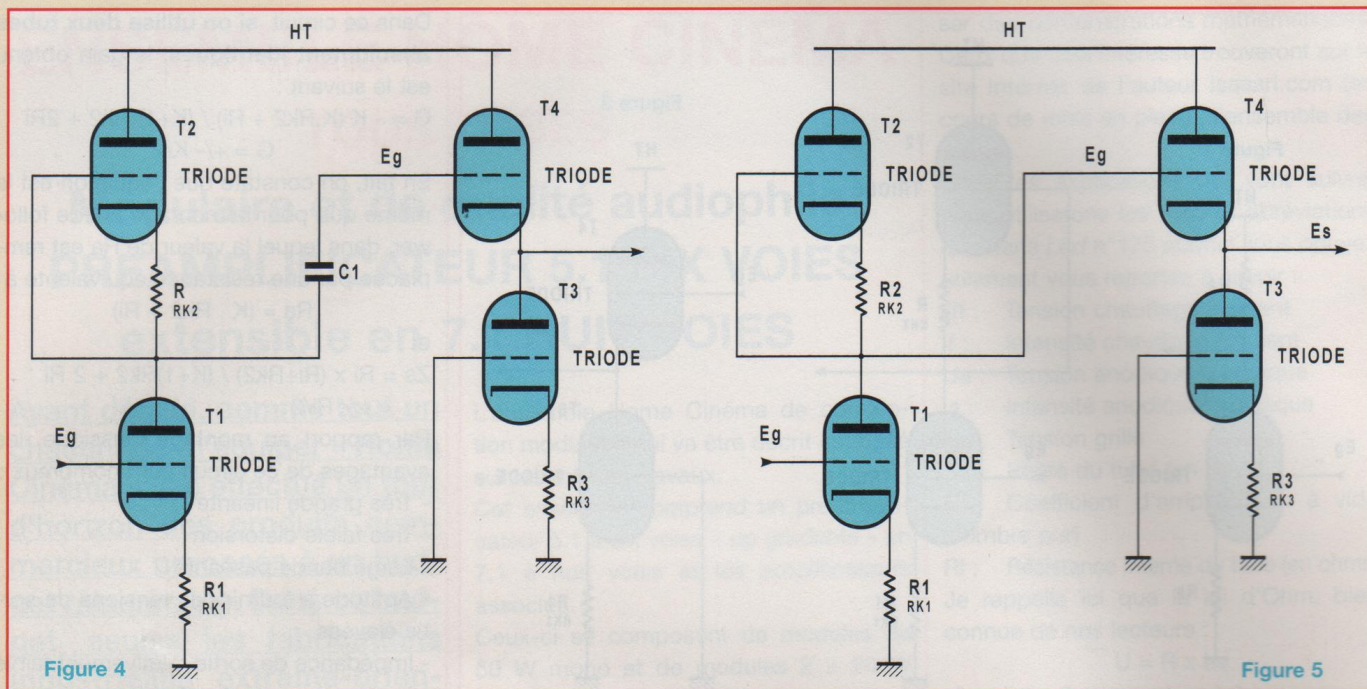


Figure 4

Figure 5

## LE CIRCUIT KT

C'est le montage d'un circuit SRPP suivi par un cascode follower **sans condensateur de liaison**.

Dans ce cas, **si les quatre tubes sont identiques**, le gain est celui du SRPP

$$G = - K/2$$

L'impédance de sortie, celle du cascode follower.

$$Z_s = - 1/S$$

Les signes « moins » signifient que la sortie est déphasée de 180° par rapport à l'entrée.

Le circuit global de la **figure 5** n'est plus un SRPP, mais un circuit « KT ».

Globalement, ce circuit conserve les performances du SRPP sous charge infinie, **mais le circuit accepte d'être chargé sous des impédances très faibles : de l'ordre de quelques dizaines d'ohms**.

## POURQUOI « CIRCUIT KT » ?

Nous avons vu que le sigle SRPP n'avait aucune raison de perdurer, le fonctionnement de ce circuit n'étant pas un Push Pull. En hommage à l'inventeur du circuit, M. Kiebert Jr, je propose donc « cir-

cuit K ». Le circuit cascode follower est aussi parfois appelé « Totem ».

Le groupement d'un circuit K(iebert) avec un circuit T(otem) donne un « circuit KT ».

## L'OPTIMISATION

### LE CIRCUIT KTR

L'optimisation porte sur **l'utilisation de sources de courants constants dans les cathodes**.

Ce procédé n'est pas nouveau, il est utilisé par de très grandes marques d'audio. Il est difficile à maîtriser car il est souvent réalisé à l'aide de Mos Fet, ce qui nécessite une tension annexe négative et amène fréquemment une augmentation significative de la distorsion et du bruit, alors que ce procédé est censé améliorer ces deux points. Cependant, bien maîtrisé, le procédé est d'une efficacité remarquable.

Pourquoi ne pas utiliser simplement un circuit intégré régulateur de tension, monté en source de courant constant ? Il fallait essayer !

Après de nombreux essais, le circuit LM317T (et dans une moindre mesure le LM350T) s'est révélé facile à mettre en

œuvre, parfaitement stable. Les résultats, en ce qui concerne le taux de distorsion, se sont montrés nettement meilleurs qu'avec une polarisation RC classique (**figure 6**).

Ce dispositif présente de plus l'avantage de permettre l'optimisation du réglage du point de fonctionnement du tube avec une simple résistance variable de faible puissance, en fonction des caractéristiques dynamiques réelles du tube en fonctionnement, ce qu'aucune autre méthode ne permet. **On aboutit ainsi au circuit KTR ou « Kiebert Totem Régulé »**.

Dans ce cas on calcule :

$$G = \text{environ} - K(K.R_k + R_i) / (K+1)R_k + 2R_i$$

$$G = \text{environ} - K/2$$

Pourquoi « environ » ? Parce que la simulation mathématique du circuit équivalent est actuellement faite en calculant chaque branche du circuit KTR séparément l'une de l'autre et en multipliant les résultats obtenus. Or, l'expérience montre que ce calcul est erroné, le gain réel étant toujours supérieur au gain calculé.

$$Z_s = - (1/S) \times \alpha$$

Où «  $\alpha$  » est un coefficient multiplicateur compris entre 0,5 et 0,05.

# HOME CINÉMA TOUS TUBES

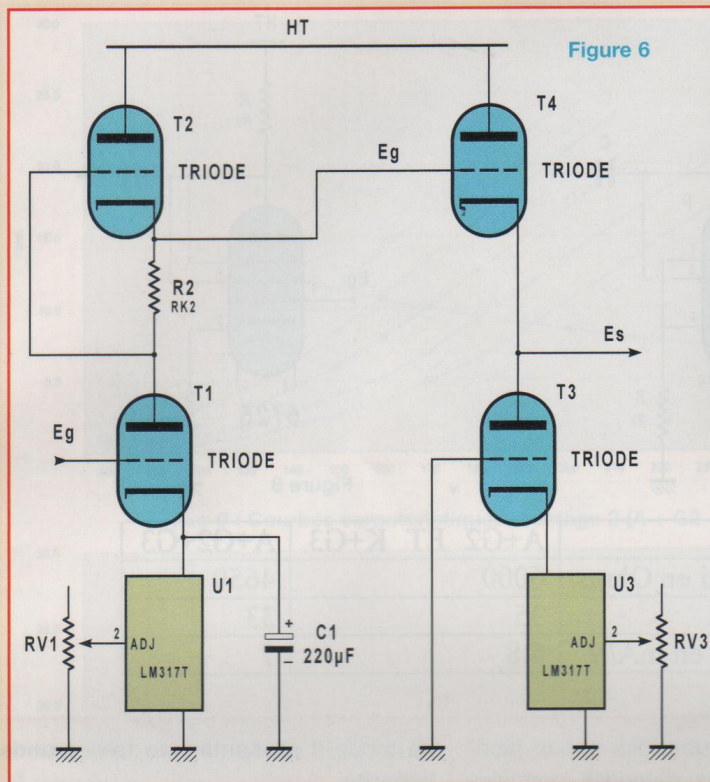
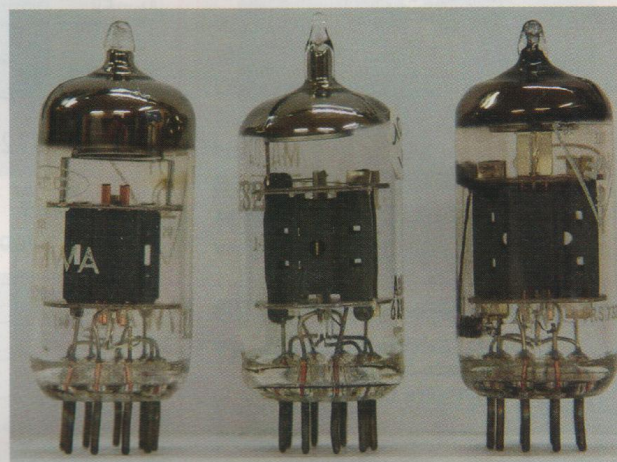


Figure 6

	Simple triode	SRPP	KTR
Gain	16.5	16.5	18.5
Zs en Ohms	4650	426	78
Distorsion à 5V en %	0.52% H2+H3+	0.30% H2	Inférieure à 0.20% H2

Tableau A

Photo A



ECC81WA

ECC82

ECC83

Dans le circuit décrit aujourd'hui, «  $\alpha$  » est de 0,5.

Ce circuit emploie quatre tubes, triodes choisies identiques par simplification, mais qui pourraient être des triodes, des pentodes identiques ou non (voire des semi-conducteurs).

**Un seul de ces tubes participe à l'amplification réelle du signal BF, c'est le tube T1.**

Le circuit est entièrement à liaisons directes sans condensateur **et il est autostabilisé** de par sa conception. De plus, il est « verrouillé » par les sources de courants constants.

Le fonctionnement global est assimilable à un circuit en pont auto stabilisé.

Le circuit KTR peut évidemment être utilisé dans de nombreux domaines de l'électronique ou de la Hi-Fi, pas seulement en préamplification.

Ses avantages sont les suivants :

- Linéarité exceptionnelle
- Taux de distorsion extraordinairement

bas, pratiquement nul sans contre réaction

- La distorsion est une fonction linéaire de la tension de sortie

- Bande passante extrêmement large typiquement de 200 kHz à plus de 2,5 MHz selon le tube

- Temps de montée extrêmement court, moins de 1µs.

- Impédance de sortie très basse, d'une centaine d'ohms à quelques ohms.

- Pas de distorsion de phase

- Capacité à sortir des tensions élevées, pouvant atteindre plusieurs dizaines de volts.

- Performances du circuit constantes quelle que soit l'impédance de la charge.

- Séparation totale du circuit amplificateur de la charge

- Insensibilité à l'impédance d'entrée.

- Rendu acoustique inimitable.

L'inconvénient majeur du circuit est qu'il n'est pas possible d'en régler le gain, comme dans l'anode follower en modifiant la valeur de Ra.

La seule méthode permettant de baisser le gain est de mettre en oeuvre une

boucle de contre-réaction.

Malheureusement, appliquée au circuit KTR ou même au circuit SRPP, cela se traduit par une chute vertigineuse de la bande passante avec, en corollaire, une augmentation du temps de montée sur impulsions et du taux de distorsion. Ceci, indépendamment de la dégradation du rendu auditif non quantifiable.

En résumé, le circuit KTR fournit les performances optimales qu'il est possible d'obtenir d'un tube. En effet, toutes les performances du circuit KTR (gain, impédance de sortie, etc.) dépendent exclusivement des caractéristiques de construction du tube : pente, linéarité au point de fonctionnement choisi, coefficient d'amplification et résistance interne.

Exemple concret avec le tube 7308 et le **tableau A** :

$K = 33$

$S = 12.5 \text{ mA/V}$

$R_i = 2650$

$R_a$  (simple triode) = 65 kΩ =  $R_i$  (pour avoir le même gain)

$R_k$  (SRPP et KTR) = 2000 Ω

# PRÉAMPLIFICATEUR VERSION STÉRÉO



Photo B : Le tube 5725 est une pentode à grille cadre de la dernière génération

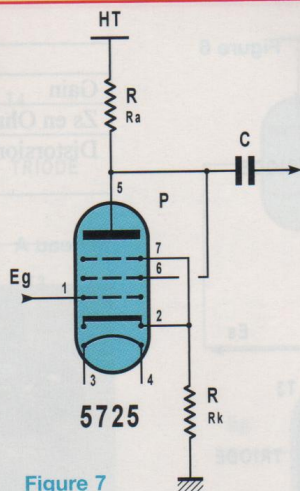


Figure 7

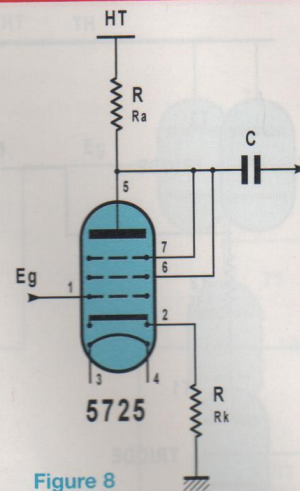


Figure 8

	A+G2 ET K+G3	A+G2+G3
Ri en Ohms	6000	4650
K	35	33
S en mA/V	5.8	7

Tableau B

Après ce rappel sur la conception du circuit KTR, revenons à notre préampli Home Cinéma de performance audiophile à six ou huit voies. L'usage d'un circuit KTR s'impose.

## LE CHOIX DES TUBES

Il est de plus en plus difficile de trouver des tubes « triodes » neufs de vieux stocks.

Les tubes de constructions actuelles ne sont souvent pas des copies identiques aux originaux de la bonne époque du tube.

A titre d'exemple, il faut savoir que l'anode d'une ECC 81, n'est pas la même que celle d'une ECC 82 ou d'une ECC 83, en ce qui concerne sa taille, sa géométrie de construction et son volume (photo A). Aujourd'hui, par souci de standardisation, les fabrications utilisent la même pièce d'anode.

Les tubes ainsi fabriqués n'ont de fait qu'un lointain cousinage avec les tubes d'origine. La charge d'espace peut être ainsi très différente des tubes de référence, ce qui explique que très souvent,

même dans les tubes les mieux fabriqués, les tensions d'anodes normales sont rarement tenues.

Il existe encore des stocks importants de pentodes à « grille cadre », souvent prévus pour des usages professionnels.

Pourquoi, dans ce cas, ne pas chercher à utiliser ces tubes en montage triode ? Je vous entends déjà crier au scandale ! Une pentode en BF !

De nombreuses publications paraissent actuellement sur ce sujet outre-Manche, et les conclusions sont passionnantes. Nombre de ces tubes pentodes, montés en triodes, donnent de bien meilleurs résultats que les triodes actuelles.

Mes essais personnels m'ont fait choisir le tube 5725 (photo B) en montage triode dans le circuit RIAA du préampli six entrées publié dans *Led* n° 177.

### POURQUOI CE TUBE ?

Parce qu'il est disponible en grande quantité à un prix très correct (entre 7,50 € et 10 € à l'unité), qu'il s'agit d'un tube à « grille cadre » de la dernière génération, que toutes ses électrodes sont accessibles et, enfin, qu'en monta-

ge triode il présente une très grande linéarité.

Il existe deux façons de monter un tube pentode en triode.

### MÉTHODE LA PLUS CLASSIQUE

#### Montage 1 (figure 7)

Réunir l'anode à la « grille écran » (grille 2) et la cathode à la « grille supprimeur » (grille 3).

### L'AUTRE MÉTHODE

#### Montage 2 (figure 8)

Réunir ensemble l'anode, la « grille écran » (G2), et la « grille supprimeur » (G3)

### RÉSULTATS AVEC LE TUBE 5725

Les caractéristiques mesurées du tube 5725 s'établissent selon le tableau B.

Les courbes ont été relevées manuellement sur un analyseur de lampes Metrix LX109.

Elles sont la moyenne de mesures faites sur dix échantillons de tubes prélevés dans un lot de cinq mille tubes. Ils sont de fabrication française Thomson/CSF de 1982.

Elles permettent de constater que le comportement du tube 5725 monté en



# HOME CINÉMA TOUS TUBES

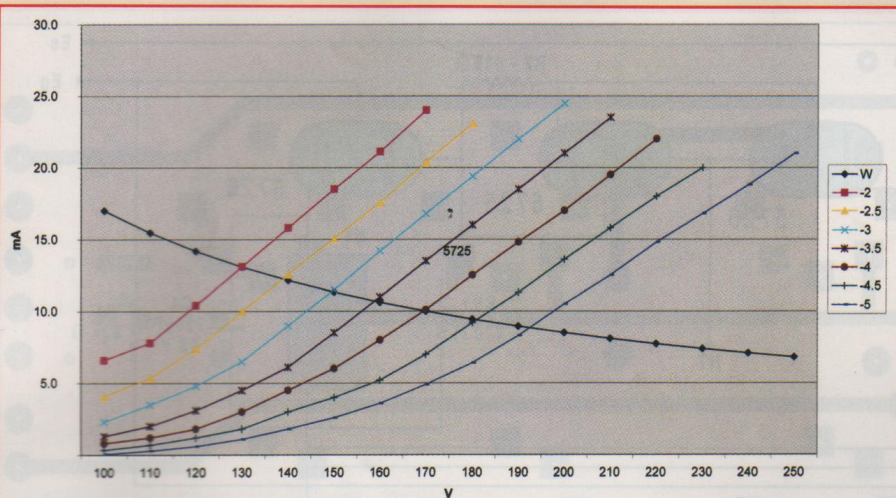


Figure 9 : Courbes caractéristiques montage 2 (A + G2 + G3)

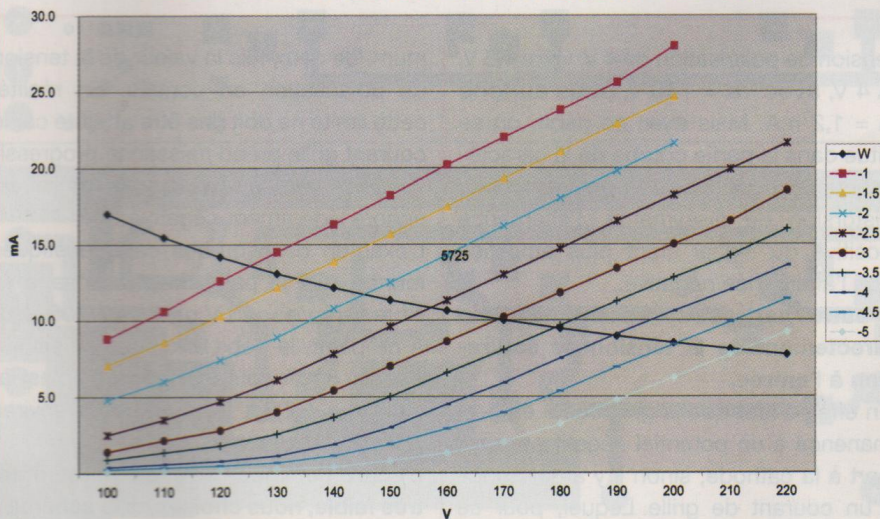


Figure 10 : Courbes caractéristiques montage 1 (A + G2)

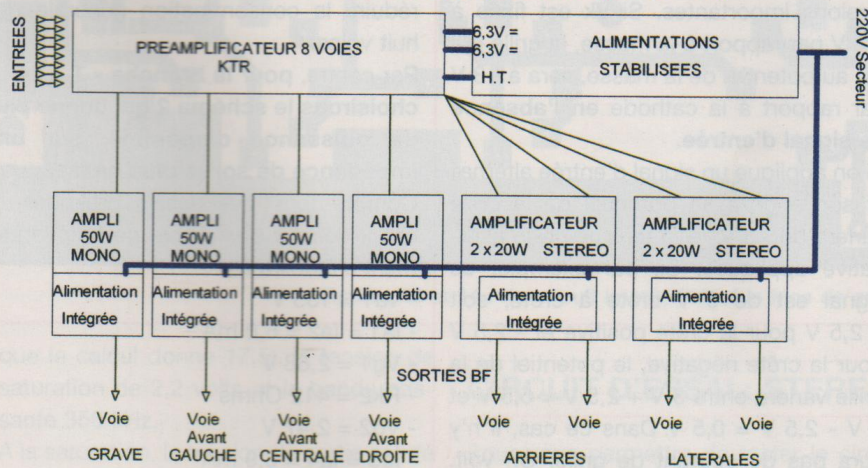


Figure 11 : Synoptique de l'ensemble Home Cinéma 7.1

triode est particulièrement linéaire et que le montage 2 donne une pente plus importante (figures 9 et 10).

Les autres caractéristiques constructeur du tube 5725 sont les suivantes :

- Uf = 6,3 V
- If = 0,175 A
- Va = 150 V max 200 V
- Ia = 5,2 mA max 20mA
- Wa = 1,7 W max 2,2W en triode
- Vf/c = 100 V

## Dimensions du tube

- Diamètre 17 mm
- Hauteur hors tout 35 mm
- Support miniature 7 broches

Après ces quelques préambules, venons-en au projet.

## SYNOPTIQUE DE L'ENSEMBLE HOME CINEMA 7.1

Ce synoptique vous est présenté en figure 11.

Le préamplificateur se compose d'une alimentation unique pour l'ensemble des voies.

Cette alimentation délivre :

- du 6,3 V continu / 5,6 A pour les filaments des 32 tubes 5725.
- du 270 V continu / 100mA stabilisé et ajustable pour la haute tension.

L'ensemble des huit voies et de l'alimentation sera câblé sur un circuit imprimé unique.

## LE PREAMPLIFICATEUR À HUIT VOIES

Il se compose de huit (ou six) étages amplificateurs KTR.

Chaque voie est identique, sauf la voie « une » affectée au caisson de basse, qui sera optimisée pour transmettre les signaux de fréquences inférieures à 100 Hz.

Nous ne donnerons donc que le schéma de principe d'une voie, celui-ci étant visible en figure 12.

Cette voie est dessinée selon le schéma d'implantation sur le circuit imprimé pour faciliter le suivi de la réalisation.

# PRÉAMPLIFICATEUR VERSION STÉRÉO

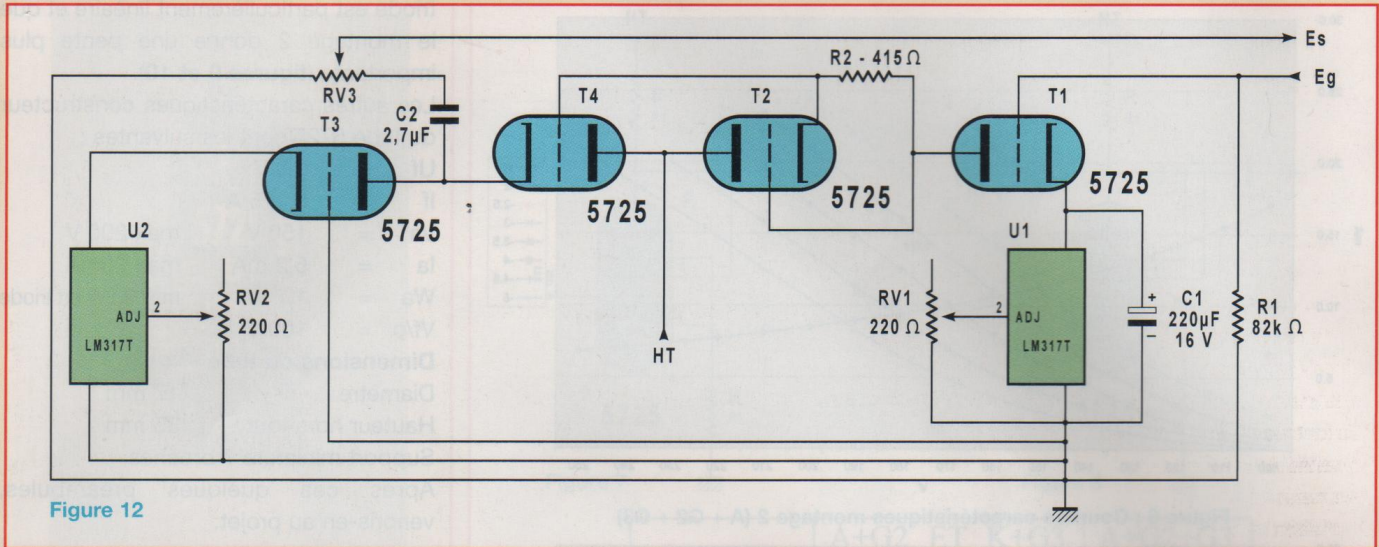


Figure 12

Deux choix importants restent à déterminer.

## LE CHOIX DU SCHEMA DE MONTAGE DE LA 5725 EN TRIODE

C'est-à-dire le schéma 1 correspondant à la figure 7 et à la courbe de la figure 10, ou le schéma 2 correspondant à la figure 8 et à la courbe 9.

## LE CHOIX DU POINT DE FONCTIONNEMENT DU TUBE

Nous avons tout intérêt à choisir une tension de polarisation élevée, pour deux raisons.

**D'une part, parce que de cette tension dépend directement le courant «  $I_a$  ».** L'examen des courbes caractéristiques (figures 10 et 11) montre que le courant «  $I_a$  » varie de façon importante avec la tension, ceci en fonction de la pente du tube qui est donnée en mA/V.

Sur la figure 10, on constate que toute augmentation de la tension de polarisation de 1 V amène une augmentation de «  $I_a$  » de 5,8 mA.

Compte tenu du nombre important de voies, nous avons tout intérêt à travailler avec un courant anodique faible, pour ne pas avoir un transformateur d'alimentation énorme et pour en réduire le coût.

Afin de répondre au critère de « faible consommation », il faudrait choisir une

tension de polarisation de 4 V, voire 4,5 V. A 4 V, avec  $V_a = 130$  V, nous aurions  $I_a = 1,2$  mA. Mais avec ce débit, on se situe dans la partie courbe de la caractéristique. Ce qui signifie une importante distorsion de dissymétrie, l'alternance positive du signal étant plus amplifiée que l'alternance négative.

**D'autre part, cette tension dépend directement de la tension de saturation à l'entrée.**

En effet, il faut que la grille reste en permanence à un potentiel négatif par rapport à la cathode, sinon il y a naissance d'un courant de grille. Lequel, pour ce type de tube, est un générateur de distorsions importantes. Si  $V_k$  est fixée à + 3 V par rapport à la masse, la grille qui est au potentiel de la masse, sera à - 3 V par rapport à la cathode **en l'absence de signal d'entrée.**

Si on applique un signal d'entrée alternatif sur la grille, le potentiel de la grille variera de - 3 V,  $\pm$  la tension crête alternative appliquée. Si, par exemple, ce signal est de 5 V crête à crête, soit + 2,5 V pour la crête positive et - 2,5 V pour la crête négative, le potentiel de la grille variera entre 3 V + 2,5 V = 5,5 V et 3 V - 2,5 V = 0,5 V. Dans ce cas, il n'y aura pas de courant de grille. On voit, dans cet exemple, que la tension de saturation pointe à pointe est, au maxi-

mum, de deux fois la valeur de la tension de polarisation en continu. En réalité, cette limite ne doit pas être atteinte car le courant grille prend naissance progressivement, alors que la tension grille est encore légèrement négative.

L'examen des courbes caractéristiques montre que la partie la plus linéaire se situe vers  $V_g = - 3$  V pour  $V_a = 135$  V.

A ce point, le débit anodique se situe à environ 5 mA pour le schéma 1, c'est-à-dire (A + G2) et (K + G3) et à environ 7,5 mA pour l'autre schéma.

**L'écart de linéarité à ce point étant très faible, nous choisirons le schéma 1 pour la branche « K » du circuit, afin de réduire la consommation générale des huit voies.**

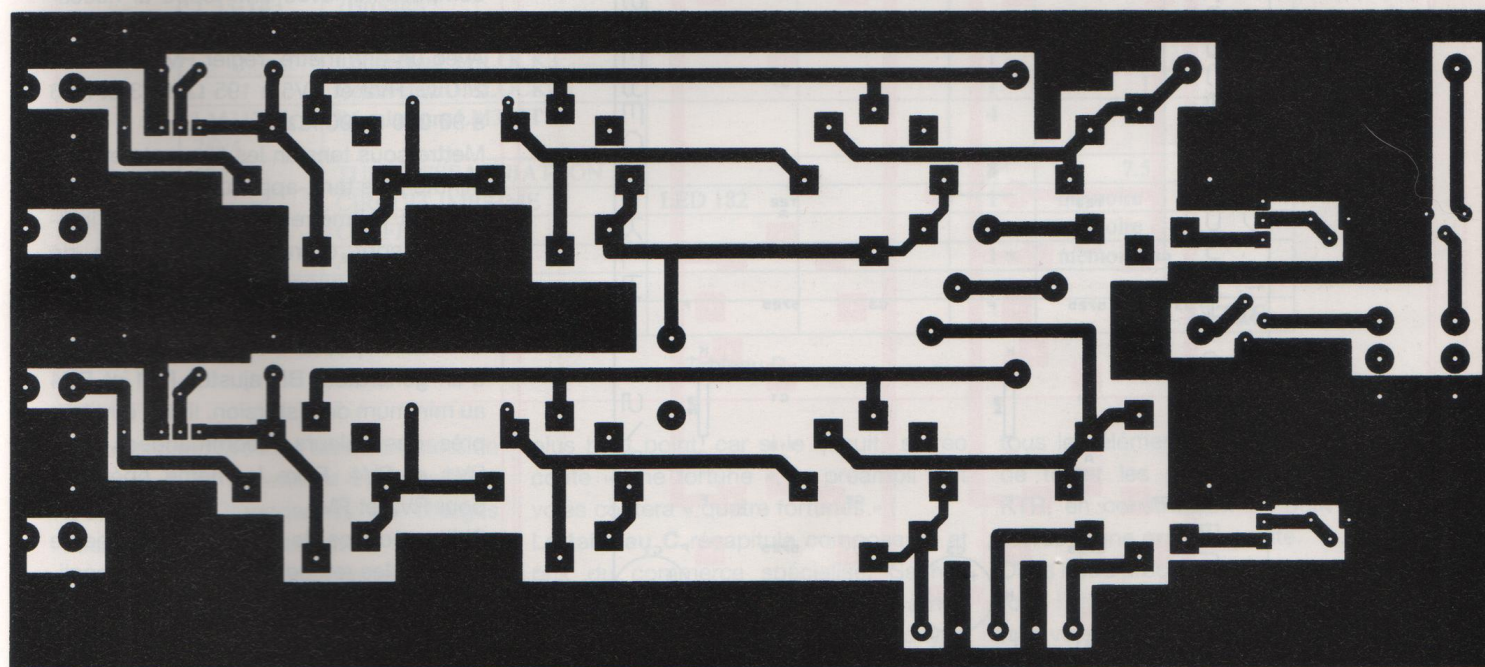
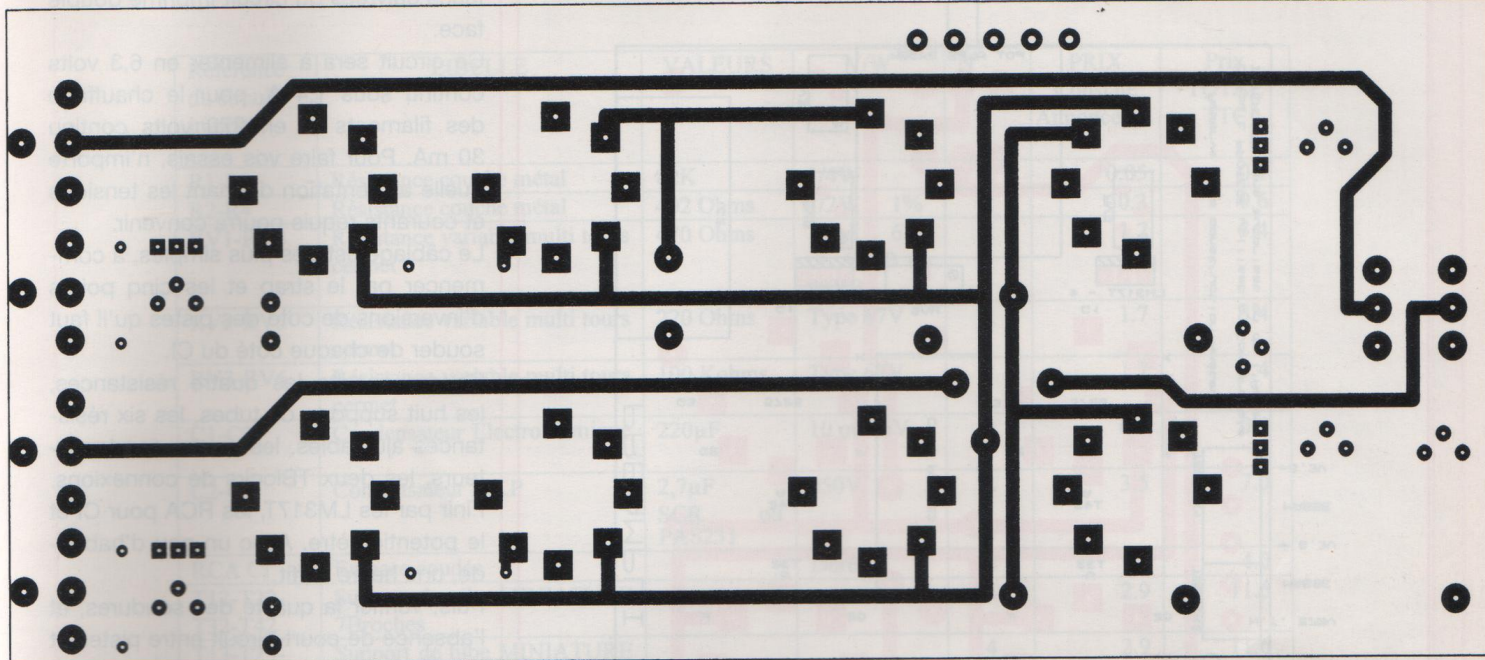
Par contre, **pour la branche « T », nous choisirons le schéma 2 qui donne plus de puissance disponible, sur une impédance de sortie plus basse.**

Compte tenu des essais pratiqués, le choix définitif des points de fonctionnement s'établira à :

- $V_{a1} = 135$  V
- $I_{a1} = I_{a2} = 6,0$  mA
- $V_{g1} = 2,88$  V
- $R_{k2} = 412$  Ohms
- $V_{g2} = 2,47$  V
- $I_{a3} = I_{a4} = 6,9$  mA
- $V_{g3} = 2,95$  V

Avec ce choix, le gain est de 20 (alors

# HOME CINÉMA TOUS TUBES



Figures 13 et 14 : Un circuit imprimé double face de grandes dimensions

que le calcul donne 17,5), la tension de saturation de 2,2 volts et la bande passante 350 kHz.

A la saturation, la tension de sortie est de 44 volts. L'impédance de sortie s'établit à 85  $\Omega$  environ.

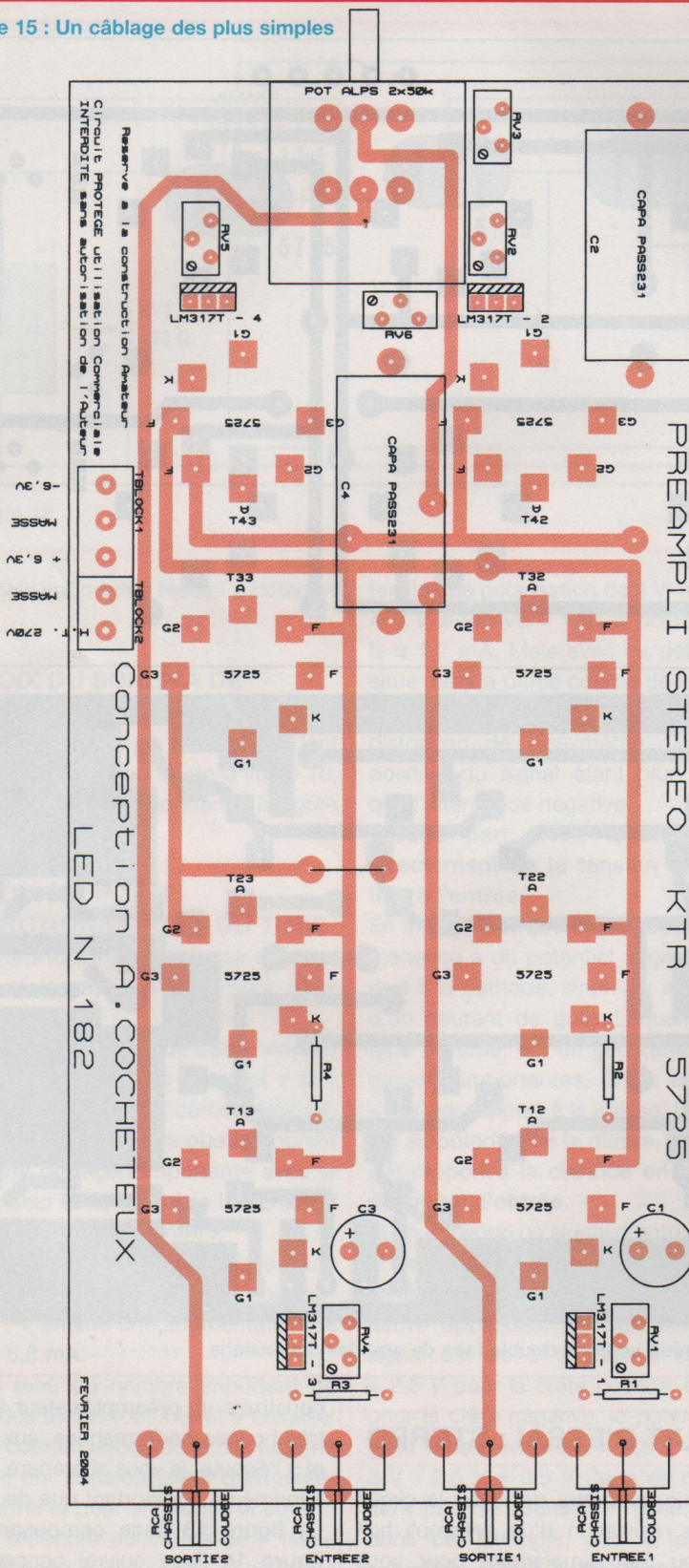
## CIRCUIT D'ESSAI : STEREO

Pour vous permettre de tester le circuit avant la réalisation d'un préampli huit voies, ou tout simplement pour vous

construire un préamplificateur stéréo de très bonnes performances, aux mesures et à l'écoute, je vous ai préparé un circuit imprimé ne comportant que deux voies. La **figure 13** (face composants) et la **figure 14** (face cuivre) concernent les

# PRÉAMPLIFICATEUR VERSION STÉRÉO

Figure 15 : Un câblage des plus simples



faces cuivrées du circuit imprimé double face.

Ce circuit sera à alimenter en 6,3 volts continu sous 1,4 A, pour le chauffage des filaments et en 270 volts continu 30 mA. Pour faire vos essais, n'importe quelle alimentation donnant les tensions et courants requis pourra convenir.

Le câblage est des plus simples, à commencer par le strap et les cinq points d'inversions de côté des pistes qu'il faut souder de chaque côté du CI.

Souder ensuite les quatre résistances, les huit supports de tubes, les six résistances ajustables, les quatre condensateurs, les deux TBLOCKS de connexions. Finir par les LM317T, les RCA pour CI et le potentiomètre. Avec un peu d'habitude, une heure suffit.

Puis, vérifier la qualité des soudures, et l'absence de court-circuit entre pistes et composants, avec une loupe si nécessaire.

Avec un ohmmètre, régler RV1 et RV4 à 210 Ω, RV2 et RV5 à 195 Ω, RV3 et RV6 à 90 000 Ω (90 kΩ).

Mettre sous tension les filaments et, une minute plus tard, appliquer la HT. Vérifier avec un voltmètre que les tensions indiquées sont correctes aux points de mesures. En principe, cela doit fonctionner du premier coup.

Si vous disposez d'un distorsiomètre et d'un générateur BF, ajustez RV1 et RV4 au minimum de distorsion. Il doit être très près des valeurs recommandées pour RV1 et RV4. Faire la même opération pour RV2 et RV5.

Si l'impédance de charge est supérieure à 10 kΩ, les retouches doivent être négligeables.

Si l'impédance de charge est inférieure à 1 kΩ, il faudra alors retoucher davantage, en abaissant la valeur de la résistance de RV2 et celle de RV5. Ceci aura pour effet d'augmenter le débit anodique de T32, T42 pour la voie (1) et T33, T43 pour la voie (2). Attention à ne pas dépasser la courbe de dissipation anodique de la figure 9.

Même avec des charges aussi faibles, il

# HOME CINÉMA TOUS TUBES

Référence du circuit imprimé	LIBELLE	VALEURS	V/W	N	PRIX Constaté Annonceurs	Prix TOTAL TTC
R1-R3	Résistance couche métal	82K	1/4W	2	0.05	0.1
R2-R4	Résistance couche métal	402 Ohms	1/2W 1%	2	0.3	0.6
RV1-RV4	Résistance variable multi tours cermet	470 Ohms	Type 67V ou 63YB ou 93YB	2	1.7	3.4
RV2-RV5	Résistance variable multi tours cermet	220 Ohms	Type 67V	2	1.7	3.4
RV3-RV6	Résistance variable multi tours cermet	100 Kohms	Type 67V	2	1.7	3.4
C1-C3	Condensateur Electrochimique	220µF	10 ou 16V	2	0.4	0.8
C2-C4	Condensateur MKP	2,7µF SCR PAS231 ou	250V	2	3.5	7.0
RCA CI	Embase coudée		Dorée	4	1,5	4.0
T12-T22- T32-T42	Support de tube MINIATURE 7Broches			4	2.9	11.6
T13-T23- T 33-T43	Support de tube MINIATURE 7Broches			4	2.9	11.6
POT ALPS	Potentiomètre double	2 x 50K	ALPS Log	1	17	17
	Connecteur TBLOCK3			1	1.5	1.5
	Connecteur TBLOCK2			1	1	1
LM317T1/ 2/3/4	Régulateurs LM317T			4	0.9	3.6
5725	TUBES CSF MINIATRON			8	7.5	60.0
	CIRCUIT IMPRIME	LED 182		1	mémoire	
	COFFRET			1	mémoire	
	ALIMENTATION			1	mémoire	
	<b>COÛT TOTAL TTC</b>					<b>127.2€</b>

Tableau C

est possible d'avoir les taux de distorsion indiqués. Il est cependant très inhabituel d'utiliser des impédances de charges aussi basses avec des tubes.

Il est possible de régler le circuit KTR pour obtenir une distorsion aussi basse que 0,002 % par volt efficace mesuré en sortie de préampli.

Bien entendu, il faut que le générateur ait une distorsion très inférieure à ces chiffres, ce qui n'est pas très courant.

## COMBIEN ÇA COÛTE ?

C'est le titre d'une émission de télévision bien connue mais cela vous intéresse au

plus haut point, car si le circuit stéréo coûte « une fortune », le préampli huit voies coûtera « quatre fortunes » !

Le **tableau C** récapitule composants et prix du commerce spécialisé. Sachez que pour la version Home Cinéma à huit voies, il faudra trente-deux tubes du type 5725.

Oui, je dis bien trente-deux qui, achetés en une fois, coûteront moins de 200 € chez plusieurs annonceurs de votre revue, le prix de vente à l'unité étant compris entre 7,50 € et 10 €. Les prix de revient du circuit d'essai stéréo figurent dans le tableau C.

Vous voilà maintenant en possession de

tous les éléments qui vous permettront de tester les performances du circuit KTR, en construisant un petit préampli stéréo d'une grande qualité.

Dans notre prochain article, nous aborderons l'alimentation générale du préampli huit voies Home Cinéma et le préampli. Je vous proposerai également une version simplifiée utilisant deux fois moins de tubes. Dans les articles suivants, nous étudierons la partie « amplification de puissance ».

**A suivre**  
**A bientôt et bonne bidouille**  
**A. Cocheteux**





## LE GK « FIVE » AMPLIFICATEUR MULTICANAUX

Après vous avoir présenté la philosophie de notre système GK FIVE et le module « alimentation locale » dans le n°181 de Led, nous allons maintenant décrire les modules « protection locale », « alimentation commune puissance » et « driver ».

**F**idèles à notre habitude, ces modules pourront être adaptés à d'autres réalisations que vous personnaliserez moyennant un minimum de modifications.

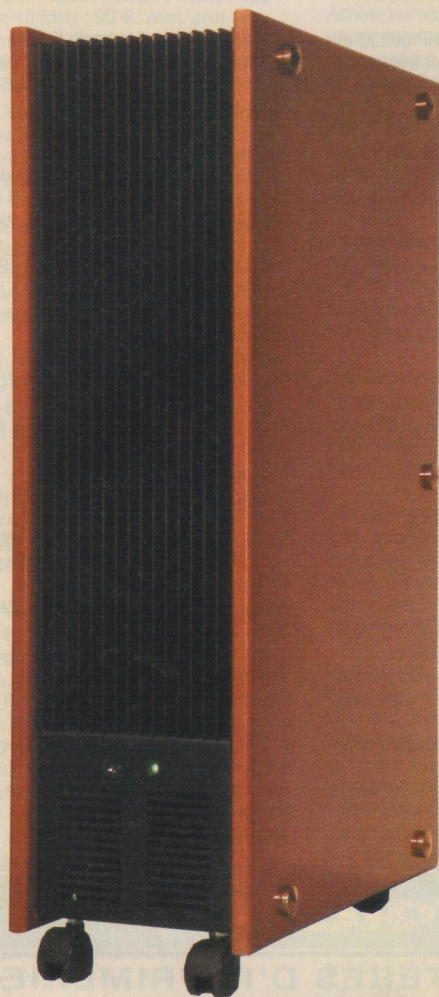
### MODULE « PROTECTION LOCALE »

En règle générale, un défaut grave de fonctionnement d'un amplificateur se traduit par l'apparition d'une tension continue en sortie qui a de grande chance de détruire, à très court terme, le haut-parleur auquel il est connecté. Il est donc particulièrement important de surveiller ce paramètre. C'est encore plus critique dans le cas d'un système multi-amplifié où le haut-parleur est connecté directement à l'amplificateur sans la (relative) protection d'un filtre passif. Nous avons également inclus la surveillance de deux tensions (positive et négative) qui, dans le cadre de ce projet, seront les deux tensions régulées  $V_d$  (+/- 52,5 V) alimentant les étages d'entrée de l'amplificateur. Son synoptique, présenté à

la **figure 1**, nous renseigne sur ses différentes fonctions, à savoir :

- Une protection contre le courant continu en sortie ampli
- Le contrôle de deux tensions (positive et négative)
- La commutation par relais de la sortie amplificateur vers la charge.

Examinons maintenant en détails le schéma (**figure 2**) de ce module de protection locale au travers des fonctions proposées.



### Conception

- Jusqu'à 5 amplificateurs de puissance.
- Protections locales avec surveillance des tensions régulées et détection du courant continu en sortie.
- Protection générale avec temporisation secteur et surveillance des fusibles.
- Conception modulaire.
- Télécommande infrarouge optionnelle.
- Boîtier dissipateur vertical spécialement dessiné pour ce projet.

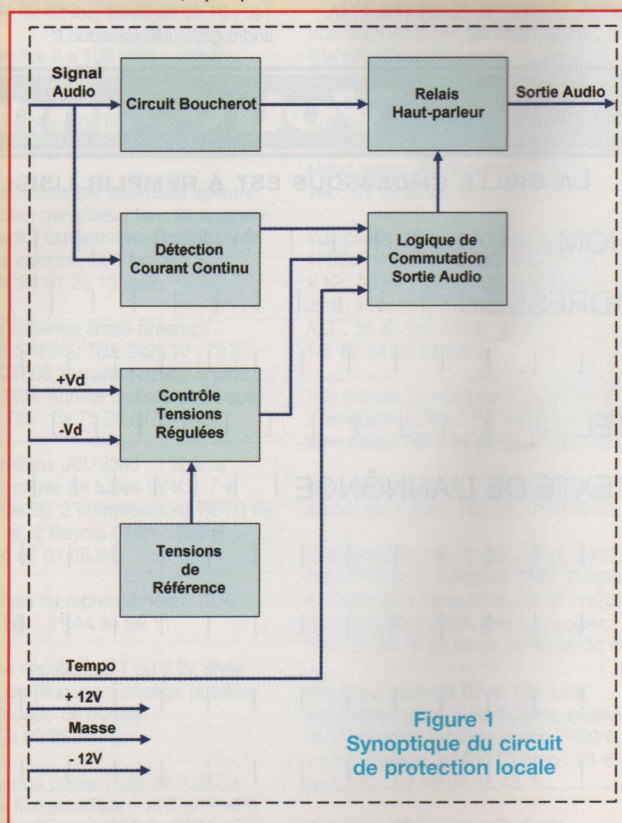


Figure 1  
Synoptique du circuit  
de protection locale



## LE DÉTECTEUR DE COURANT CONTINU

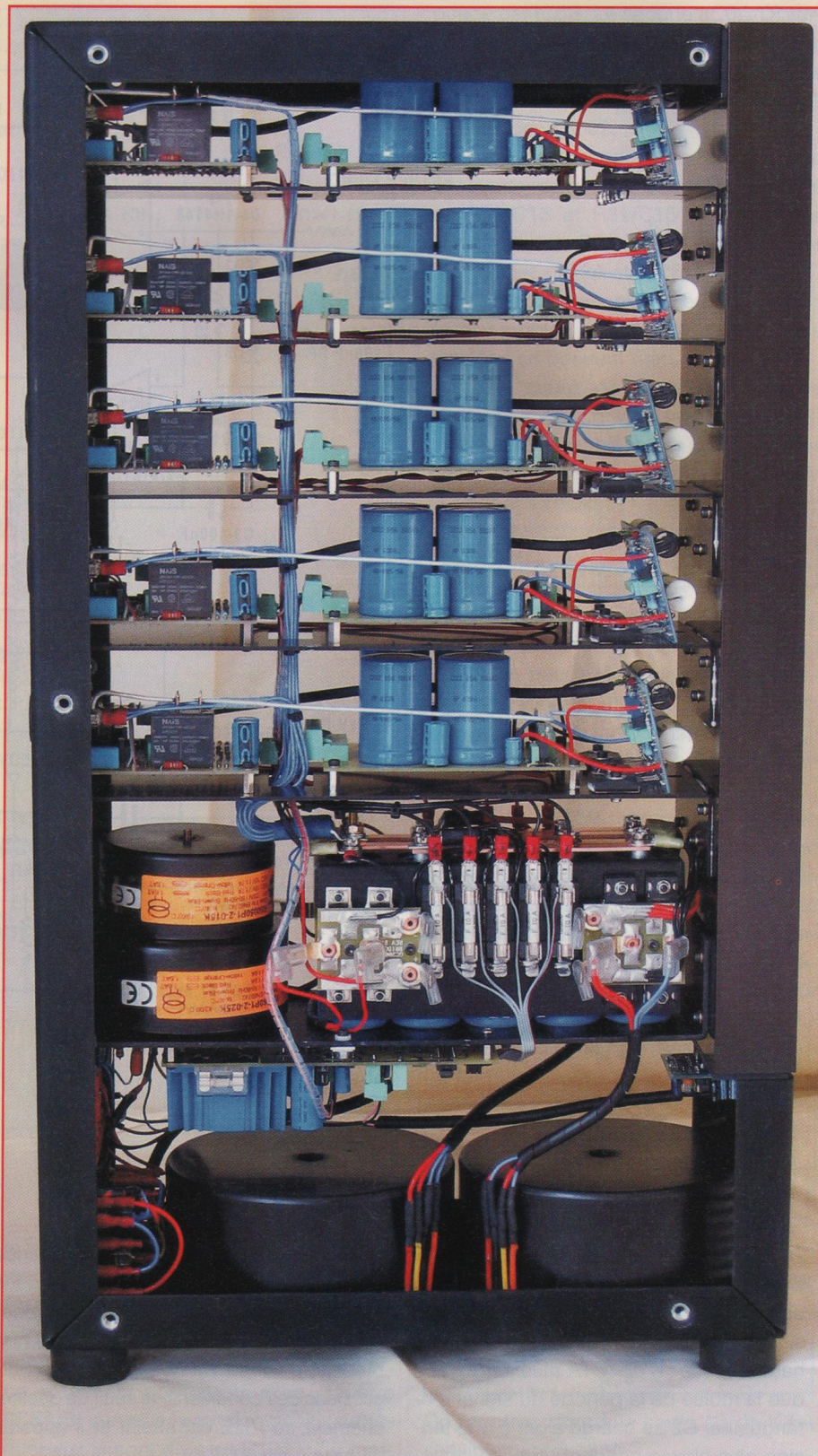
Le schéma le plus classique est d'utiliser un condensateur non polarisé faisant office d'intégrateur et commutant un relais au travers d'un transistor. Le problème avec ce type de circuit est le choix de la valeur pour cette capacité de filtrage :

- Trop faible et le moindre signal basse fréquence de niveau assez élevé déclenchera à tort la protection
- Trop élevée et la protection tardera à se déclencher, diminuant ainsi le niveau de protection.

Il y a quelques années, M. Riester publia, dans une revue d'électronique, un détecteur original de par sa conception relativement simple et ses performances. Son temps de réaction est rapide (inférieur à 75 ms), tout en offrant une protection aux très basses fréquences (inférieures à quelques Hertz). Après avoir longuement testé ce circuit, nous avons décidé d'utiliser ce principe.

Il est composé de deux parties symétriques. La partie supérieure (IC1A/T1/IC2E) assure la détection des tensions positives et la partie inférieure (IC1B/T3/IC2D), les tensions négatives. Le signal audio disponible en sortie de l'amplificateur est appliqué au circuit par l'intermédiaire de la résistance R3. Les couples de diodes en série D2 - D7 et D3 - D8 écrêtent le signal à une valeur de 1,2 V et protègent les entrées des TL082.

IC1A et IC1B sont montés en comparateur avec des tensions de référence de +/- 0,6 V (fixées par R2/D4 pour le positif et R10/D12 pour le négatif). La sortie (1) de IC1A bascule au niveau haut (+12 V) lorsque la tension d'entrée dépasse le seuil de + 0,6 V et la sortie (7) de IC1B passe au niveau haut (+ 12 V) lorsque la tension d'entrée est inférieure à - 0,6 V. Le basculement produit ainsi un signal quasi rectangulaire évoluant au rythme du signal audio chargeant alternativement les condensateurs C2 et C4 via les résistances R1 et R11 sans atteindre la valeur de déclenchement des



# AMPLIFICATEUR MULTICANAUX

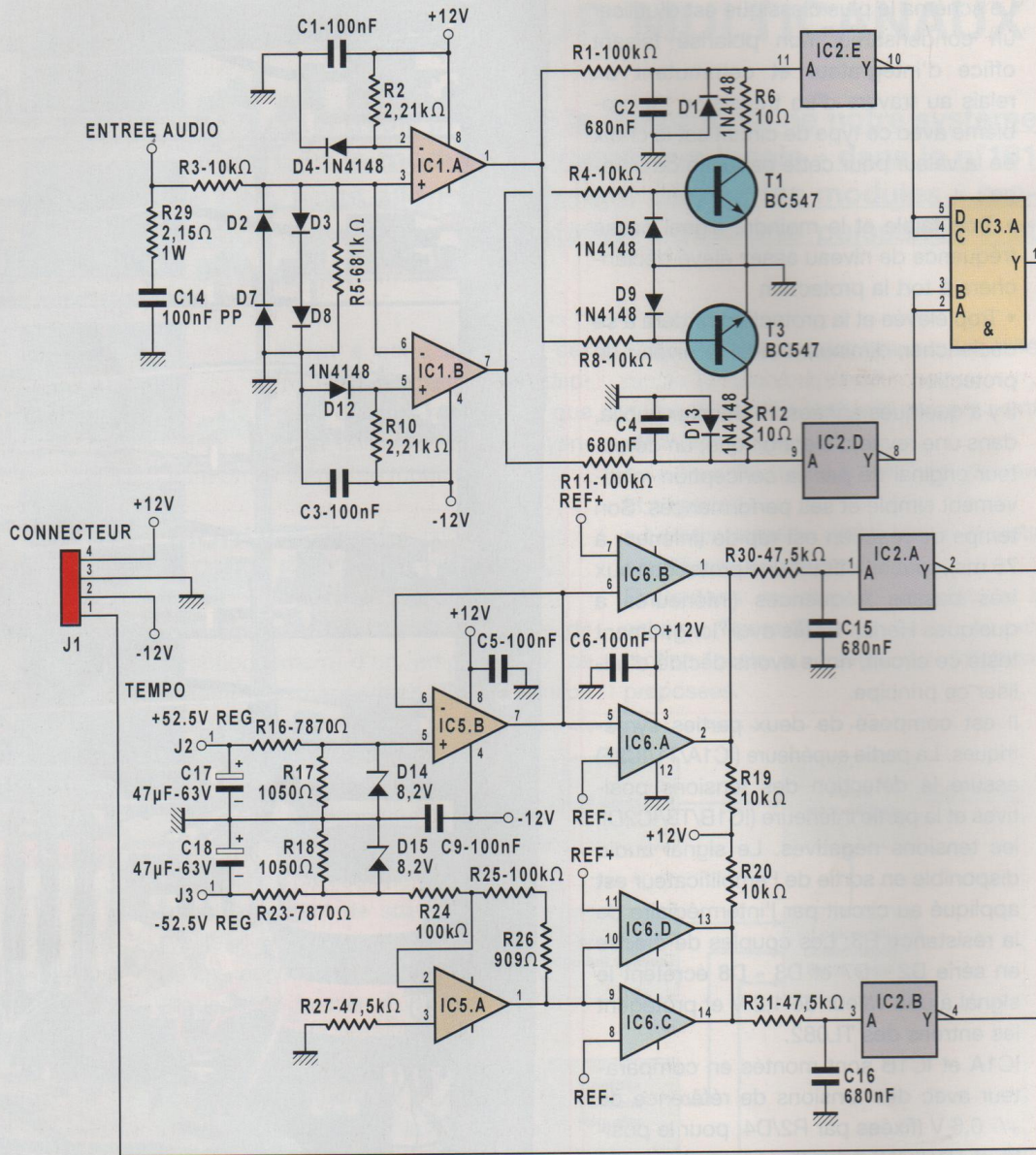


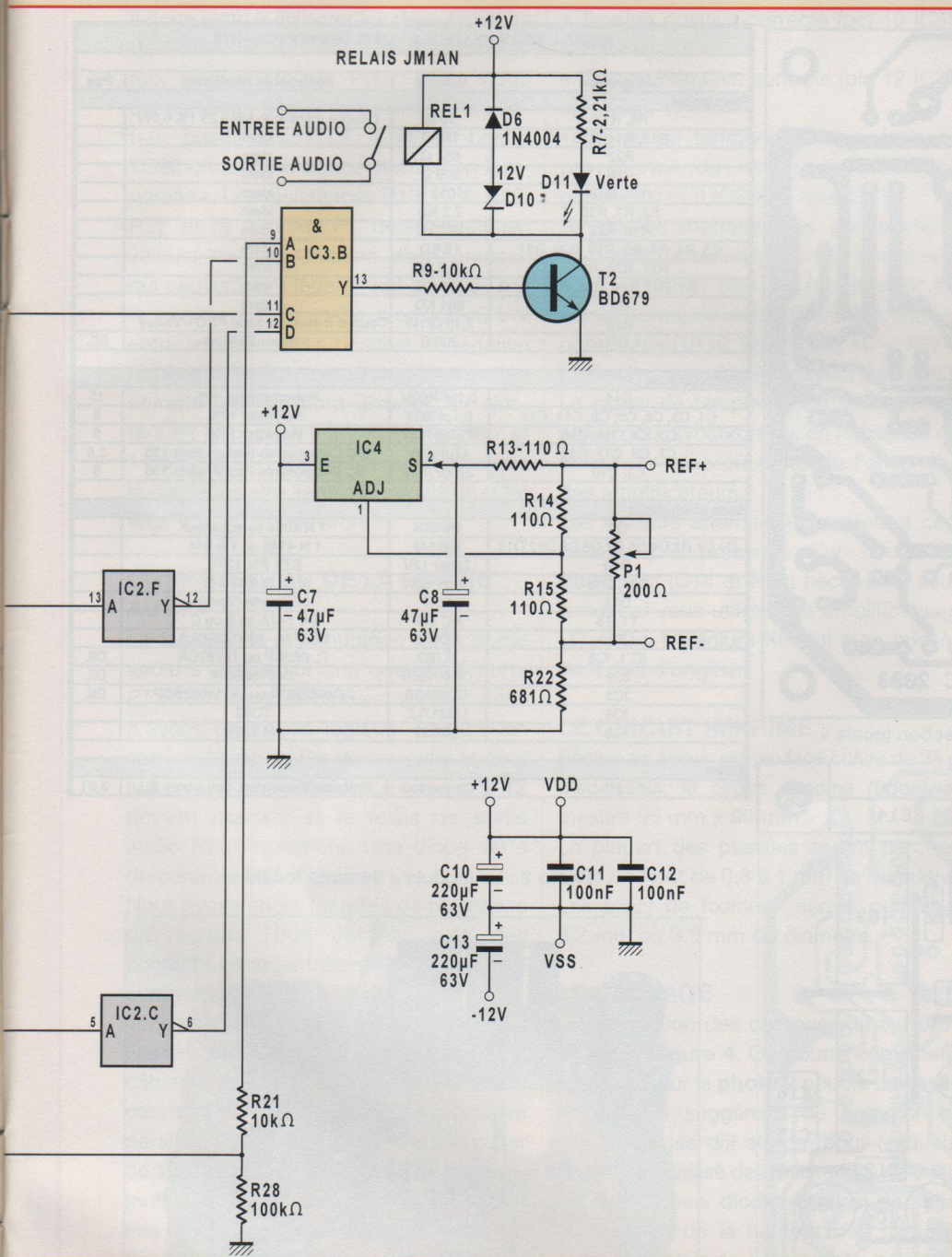
Figure 2  
Schéma du module  
« protection locale »

inverseurs logiques CMOS IC2E et IC2D. Ce cycle sera perturbé si, par exemple, une tension positive superposée au signal audio vient maintenir au niveau haut la sortie (1) de IC1A plus longtemps que la moitié de la période du signal rectangulaire. C2 se charge alors à une tension plus élevée pendant que simultanément

le transistor T3, via la résistance R8, court-circuite la charge stockée dans C4 au cours de la demi-période précédente. Cette action provoque, via R11, le blocage de T1 et C2 ne peut être déchargé. Dans ces conditions, le seuil de déclenchement de IC2E est atteint et il apparaît un niveau bas (0 V) sur sa sortie (10).

Le processus est identique pour la partie négative. La protection des bases des transistors T1 et T3 est assurée par les diodes D5 et D9. En fonctionnement normal, la sortie (1) de IC3A (quadropole ET) est au niveau haut et passe au niveau bas en cas de défaut. On peut noter que le temps de réaction du système

# UNE CONCEPTION MODULAIRE



me est fonction de la pseudo période de R1-C2 (R11-C4) et du seuil de déclenchement des inverseurs IC2E et IC2D.

## CONTRÔLE DES TENSIONS RÉGULÉES

Utilisant des régulateurs intégrés hors de leur zone de protection naturelle, nous

avons inclus une surveillance de leur tension de sortie afin de prévenir tout risque. Ce circuit est basé sur un quadruple comparateur LM339 monté en double comparateur à fenêtre.

Le premier comparateur à fenêtre (IC6A/B) surveille la tension positive atténuée par le pont diviseur R16/R17 et tam-

ponné par IC5B. Le second (IC6C/D) surveille la tension négative atténuée par R23/R18 et inversée par IC5A. Les diodes zeners D14 et D15 protègent les entrées des TL082.

Nous avons ajouté une très légère constante de temps par l'intermédiaire de R30/C15 et R31/C16 en sortie des comparateurs. Deux inverseurs « trigger de Schmitt » IC2A et IC2F (IC2B et IC2C pour le négatif) donnent à leurs sorties un niveau logique haut stable, tant que les tensions se trouvent dans les limites.

Dans le cadre de notre étude, nous avons fixé à 52,5 V la valeur moyenne des tensions régulées. Le pont diviseur R17/R16 ramène cette tension à 6,18 V suivant la formule :

$$\frac{R17}{R16 + R17}$$

Cette tension est transmise à l'entrée du comparateur à fenêtre par la sortie (7) de IC5B. On peut noter que cet amplificateur opérationnel utilisé en suiveur n'est pas réellement indispensable, mais il nous restait la moitié d'un TL082 (utilisé pour la partie négative).

La tension - 52,5V est traitée de la même façon, hormis le fait que le signe est inversé par IC5A monté en inverseur. On remarque que le gain de cet inverseur est légèrement différent de (- 1) pour compenser l'altération apportée par la présence de R24 sur le pont diviseur R23/R18 qui, d'un point de vue électrique, se trouve en parallèle avec R18.

La formule devient :

$$\frac{R18}{R23 + R_x} \quad \text{avec} \quad R_x = \frac{R18 + R24}{R24 \times R18}$$

La tension - 52,5 V est donc ramenée à 6,12 V seulement au lieu de 6,18 V. La résistance R26 permet d'adapter le gain de l'amplificateur opérationnel monté en inverseur en conséquence suivant la formule :

$$\frac{R25 + R26}{R24}$$

On retrouve alors à la sortie (1) de IC5A sensiblement 6,18 V.

# AMPLIFICATEUR MULTICANAUX

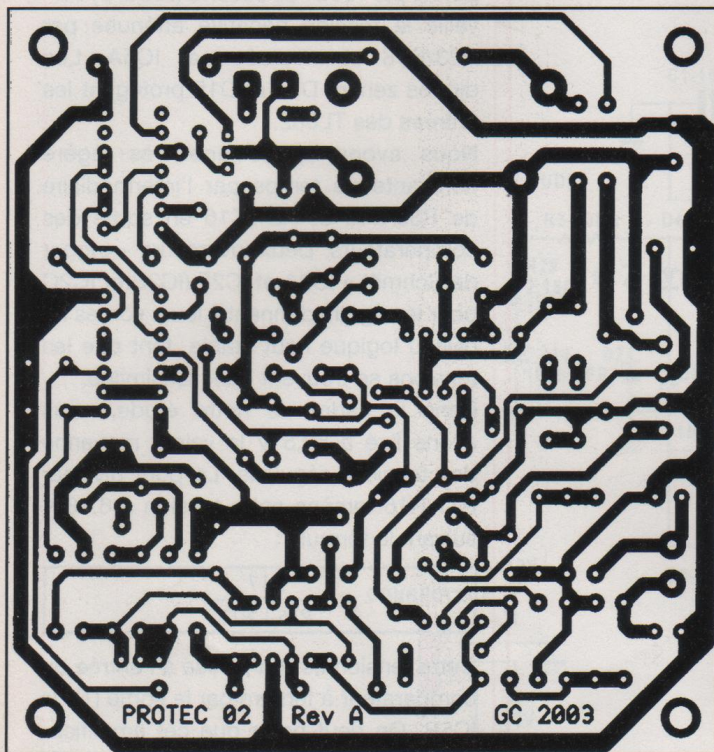


Figure 3 : Circuit imprimé du module « protection locale »

MODULE SECURITE LOCALE - LISTE DES COMPOSANTS			
Désignation	Valeurs	Références fabricants	Pas
<b>Résistances</b>			
R6, R12	10 Ω	Couche métallique MRS 25 1% 0,5W	
R13, R14, R15	110 Ω	idem	
R22	681 Ω	idem	
R26	909 Ω	idem	
R17, R18	1050 Ω	idem	
R2, R7, R10	2,2 KΩ	idem	
R16, R23	7870 Ω	idem	
R3, R4, R8, R9, R19, R20, R21	10 KΩ	idem	
R27, R30, R31	47,5 KΩ	idem	
R1, R11, R24, R25, R28	100 KΩ	idem	
R5	681 KΩ	idem	
R29	2,15 Ω/1W	Couche métallique série PRO1-Vishay	
P1	200 Ω	trimmer 25 tours	SIL
<b>Condensateurs</b>			
C14	0,1µF/400V	Polypropylène 10%	15
C1, C3, C5, C6, C9, C11, C12	0,1µF/63V	Polyester 10%	5
C2, C4, C15, C16	0,68µF/63V	Polyester 10%	5
C7, C8, C17, C18	47µF/63V	BC Composants-Radial -série 135	3,5
C3, C10	220µF/63V	BC Composants-Radial -série 135	5
<b>Semi-conducteurs</b>			
D6	1N4004	1 N 4004 ou supérieur	
D1, D2, D3, D4, D5, D7, D8, D9, D12, D13	1N4148	1 N 4148 ou 1 N 914	
D10	Zener 12V	BZX 85C12RL	
D14, D15	Zener 8,2V	BZX 85C8V2RL	
D11	LED	LED verte (2mm)	
T1, T3	BC 547	BC 547A ou B ou C	
T2	BD679	BD679A - MOTOROLA	
IC 1, IC5	TL082	TL 082CP ou TL082CN	DIL
IC2	CD40106B	C40106BCN	DIL
IC3	CD4082B	CD4082BCN ou MC14082BCP	DIL
IC4	LM317LZ	TO92	
IC6	LM339	LM 339N	
<b>Divers</b>			
J1	Connecteur	Embase Miniconnec 4 pins pour C.I.	3,81

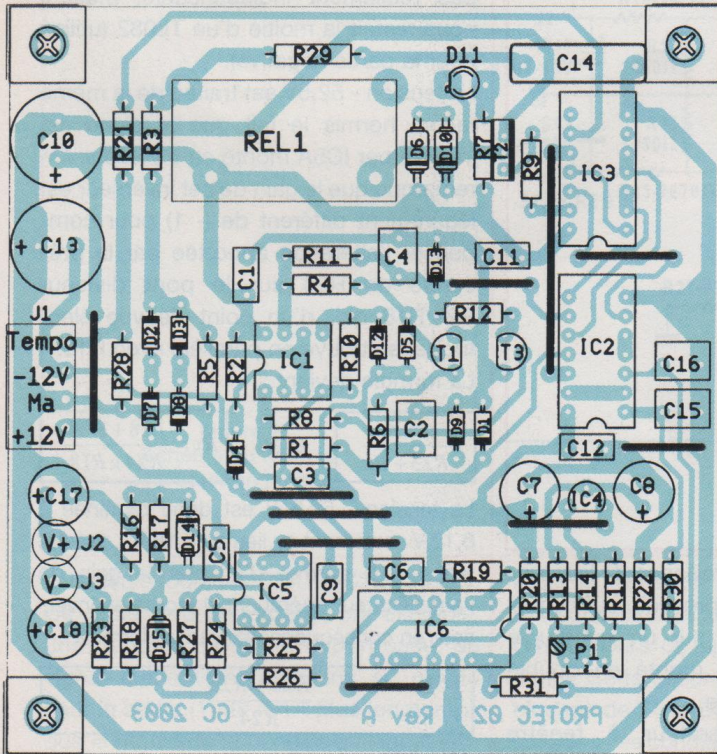
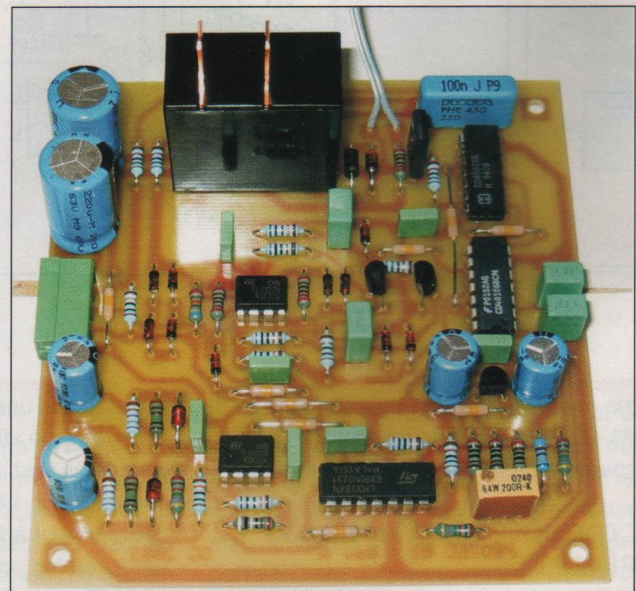


Figure 4 : Implantation des composants

Photo 2 : Le module « Sécurité locale »



# UNE CONCEPTION MODULAIRE

Il nous reste à élaborer les deux tensions de références REF+ et REF- nécessaires aux comparateurs. Pour cela, nous avons utilisé très simplement un régulateur positif LM317LZ (IC4) en boîtier TO92 offrant une bonne stabilité en température. Les résistances R13, R14, R15, R22 et le trimmer P1 déterminent les valeurs de ces tensions de références qui peuvent être légèrement ajustées par le trimmer P1. Le delta d'environ 0,5 V entre les références positive et négative ramène la fenêtre à environ 4 V en entrée compte tenu du pont diviseur. En ajustant P1 pour avoir 6,3 V aux broches 7 et 11 du LM339, ce réglage permettra une surveillance des tensions régulées entre 53,5 V et 49,5 V environ.

## COMMUTATION DE LA SORTIE AUDIO

La logique de commutation de la sortie audio s'appuie sur une quadruple porte ET (IC3B). Son principe est simple : nous n'avons un niveau logique « haut » en sortie (13) que si les quatre entrées sont aussi à un niveau haut. Le transistor T2 devient passant et le relais de sortie audio REL1 commute. Une diode verte de contrôle D11 s'allume.

Nous avons choisi un relais de puissance de marque NAIS JM1AN avec des contacts en argent étamé et capable de commuter des courants de 20 A. Il a également l'avantage de disposer de cosses Faston sur le dessus facilitant ainsi le câblage. Pour protéger le transistor des courants inductifs, nous avons inséré, en parallèle avec la bobine, une diode zener de 12 V en série avec une diode de commutation. Cette façon de procéder a permis de réduire notablement le temps de décollage du relais. En effet, l'insertion d'une simple diode de protection dégrade considérablement les performances des relais dans ce domaine.

En résumé les conditions à réunir pour que le signal audio soit disponible en sortie sont les suivantes :

- Pas de présence de tension continue (pin 11 IC3B au niveau 1)

- Tension positive correcte (pin 10 IC3B au niveau 1)
- Tension négative correcte (pin 12 IC3B au niveau 1)
- Signal de temporisation générale en provenance du circuit de protection générale (pin 9 IC3B au niveau 1).

Si vous ne souhaitez pas, par exemple, du circuit de surveillance des tensions, il vous suffira (à part ne pas monter les composants) de relier les entrées correspondantes (10 et 12) d'IC3B au + 12V à l'aide d'une simple résistance de 10 k $\Omega$ . Le signal de temporisation générale est utilisé pour synchroniser, en l'absence de défaut, la mise en route de l'ensemble des amplificateurs.

Les lecteurs attentifs remarqueront certainement la présence d'un circuit de Boucherot (C14 et R29) nécessaire seulement si vous utilisez les amplificateurs LC Audio Millenium XP qui n'en possèdent pas d'origine.

## LE CIRCUIT IMPRIMÉ

Réalisé en époxy simple face cuivre de 35  $\mu$  d'épaisseur, le circuit imprimé (**figure 3**) mesure 95 mm x 99 mm.

La plupart des pastilles seront percées avec un foret de 0,8 à 1 mm de diamètre. Les trous de fixation seront percés à 3,2 mm ou 3,5 mm de diamètre.

## LE CÂBLAGE

L'implantation des composants est proposée en **figure 4**. On pourra également s'appuyer sur la **photo 2** pour le câblage. Nous vous suggérons de commencer par câbler les dix straps (pour lesquels nous avons utilisé des résistances de 0  $\Omega$ ), les résistances, diodes et ainsi de suite en fonction de la hauteur des composants. Le relais ne sera monté qu'après avoir éliminé avec un solvant les résidus de soudure présents sur le circuit. Cela permettra de limiter autant que possible la pénétration du produit de nettoyage dans le corps du relais. Quelques expériences malheureuses dans le passé, avec des relais réputés étanches au nettoyage, nous ont rendus méfiants.

## RACCORDEMENT ET ESSAIS

On procédera au préalable aux vérifications d'usages : dégraissage du circuit, inspection des soudures et respect de la polarité des condensateurs. Il est très fortement suggéré de tester et régler chaque module individuellement facilitant ainsi le dépannage éventuel.

Pour cela, on raccordera temporairement une résistance de 10 k $\Omega$  entre la broche tempo et le + 12 V du connecteur J1 de façon à forcer un niveau haut. On alimentera alors le module en +/- 12 V. Régler le trimmer P1 pour lire 6,3 V à la broche 7 de IC6. Profitez-en pour vérifier que vous avez bien environ 0,5 V de moins à la broche 4.

Puis, comme il est très rare de disposer d'une alimentation réglable double +/- 60 V, on pourra vérifier la fonction contrôle des tensions en injectant directement une tension aux bornes des diodes zener de protection D14 et D15.

Attention, **il ne faut en aucun cas dépasser les 8,2 V si vous ne voulez pas les détruire**. Régler votre alimentation à +/- 6,2 V et vérifier que vous obtenez bien un niveau logique haut aux broches 10 et 12 de IC3.

Faites varier légèrement l'une puis l'autre de ces tensions et vérifiez que le niveau logique change lorsque vous atteignez les tensions de références REF+ et REF-. Vous devez normalement entendre le bruit de commutation du relais et voir la diode led s'allumer.

Pour vérifier le bon fonctionnement du circuit de protection « courant continu », injectez une tension positive de 1,5 à 2 V sur R3 ou, si vous utilisez le relais recommandé, sur la cosse Faston correspondante. On doit observer un niveau logique bas sur les broches 4 et 5 de IC3. Injecter une tension négative et c'est maintenant sur les broches 2 et 3 de IC3 que l'on doit observer un niveau bas.

Une pile (R6) pourra servir de source de tension continue. Il suffira d'inverser les branchements pour obtenir une polarité positive ou négative. Les vérifications sont maintenant terminées. Vous pouvez

# AMPLIFICATEUR MULTICANAUX

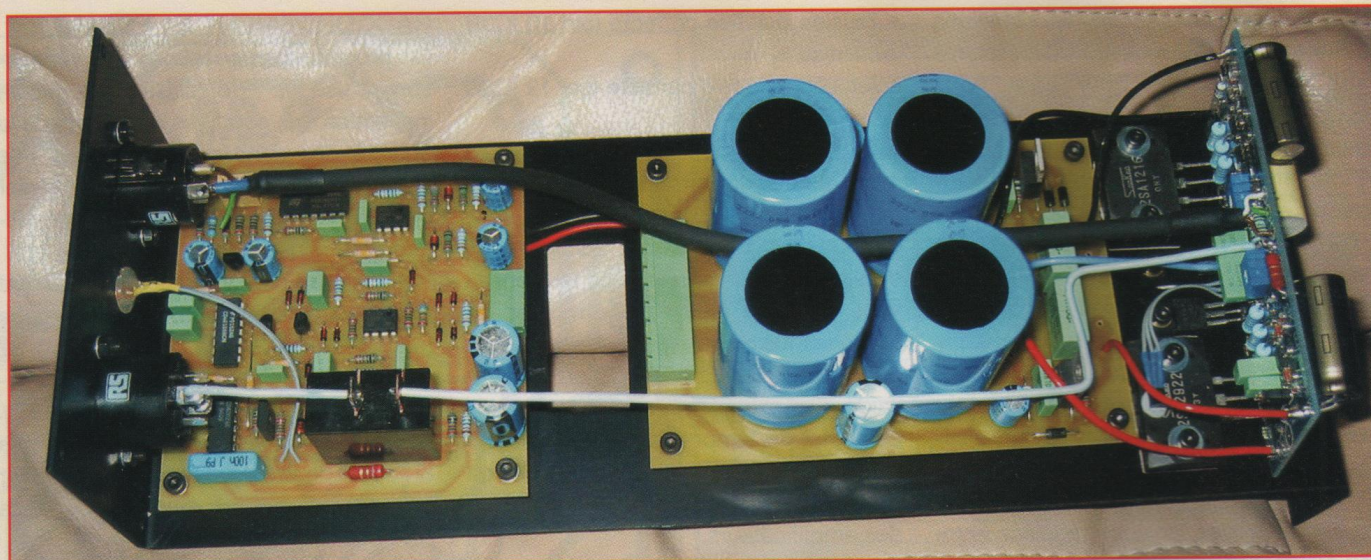


Photo 3 : Un sous châssis d'amplification complet

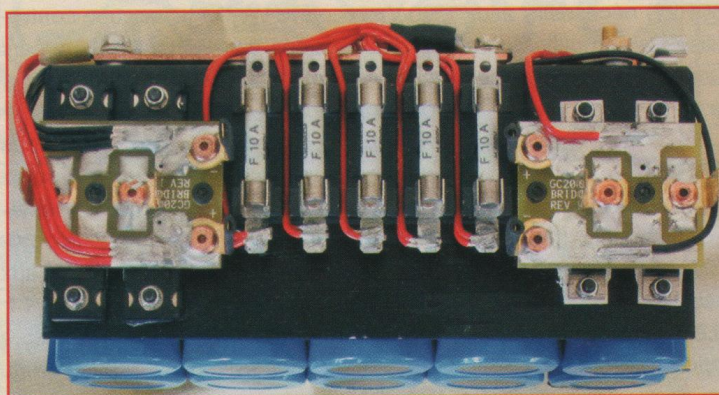


Photo 4 : Bloc alimentations (vue de côté)

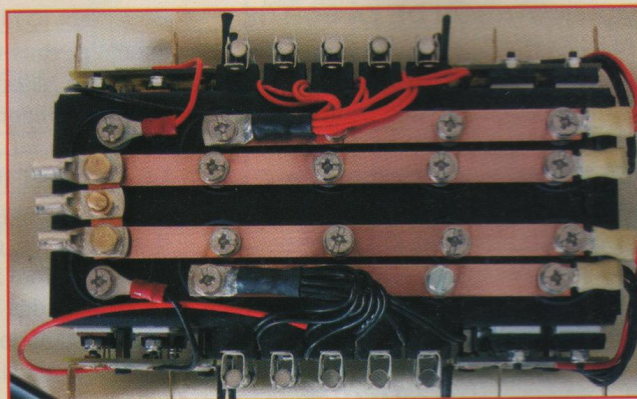


Photo 5: Bloc alimentations (vue de dessus)

apercevoir sur la **photo 3** un sous châssis « amplification » complètement terminé. Pour les interconnexions, nous avons utilisé :

- Du câble en cuivre argenté AWG 16 isolé PTFE pour raccorder les alimentations
- Du câble en cuivre monobrin 1,5 mm<sup>2</sup> isolé téflon pour la sortie audio
- Du câble multibrins 0,5 mm<sup>2</sup> (ordinaire) pour le contrôle des tensions.
- Du câble blindé GAC3 3 fils pour relier l'entrée symétrique de l'ampli à la fiche XLR.

On peut noter que la diode led de contrôle a été collée à la résine époxy et que nous avons utilisé des connecteurs « Speakon » pour les sorties audio. Ce

type de fiche, dont l'initiative revient à Neutrik, est devenu le standard en sonorisation professionnelle.

Disponibles en 4 ou 8 broches, ces fiches offrent d'excellentes caractéristiques électriques et sont faciles à câbler. Les deux broches 1- et 2- du connecteur seront reliées à la masse générale ultérieurement.

## MODULES « ALIMENTATIONS COMMUNES PUISSANCE » ET « DRIVER »

Comme vous pouvez le constater sur les **photos 4 et 5**, nous avons rassemblé, en un bloc compact d'environ 190 mm sur

95 mm, dix condensateurs, quatre ponts redresseurs discrets et dix porte-fusibles grâce à l'utilisation d'un capot en aluminium AG3 de 2 mm d'épaisseur.

Ce capot, fixé au sous châssis par l'intermédiaire de deux entretoises de 80 mm, fait également office de dissipateur pour les diodes de redressement. Remarquer sur ces photos, en particulier à gauche sur la photo 5 (vue de dessus), deux câbles (un rouge et un noir) en provenance des ponts de redressements « drivers ».

Ils seront reliés ultérieurement à la masse générale matérialisée par les trois cosses provisoirement fixées (à gauche, sur la photo).

# UNE CONCEPTION MODULAIRE

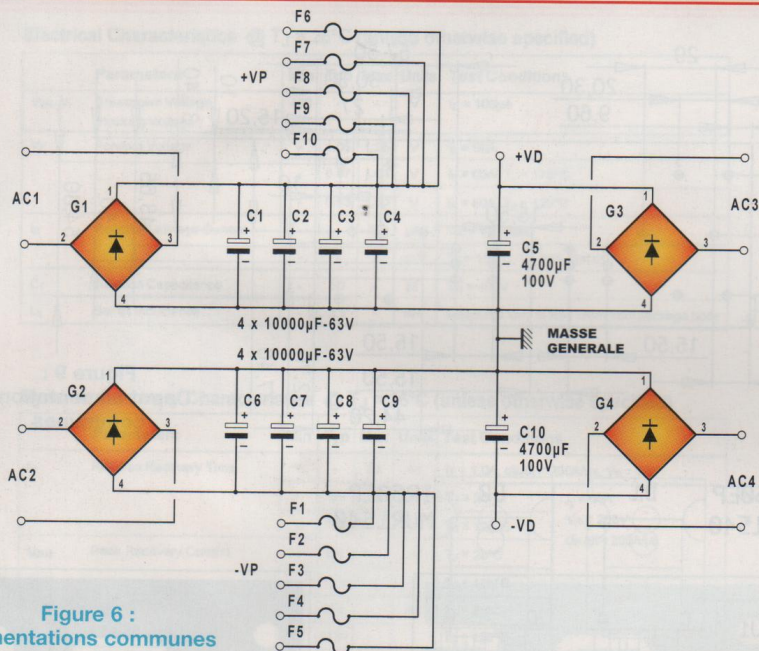


Figure 6 :  
Alimentations communes

C <sub>R</sub> (μF)	U <sub>R</sub> (V)					
	10	16	25	40	63	100
3300	-	-	-	-	-	35 × 60
4700	-	-	-	-	-	35 × 80
6800	-	-	-	-	35 × 60	35 × 105
10000	-	-	-	-	35 × 80	50 × 80
15000	-	-	-	35 × 60	35 × 105	50 × 105
22000	-	-	35 × 60	35 × 80	50 × 80	65 × 105
33000	-	35 × 60	35 × 80	50 × 80	50 × 105	75 × 105
47000	35 × 60	35 × 80	35 × 105	50 × 80	65 × 105	-
68000	35 × 80	35 × 105	50 × 80	50 × 105	75 × 105	-
100000	35 × 105	50 × 80	50 × 105	65 × 105	-	-
150000	50 × 80	50 × 105	65 × 105	75 × 105	-	-
220000	50 × 105	65 × 105	75 × 105	-	-	-
330000	65 × 105	75 × 105	-	-	-	-
470000	75 × 105	-	-	-	-	-

Figure 7 : Sélection des boîtiers série BC 154

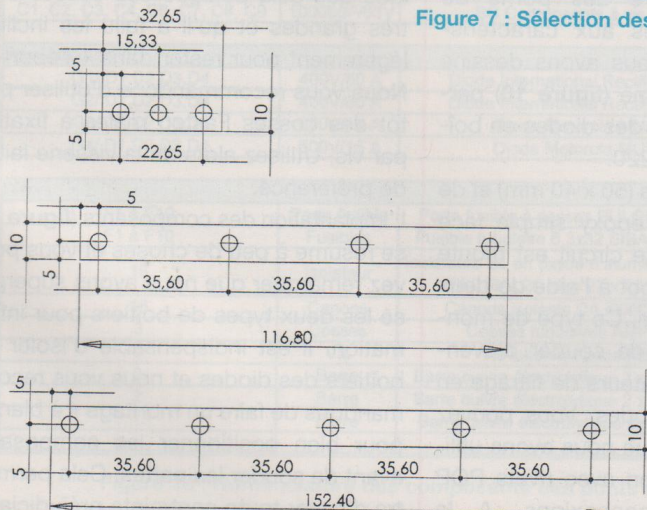


Figure 8 :  
Barres de cuivre,  
alimentations  
communes

## SCHÉMA DES ALIMENTATIONS COMMUNES

Le schéma de ces alimentations communes (figure 6) est simple. Nous avons utilisé des ponts de redressement séparés pour équilibrer les courants dans les transformateurs et réduire ceux circulant dans la masse. Dans notre application, huit condensateurs de 10000 μF/63 V sont utilisés pour les alimentations de puissance et deux de 4700 μF/100 V pour les drivers.

Nous avons sélectionné la série 154 de BC Components qui offre d'excellentes performances à un coût raisonnable. Si l'utilisation d'un capotage dédié a permis une très grande compacité, il fige néanmoins à 35 mm le diamètre maximum des condensateurs. Le tableau extrait de la « data-sheet » (figure 7) vous montre les tailles des boîtiers en fonction des capacités et des tensions. Si vous ne souhaitez pas utiliser une alimentation distincte pour les étages d'entrées, il suffira de ne pas monter les deux ponts redresseurs AC3 et AC4 et relier les broches correspondantes de C5 et C10.

Remarquer sur les photos que nous avons suivi exactement le routage présenté dans le schéma, permettant ainsi d'obtenir un vrai point de masse central. Le choix des portes fusibles a été délicat car il existe peu de supports de bonne qualité facilement disponibles. Après avoir testé de nombreux modèles, nous avons retenu la série FX0326, fabriquée par Bulgin pour des fusibles 6,3 x 32 mm avec des contacts en bronze phosphoré étamé. Les performances sont très bonnes avec une résistance de contact inférieure à 5 mΩ et une capacité en courant de 13 ampères. Nous avons également sélectionné avec soin les fusibles. Notre choix s'est porté sur la marque SIBA série 70-065-63. A titre indicatif, nous avons trouvé ces deux éléments dans le catalogue Farnell 2003, mais il est certainement possible de les trouver chez d'autres fournisseurs.

Les condensateurs sont reliés par des barres de cuivre électrolytique recuit

# AMPLIFICATEUR MULTICANAUX

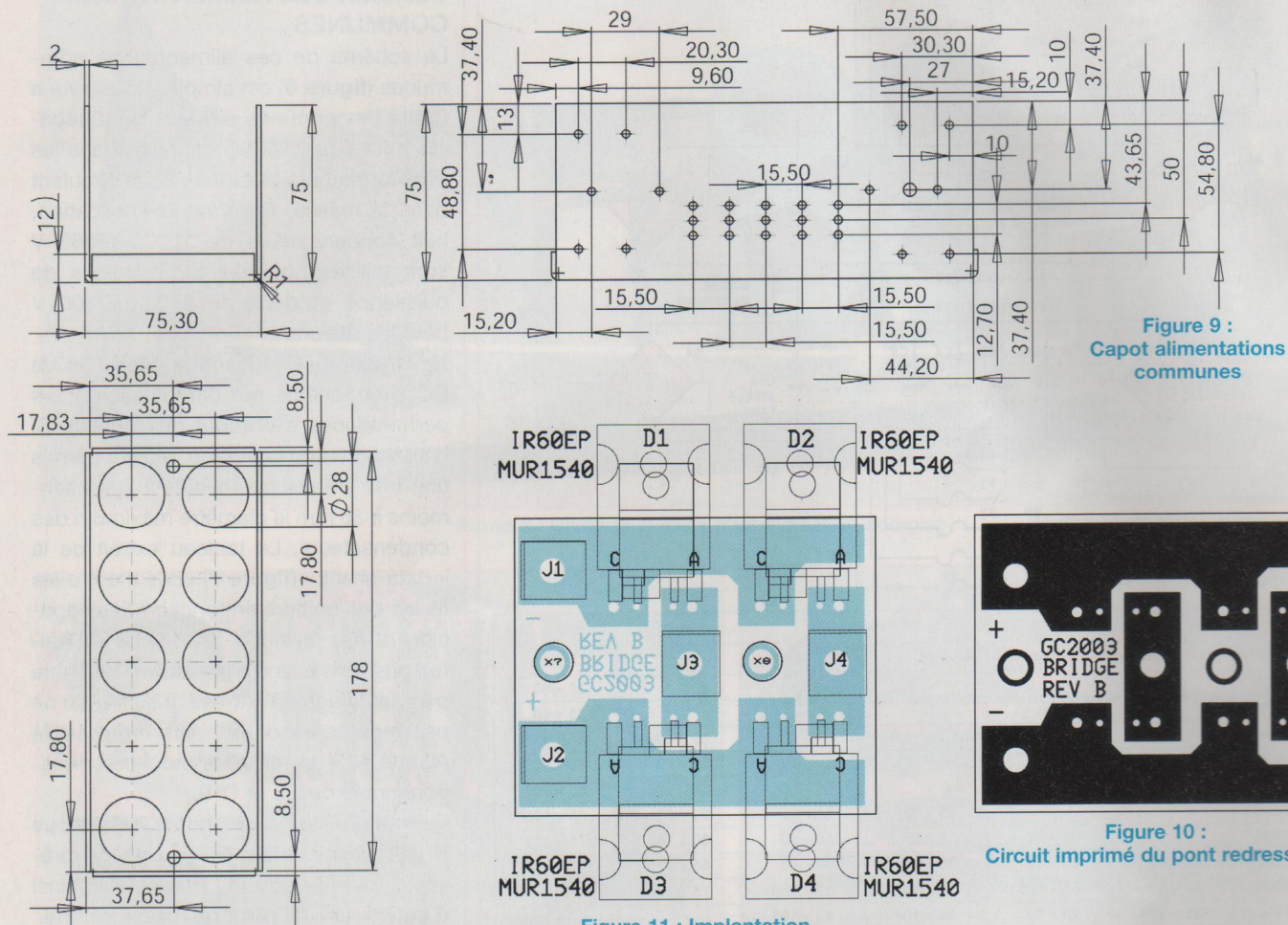


Figure 9 :  
Capot alimentations  
communes

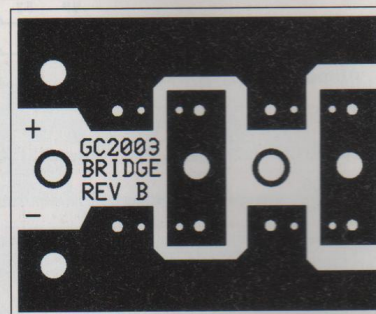


Figure 10 :  
Circuit imprimé du pont redresseur

Figure 11 : Implantation  
des composants du pont redresseur

d'une épaisseur de 2 mm. Les dimensions et les cotes de perçages sont indiquées à la **figure 8**. Tous les trous seront percés à un diamètre de 5,5 mm. Les dimensions du capot vous sont données à la **figure 9**. Elles sont calculées pour une tôle d'aluminium AG3 de 2 mm d'épaisseur. Certains trous (ponts redresseurs) sont fraisés pour ne pas abîmer l'isolement des condensateurs. A ce propos, rappelons que le boîtier métallique d'un condensateur électrochimique est en général au négatif. C'est la raison pour laquelle les fabricants mettent un isolant, plus ou moins résistant d'ailleurs. Il faut donc les manipuler avec beaucoup de précautions, en particulier lors de leur insertion dans le capot.

## PONTS REDRESSEURS

Faute d'avoir trouvé des ponts de redressement moulés aux caractéristiques souhaitées, nous avons dessiné un petit circuit imprimé (**figure 10**) permettant d'utiliser soit des diodes en boîtier TO-247, soit TO-220.

De petites dimensions (50 x 40 mm) et de préférence en verre époxy simple face cuivre 70  $\mu$  étamé, ce circuit est monté côté cuivre sur le capot à l'aide de deux entretoises de 10 mm. Ce type de montage permet *in situ* de souder d'éventuels petits condensateurs de filtrage en parallèle avec les diodes. Vous pouvez voir sur les photos que nous avons utilisé des cosses Faston avec rivets POP cuivre pour les connexions. A la

réflexion, cela n'est pas une si bonne idée que cela puisque ces cosses sont très grandes et qu'il a fallu les incliner légèrement pour rester dans « l'épure ». Nous vous recommandons d'utiliser plutôt des cosses Faston mâles à fixation par vis. Utilisez alors de la visserie laiton de préférence.

L'implantation des composants (**figure 11**) se résume à peu de choses et vous pouvez remarquer que nous avons superposé les deux types de boîtiers pour information. Il est indispensable d'isoler les boîtiers des diodes et nous vous recommandons de faire un montage « à blanc » pour bien positionner les composants avant de souder les pattes. Cela permettra d'éviter toute contrainte préjudiciable



# UNE CONCEPTION MODULAIRE

Electrical Characteristics @ T<sub>J</sub> = 25°C (unless otherwise specified)

Parameters	Min	Typ	Max	Units	Test Conditions
V <sub>BR</sub> , V <sub>r</sub> Breakdown Voltage, Blocking Voltage	400	-	-	V	I <sub>R</sub> = 100µA
V <sub>F</sub> Forward Voltage	-	1.05	1.25	V	I <sub>F</sub> = 60A
	-	0.87	1.03	V	I <sub>F</sub> = 60A, T <sub>J</sub> = 175°C
	-	0.93	1.10	V	I <sub>F</sub> = 60A, T <sub>J</sub> = 125°C
I <sub>R</sub> Reverse Leakage Current	-	-	50	µA	V <sub>R</sub> = V <sub>R</sub> Rated
	-	-	2	mA	T <sub>J</sub> = 150°C, V <sub>R</sub> = V <sub>R</sub> Rated
C <sub>T</sub> Junction Capacitance	-	50	-	pF	V <sub>R</sub> = 400V
L <sub>S</sub> Series Inductance	-	3.5	-	nH	Measured lead to lead 5mm from package body

Dynamic Recovery Characteristics @ T<sub>J</sub> = 25°C (unless otherwise specified)

Parameters	Min	Typ	Max	Units	Test Conditions
t <sub>rr</sub> Reverse Recovery Time	-	-	50	ns	I <sub>F</sub> = 1.0A, di/dt = 200A/µs, V <sub>R</sub> = 30V
	-	85	-		T <sub>J</sub> = 25°C, I <sub>F</sub> = 80A
	-	145	-		T <sub>J</sub> = 125°C, V <sub>R</sub> = 200V
I <sub>RRM</sub> Peak Recovery Current	-	8.8	-	A	T <sub>J</sub> = 25°C, di/dt = 200A/µs
	-	15.4	-		T <sub>J</sub> = 125°C
Q <sub>rr</sub> Reverse Recovery Charge	-	375	-	nC	T <sub>J</sub> = 25°C
	-	1120	-		T <sub>J</sub> = 125°C

Thermal - Mechanical Characteristics

Parameters	Min	Typ	Max	Units
R <sub>thJC</sub> Thermal Resistance, Junction to Case			0.70	K/W
R <sub>thCS</sub> Thermal Resistance, Case to Heatsink		0.2		
Wt Weight		5.5		g
T Mounting Torque		0.2		(oz)
	1.2		2.4	N * m
	10		20	lbf.in

Figure 12 : Ultra fast Soft recovery diode 60EPU04

ALIMENTATIONS COMMUNES - LISTE DES COMPOSANTS			
Désignation	Valeurs	Références fabricants	Pas
<b>Condensateurs</b>			
C5 et C10	4700µF/100V	BC Composants à vis série 154	
C1, C2, C3, C4, C6, C7, C8, C9	10000µF/63V	BC Composants à vis série 154	
<b>Semi-conducteurs</b>			
G1/ D1,D2,D3,D4	400V/60 A	Diode International Rectifier 60EPU04	TO-247
G2/ D1,D2,D3,D4	400V/60 A	Diode International Rectifier 60EPU04	TO-247
G3/ D1,D2,D3,D4	600V/15 A	Diode Motorola MUR 1560	TO-220
G4/ D1,D2,D3,D4	600V/15 A	Diode Motorola MUR 1560	TO-220
<b>Divers</b>			
F1 à F10	Porte fusible	Porte fusible à cosses BULGIN Série FX0326	
F1 à F10	Fusibles	Fusible tubulaire 6,3x32 SIBA série 70-065-63	
16	Isolateur	Isolateurs SL en oxyde d'aluminium Bergquist SL018AL20 dim:23 x 20mm-TO-220	
16	Canons	Canons isolants CAJ006D pour vis M3	
3	Cosses	Cosses tubulaires AMPPOWER III	
3	Vis	Vis laiton six pans M5 20 mm	
2	Barre	Barre cuivre électrolytique 2 x 10 x 152,40 mm	
2	Barre	Barre cuivre électrolytique 2 x 10 x 116,80 mm	
1	Barre	Barre cuivre électrolytique 2 x 10 x 32,65 mm	

Figure 13 : Nomenclature des composants des ponts redresseurs

à la longévité. N'oubliez pas les canons isolants pour les TO-220.

Pour la partie « puissance », nous avons utilisé des diodes Hexfred ultra rapides et à recouvrement doux, de marque International Rectifier.

La figure 12 présente rapidement les caractéristiques les plus marquantes : 400 volts, 60 ampères et un temps de recouvrement d'au maximum 85 nanosecondes.

Pour la partie « Driver », nous avons choisi des diodes MUR 1560 Motorola. Avec un courant direct de 15 ampères, une tension maximum de 600 volts et un temps de recouvrement maximum de 60 nanosecondes, elles pourraient déjà être suffisantes pour des « petits » amplificateurs.

La nomenclature des composants des deux ponts redresseurs est indiquée figure 13. Vous pouvez, bien entendu, substituer le type de diode à fin d'expérimentation, mais si vous construisez le GK FIVE, nous vous recommandons d'essayer en premier les modèles indiqués.

Une fois le bloc « alimentation commune » terminé, il est recommandé de vérifier le bon isolement des diodes de redressements et des condensateurs vis-à-vis du capot qui sera au potentiel de la masse. Cela évitera bien des surprises désagréables lors de la première mise sous tension.

Dans la troisième partie de notre article, nous vous présenterons les deux versions du module de protection générale : l'une réalisée uniquement à l'aide de circuits logiques et l'autre utilisant un PIC. Cette dernière version est la plus souple puisqu'une simple reprogrammation du micro contrôleur permettra d'en modifier certaines caractéristiques. Nous vous présenterons également le récepteur infrarouge issu d'un kit Velleman et utilisé pour mettre en fonctionnement à distance cet amplificateur.

A suivre...

Jean-Claude Gaertner  
Gabriel Kossmann



**DISTRIBUTEUR EXCLUSIF**



**SCAN-SPEAK**

- Fabrication et création personnalisées de kits et de filtres audiophiles
- Gamme de câbles "audio et secteur"
- Logiciels de création d'enceintes
- Composants et Haut-parleurs haut de gamme
- Condensateurs et selfs audiophiles
- Filtres secteur DeZorel

Professional Cable

**NEOTECH**

**vifa**

**JENSEN** Capacitors



**Audio Technology**  
FLEX UNITS & C-QUENZE

Euphonie / Absolom Technology  
Parc d'activité Leurent - 222, rue de Lille - 59223 RONCQ  
Tel: 03.20.17.17.80 Fax: 03.20.17.17.81  
www.euphonie-france.com / euphonie-mip@wanadoo.fr

**SERVICE CIRCUITS IMPRIMÉS**

Support verre époxy FR4 16/10 - cuivre 35 µm  
Circuits professionnels Kappa Industries

	Qté	Circuits percés et étamés Prix	Total
* Lampemètre - Ensemble des 11 circuits imprimés (dont 1 en double face à trous métallisés) - Circuit bloc de combinaisons seul (à trous métallisés)		145,00 € 62,00 €	
* Préamplificateur version stéréophonique - Circuit double face à trous métallisés		25,00 €	
* Amplificateur multicanaux - Carte alimentation régulée - Carte protection locale - Carte « pont redresseur »		12,20 € 10,75 € 2,30 €	
Frais de port et emballage .....			1,60 €
<b>Total à payer</b> .....			<b>€</b>

NOM : .....

PRÉNOM : .....

N° : ..... RUE .....

CODE POSTAL : .....

VILLE : .....

Paiement par CCP  par chèque bancaire  par mandat

libellé à l'ordre de  
**EDITIONS PÉRIODES**

2-12 rue de Bellevue 75019 Paris

Tél. : 01 44 84 88 28

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

**PUSH-PULL 845**  
40 W le bloc  
Led N<sup>os</sup> 172 - 173

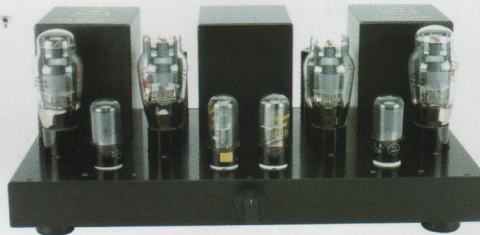


- kit comprenant : pour 1 bloc**
- 1 transfo d'alimentation en cuve 174,45 €
  - 1 transfo de sortie en cuve 259,20 €
  - 2 tubes 845 appariés 148,00 €
  - 2 tubes ECL86 Philips 35,00 €
  - 2 supports 845 argentés 42,60 €
  - 2 supports NOVAL pour C.I. 6,70 €
  - 1 self de filtrage en cuve 71,65 €
 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

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

**PROMOS**  
valables pour toute commande  
reçue avant le 30/04/2004

**AMPLI PUSH-PULL 2A3**  
2 x 12 W - Led N° 177



- kit comprenant :**
- 1 transfo alim Led 177 89,00 €
  - 2 TS 3000 Ω (2 x 95) 190,00 €
  - 3 capots nickelés - (3 x 18,30) 54,90 €
  - 4 tubes 2A3 (4 x 48) 192,00 €
  - 4 tubes 6SN7GT (4 x 21,80) 87,20 €
  - 4 condos 470 µF / 450 V (4 x 16) 64,00 €
  - 2 supports OCTAL châssis (2 x 4,60) 9,20 €
  - 2 supports OCTAL CI (2 x 3,35) 6,70 €
  - 4 supports 2A3 (4 x 9,90) 39,60 €
  - Frais de port 21,34 €
  - Total : 753,94 €
  - Promo + 1 an d'abonnement gratuit à Led - 33,94 €
  - Total TTC avec capots nickelés : 720,00 €
  - Total TTC avec les 3 transfos en cuve (720 - 54,90 + 3 x 46) 803,10 €

**LE TRIODE 845**  
Led N<sup>os</sup> 161 - 162 - 163



- kit comprenant :**
- Le transformateur d'alimentation (sans le 12 V) en cuve 174,45 €
  - Les transfos de sortie en cuve 496,40 €
  - Les tubes 845 appariés 148,00 €
  - Les supports 36,00 €
  - Les tubes ECL86 (Philips) 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 150 000 µF / 16 V (fabrication française) 67,00 €
  - Frais de port 59,50 €
  - Total : 1 145,00 €
  - Cadeau sur kit - 57,00 €
  - Total TTC 1 088 €

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



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

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

Site : [acea-fr.com](http://acea-fr.com) / email : [bernard.toniatti@acea-fr.com](mailto:bernard.toniatti@acea-fr.com)

## TRANSFORMATEURS DE SORTIES

LED N°	Impédance Prim	Impédance Sec	Puissance	Prix TTC Euros
136-154-166	4000 Ω	4/8/16 Ω	40 W	97,60
138	5000 Ω	4/8 Ω	5 W	50,30
140-170-175	1250 Ω	8 Ω	Single 20 W	80,00
143-167	2000 Ω	4/8 Ω	100 W	103,60
146	625 Ω	4/8 Ω	Single 40 W	103,60
146-150	6600 Ω	4/8 Ω	50 W	103,60
151	9000 Ω	4/8 Ω		83,80
152	2,3/2,8/3,5 kΩ	4/8/16 Ω	30 W circuit C en cuve	213,40
155	8000 Ω	4/8/16 Ω	20 W	94,50
157/160/169	3800 Ω	4/8/16 Ω	80 W	103,60
159-171-173	3500 Ω	4/8 Ω	15 W Circuit C en Cuve	141,80
161-162	Circuit C. Modèle en Cuve pour Single tube 845 (impéd. 4/8 Ω)			248,20
167	2000 Ω	4/8 Ω		103,60
172-173	Circuit C. Modèle en Cuve pour Push-Pull 845 (impéd. 4/8 Ω)			259,20

## SELFS

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

## LAMPES PRIX A L'UNITE

Pré-amplifications + Valves			Tubes de puissance						
ECC81	13,70	6SN7GT	21,80	EL84 Ironal	8,40	6550 E.H.	46,00		
ECC82	9,10			EL34 Tesla	24,20	7189	22,80	6L6 E.H.	26,00
ECC83	12,20	EZ80	16,60	KT88 Tesla	46,70	845 Chine	74,00	6V6 E.H.	15,00
ECF82	10,70	EZ81	16,60	300B Sovtek	122,00	ECL86 Philips	17,50	300B E.H.	196,00
EF 86	22,90	GZ32	15,20	KT90	60,00	2A3 Sovtek	48,00	EL84 E.H.	12,00

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

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

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

## SUPPORTS DE TUBES

Noval C.I.	3,35	OCTAL C.I.	4,60	4 cosses "3008"	9,90	capot nickelé	18,30
Noval Châssis	4,60	OCTAL Châssis	4,60	Jumbo (845) arg	18,00	Bride condo e 50	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 6,40 € en sus.



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

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



## COMPRESSION HAUT DE GAMME



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

### Compressions drivers

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

bobine 4 pouces.

### Haut-parleurs

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

### Haut-parleurs coaxiaux

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



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

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



### HAUT PARLEUR RADIAN.

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



### Pavillon bois massif



2208B



950PB



2216

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.

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.



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.

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